

TITELSTORY

## Effiziente Beleuchtungen für individuelle Anforderungen in der Bildverarbeitung

**LUMIMAX**<sup>®</sup>  
POWER LIGHTS FOR MACHINE VISION

SCHWERPUNKTE

- Künstliche Intelligenz
- Blick in die Forschung

### Vision

Farbige Beleuchtungen für Schwarzweißkameras für schnelle, präzise Analysen

S. 14

### Vision

Lösungen statt Kameras: Interview über das TKH Vision Solution Center in Konstanz

S. 16

### Vision

Technik im Detail: Vorteile von gestapelten CMOS-Sensoren und ihr weiteres Potenzial

S. 18

# WILEY



M117FM SERIES

1/1.7" · Ø29mm · 6 MP · 2.4µm · F2.4  
LOW DISTORTION · 6/8/12/16/25/35/50mm



MA111F-VIR SERIES

1.1" · Ø43mm · 24 MP · 2.5µm · F2.8  
IR-CORRECTED · 16/25/35/50mm



MA23F SERIES

2/3" · Ø29mm · 8 MP · 2.74µm · F2.4  
ANTISHOCK · 8/12/16/25/35/50mm



Scan for more specifications

**Says more than thousand words.  
A look through our lens series.**

Start with a first look here: [www.tamron.vision](http://www.tamron.vision)

**TAMRON**  
Focus on the Future

# (Fast) kein Jahresrückblick



Das Jahr neigt sich allmählich dem Ende zu. Zeit also für ein Resümee? Nein, lieber nicht. Sie wissen selbst viel besser, wie Ihr Jahr war. Zumal das sowieso eine sehr individuelle Sache ist: Die Branche ist wieder gewachsen? Ja, klar. Aber vielleicht blieben dennoch nicht genug Aufträge hängen, um die letzte Investition ausreichend schnell zu refinanzieren? Oder laufen umgekehrt die Geschäfte so gut, dass Sie auf die Branchenkennzahlen herabschauen? Oder beschäftigen Sie die derzeitigen Kriege und Krisen sowieso viel mehr als die Arbeit?

Für die inspect, das kann ich glücklicherweise sagen, war es ein gutes Jahr: Die inspect America ist in ihrem zweiten Jahr bereits ziemlich erfolgreich, der inspect award sammelt so viel Aufmerksamkeit ein wie nie (und lenkt diese auf die Teilnehmer), und der Podcast „Digitale Zwillinge“ von Andreas Grösslein und mir (auf allen Podcast-Kanälen abhörbar) nimmt stetig an Fahrt auf.

Für das kommende Jahr bleiben die brennenden Themen aus diesem bestehen: Zunehmend unsicherere beziehungsweise massiv geänderte Lieferketten, ein immer schwierigeres Verhältnis zu China, Fachkräftemangel und einiges mehr. In dieser Lage langfristig zu planen, ist nicht einfach. Wobei es nie einfach war, Beschlüsse zu fassen, deren Tragweite man erst viel später absehen kann. Vielleicht ist das auch die Lehre aus den letzten Jahren mit Corona, Gasmangel, Russlands Angriffskrieg und Co.: Nicht von Unvorhersehbarkeiten abschrecken lassen, sondern mutig vorangehen. Denn gute Produkte verkaufen sich immer – der deutsche Maschinenbau hat nicht umsonst weltweit einen so ausgezeichneten Ruf –, Schwankungen gehören zum Spiel und sie bieten oft zusätzliche Chancen.

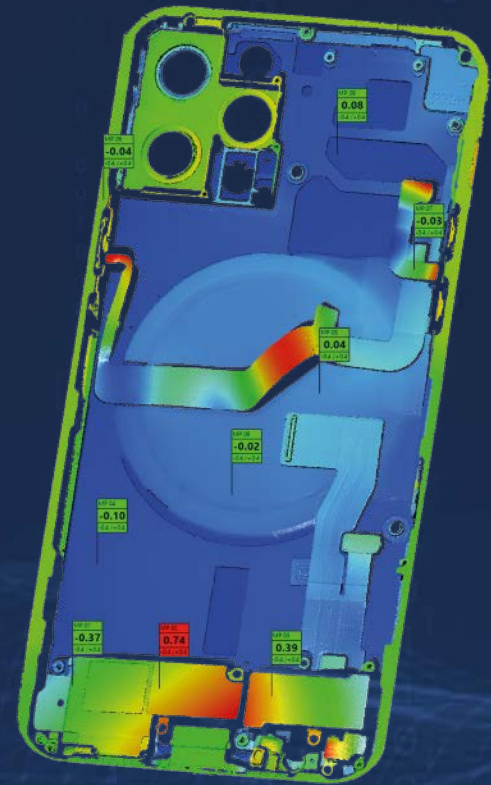
Ich wünsche Ihnen jedenfalls, dass alle Ihre Vorhaben in diesem Jahr noch so reibungslos wie möglich ablaufen und dass Sie dann eine erholsame Zeit rund um Weihnachten und Neujahr haben.

Viele Spaß beim Lesen dieser Ausgabe!

## David Löh

Chefredakteur der inspect  
david.loeh@wiley.com

» Der deutsche Maschinenbau hat nicht umsonst weltweit einen so ausgezeichneten Ruf – Schwankungen gehören zum Spiel und bieten oft zusätzliche Chancen.«

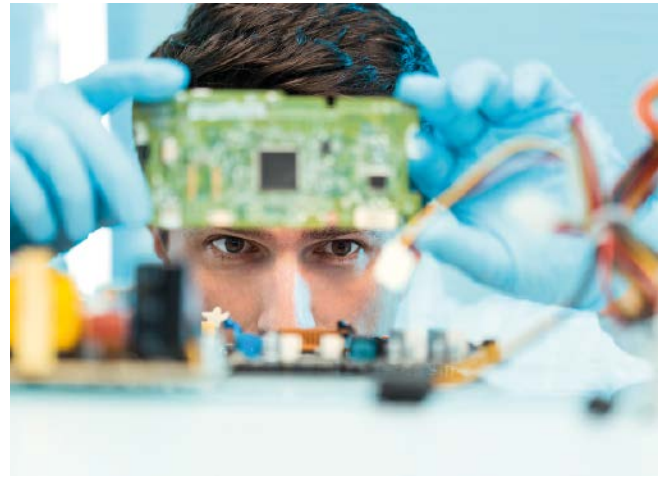


## AT MetrologyPackage

Schnelle + einfache  
3D-Software

- 1 Sensor installieren
- 2 Objekt scannen
- 3 Messdaten visualisieren
- 4 Auswertung designen

In NUR 10 Minuten!



**10 Titelstory:**  
**Effiziente Beleuchtungen für individuelle Anforderungen in der Bildverarbeitung**  
 Flexible Flächenbeleuchtungen

**24 Welche KI-Lösung passt zu mir?**  
 Konzepte für applikationsspezifische Embedded-Systeme

# Inhalt

## Topics

- 3 Editorial**  
 (Fast) kein Jahresrückblick  
 David Löh
- 58 Index / Impressum**

## Titelstory

- 10 Effiziente Beleuchtungen für individuelle Anforderungen in der Bildverarbeitung**  
 Flexible Flächenbeleuchtungen  
 Anne Kehl  
 Claudia Schriever

## Märkte & Management

- 6 News & Events**

## Vision

- 14 Farbvielfalt trifft auf Monochrom**  
 Farbige Beleuchtungen in Kombination mit monochromen Kameras  
 Deborah Schmoll
- 16 „Wir decken den kompletten Machine-Vision-Bereich ab“**  
 Interview mit Dr. Timo Eckhard, Director Solution Center bei Chromasens  
 David Löh

- 18 Die Zukunft von CMOS ist gestapelt**  
 Technologie und Potenzial von gestapelten CMOS-Sensoren  
 Rafael Romay-Juarez
- 22 Perfekter Münzdruck durch Bildverarbeitung**  
 Vollautomatische Lageerkennung mittels vier Kameras  
 Astrid Sommerkamp
- 24 Welche KI-Lösung passt zu mir?**  
 Konzepte für applikationsspezifische Embedded-Systeme  
 Manne Kreuzer
- 26 3D-Sensor sorgt für ebene Straßen**  
 Fahrbahnvermessungssystem für hohe Fahrgeschwindigkeiten  
 Samantha Zizza  
 Nina Claaßen
- 28 Digitale Unterstützung für die Herstellung von Betonfertigteilen**  
 Augmented Reality in der Baubranche  
 Peter Stiefenhöfer
- 30 Liest jeden Code auch ohne Schulung**  
 Interview mit Martin Czommer, Produktmanager Bildverarbeitung & Identifikation  
 David Löh

## SCHWERPUNKT KI

- 32 Roboter spielen Mühle dank Kameras und KI**  
 Prozessautomatisierung mit KI-basierter Bildverarbeitung  
 Heiko Seitz
- 34 Einfachere und systematische Qualifizierung von KI-Anwendungen**  
 Künstliche Intelligenz für KMUs
- 36 Gehirnsignale trainieren eine künstliche Intelligenz**  
 Automatisches Labeln von KI-Trainingsbildern  
 Andreas Breyer
- 38 Ersetzt KI die traditionelle Messtechnik?**  
 Künstliche Intelligenz in Messanwendungen  
 Markus Riedi

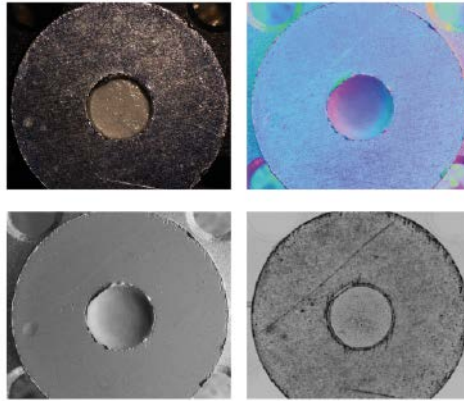
## Automation

- 42 „Die Energiewende zu meistern, ist die größte und wichtigste Aufgabe der Menschheit“**  
 Im Gespräch: Frank Stührenberg, CEO von Phoenix Contact  
 Anke Grytzka-Weinhold
- 46 Mit Augmented Reality Prozesse beschleunigen**  
 Mobile AR-Lösungen in der Agrarindustrie  
 Alberto Castiglioni



**Nutzen Sie  
unser kostenfreies  
ePaper!**

[WWW.WILEYINDUSTRYNEWS.COM/](http://WWW.WILEYINDUSTRYNEWS.COM/)  
PRINTAUSGABE



**38 Ersetzt KI die  
traditionelle  
Messtechnik?**  
Künstliche Intelligenz in  
Messanwendungen

## Blick in die Forschung

- 48 Editorial**  
Inline-3D-Mikroskopie und Prozess-  
überwachung mit intelligenter Edge-  
Elektronik  
**Thomas Lübckemeier**
- 50 Inline-3D-Mikroskopie für  
die Inspektion kleinster Details**  
Optische Qualitätssicherung für  
Elektronik- und Druckindustrie
- 52 Smartes Überwachen und  
Steuern mittels Edge-Computing**  
KI-gestützte, multisensorische und  
bildbasierte Datenverarbeitung  
**Mark Maasland**  
**Benjamin Adrian**  
**Paula Engl**

## Control

- 54 3D-Scanner verbessert die Aero-  
dynamik und den Fahrerkomfort  
von Langstrecken-Rennwagen**  
Optischer KMG-Scanner im Einsatz  
bei Rennteam  
**Jérôme-Alexandre Lavoie**
- 56 Spiegelnde Oberflächen  
mittels Bildkorrelation prüfen**  
Digitale Bildkorrelation (DIC) in der  
Qualitätssicherung

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**



**50  
Jahre**



**Das  
Ganze  
sehen.**



**Seit 50 Jahren liefern wir  
modernste Technologien  
und erstklassigen Service  
aus einer Hand.**

Wir sagen Danke für Ihr  
Vertrauen und richten  
unseren Fokus weiterhin  
auf Ihren Erfolg!

**RAUSCHER**  
Bildverarbeitung



Bild: Balluff

### Balluff eröffnet neue Werke in Mexiko und China

Balluff hat eine neue Produktionsstätte im mexikanischen Aguascalientes eröffnet. In der Smart Factory für Sensor- und Automatisierungslösungen sollen bis 2027 rund 700 Arbeitsplätze in Produktion, Management und Verwaltung entstehen. Momentan hat Balluff in Aguascalientes 70 Mitarbeitende. Geplant ist, dass bis Jahresende bereits 100 Personen zum Team gehören – bis spätestens 2027 sollen es 700 sein.

Balluff startet in Aguascalientes mit einer Produktionsfläche von 7.000 m<sup>2</sup> und der Option, diese bei Bedarf zu vergrößern. Die Flächen hierfür sind bereits reserviert.

Anfang Juli hat Balluff bereits am chinesischen Standort in Chengdu einen 6.000 m<sup>2</sup> großen Neubau eingeweiht – die Produktionsfläche wächst damit um 75 Prozent und die Produktionsmenge kann verdoppelt werden. Das Werk in Chengdu ist neben den beiden Werken in Veszprém (Ungarn) und jetzt Aguascalientes (Mexiko) einer der drei großen Produktionsstandorte von Balluff. Der Sensor- und Automatisierungsspezialist fertigt hier pro Jahr allein mehr als 3,7 Millionen induktive und mechanische Sensoren, darüber hinaus lineare Wegmesssysteme für die Industrieautomation sowie weitere Produkte.

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

### Mesago startet Karriereportal

Aufgrund der hohen Nachfrage nach Fachkräften hat die Mesago Messe Frankfurt zum Herbst die Jobbörse SPS Careerdrive gelauncht. Das Unternehmen bietet mit dem Karriereportal SPS Careerdrive eine neue Plattform und Möglichkeit für Unternehmen und Jobsuchende, auf der Fachmesse und ganzjährig online Beschäftigungen in der Automatisierungsbranche anzubieten und zu finden.

Während der Messetage Mitte November hatten Interessenten vor Ort in Nürnberg an mehreren Terminals die Gelegenheit, auf die Jobbörse SPS Careerdrive zuzugreifen und nach passenden freien Stellen zu stöbern.



Bild: EMVA

Alfred Bruckstein von der Technion Universität in Haifa, Israel, hielt einer der Keynotes.

### EMVA zufrieden mit European Machine Vision Forum in Wageningen

Mehr als hundert Spezialisten trafen sich Mitte Oktober beim European Machine Vision Forum in Wageningen, Niederlande. Die drei Keynotes der Veranstaltung beleuchteten jeweils eine wissenschaftliche Teildisziplin der Bildverarbeitung. Unter anderem zeigte der Vortrag von Christophe Cudel, Professor an der Université de Haute Alsace, über Lichtfeldkameras für die visuelle Navigation die Reife und Eignung von Lichtfeldkameras trotz aller technologischen Herausforderungen.

Von zentraler Bedeutung bei diesem jährlichen Treffen von akademischer Forschung und Industrie ist die inhaltliche Qualität des Vortragsprogramms. Das Programm umfasste vielfältige Methoden, von Sensorik über mathematische Modellierung und maschinelles Lernen bis hin zur Robotikintegration. Darüber hinaus wurden unterschiedlichste Anwendungsbereiche angesprochen, darunter Automatisierungstechnik, Agrar- und Lebensmittelproduktion, Logistik und Verkehr. Als besonderes Highlight gewährte der diesjährige Gastgeber, Wageningen University and Research, bei einem ausführlichen Rundgang einen tiefen Einblick in das breite Spektrum an Bildverarbeitungsentwicklungen im Bereich der Landwirtschaft, beispielsweise in die Überwachung des Pflanzenwachstums in großem Maßstab und die hochmoderne 3D-Ernterkennung oder die Demonstration der Qualitätsprüfung von Früchten wie Äpfeln.

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



Bild: Mesago Messe Frankfurt GmbH/Arturo Rivas

# THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS

Edmund Optics® is a leading, global provider of optical technology solutions that services its customers through three distinct offerings: a marketplace one-stop shop, custom and volume manufacturing, and optical engineering services.



## WANT 10% OFF YOUR ORDER & A FREE MUG?

Take this 2 min survey - your opinion counts!



Survey and Terms & Conditions at:

[www.edmundoptics.eu/survey](http://www.edmundoptics.eu/survey)

Scan the QR Code to PARTICIPATE!



GET A FREE MUG ALONG WITH A 10% DISCOUNT ON YOUR NEXT PURCHASE!

## Edmund Optics® Your One-Stop Shop for Optics!

The **top brands** in optics, microscopy, cameras, lasers, and lab supplies are available directly from **Edmund Optics®**.



Visit our website:

[www.edmundoptics.eu](http://www.edmundoptics.eu)

**EO** Edmund  
optics | worldwide



Bild: Fraunhofer

**BU: V. l.: Andreas Traube, Leiter der Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik am Fraunhofer IPA, Prof. Thomas Bauernhansl, Institutsleiter des Fraunhofer IPA, Thomas Linkenheil, Co-CEO der URG, Sarah Ostertag, UX & Industrial Design Lead and Product Management der URG und Tobias Brode, Head of Business Development Lab Automation der URG.**

### United Robotics erhält Nutzungsrechte an Laborroboter Kevin

Die United Robotics Group (URG) und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA haben im Rahmen ihrer neu geschlossenen technologischen Partnerschaft eine Lizenzvereinbarung unterzeichnet. Inhalt der Vereinbarung ist der Vertrieb und die Weiterentwicklung des Laborroboters Kevin, der von der URG produziert und vertrieben wird. Kevin ist ein autonomer, mobiler Laborroboter vom Fraunhofer IPA. Er lässt sich flexibel in Laborinfrastrukturen integrieren und automatisiert Prozesse. Der Roboter übernimmt repetitive Routineaufgaben. So befördert er Mikrotiterplatten und sogenannte Racks, Gestelle für Proberöhrchen, oder Verbrauchsartikel zum Nachfüllen. Darüber hinaus kann er Anlagen mit Pipettenspitzen beliefern.

Der Laborroboter wurde von dem Team der Abteilung für Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik unter Andreas Traube entwickelt und mit ersten Testkunden weltweit zur Prototypenreife gebracht. Unter dem Dach der URG soll Kevin nun in Serienproduktion gehen. Hierzu hat das Unternehmen eine entsprechende Lizenz zur Nutzung und Weiterentwicklung der Hard- und Software des Roboters erworben.

[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)



Bild: Excelitas

### Excelitas stellt neuen CEO und CFO vor

Excelitas, Hersteller von Kameras und Photoniklösungen, hat Ron Keating zum Chief Executive Officer und Ben Stas zum Chief Financial Officer ernannt. Sie treten die Nachfolge des früheren CEO David Nislick und des früheren CFO Jim Rao an, die ihren Rücktritt angekündigt haben.

Keating war in den vergangenen neun Jahren Präsident und Chief Executive Officer bei Evoqua Water Technologies, das er 2017 an die Börse brachte. Im vergangenen Jahr leitete er erfolgreich den Verkauf von Evoqua an Xylem.

Stas war neben Keating bei Evoqua als Executive Vice President, Chief Financial Officer und Treasurer tätig. Die beiden arbeiteten auch bei Kennametal eng zusammen, wo sie vor ihrem Wechsel zu Evoqua in Führungspositionen tätig waren.

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



Bild: Creaform

### Creaform investiert in Servicezentren

Creaform hat mehrere lokale Servicezentren eingeweiht und plant, bis Ende des Jahres weitere zu eröffnen. Bislang hat das Unternehmen in diesem Jahr acht Servicezentren eröffnet: in Korea, Thailand, Brasilien, Mexiko; in Taiwan in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen General Integration Technology, in Indonesien in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen PT. Diese neuen Servicezentren sollen die Erfahrung der Kunden verbessern und deren Arbeitsabläufe optimieren.

Sie sind auf eine umfangreiche Bandbreite von Dienstleistungen spezialisiert, darunter Hardware- und Software-Support, Kalibrierung, Diagnose, Logistik und die Bereitstellung von Verbrauchsmaterialien. Sie bieten Dienstleistungen und Support in mehreren Sprachen an. Die geografische Nähe dieser Zentren zu den Anwendern ermöglicht einen schnelleren Service und geringere Versandkosten.

[www.creaform3d.com](http://www.creaform3d.com)



Bild: Laser Components

### Laser Components ernennt weiteren Geschäftsführer

Mit Sven Schreiber hat Laser Components Germany einen weiteren Geschäftsführer ernannt. Schreiber, der seit 2014 als Vertriebsleiter alle Sales- und Marketing-Aktivitäten verantwortet, wird in Zukunft neben Inhaber Patrick Paul die Geschicke des Unternehmens leiten.

Schon während seines BWL- und VWL-Studiums in den USA kam Schreiber erstmals mit der Photonikbranche in Kontakt. 2002 stieß er zunächst als Exportmanager zu Laser Components und war maßgeblich für den Ausbau des weltweiten Distributoren-Netzwerks verantwortlich, das als einer der Grundpfeiler für den Erfolg der Unternehmensgruppe gilt.

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



## Fraunhofer Vision startet Praxisplattform Bildverarbeitung

Der Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision hat eine neue Video-Seminar-Reihe gestartet, in der Online-Seminare zu den Themen Oberflächeninspektion, industrielle Röntgentechnik und Wärmefluss-Thermographie on demand gebucht und in freier Zeiteinteilung vom Teilnehmenden absolviert werden können.

Anmeldungen sind ab sofort möglich, entweder auf der Webseite oder per E-Mail. Die Teilnahmegebühr pro Themeneinheit beträgt 380 Euro. Nach der Buchung kann das Modul vier Wochen im zeit- und ortsunabhängigem Selbststudium absolviert werden.

Alle Seminarmodule sind voneinander unabhängig und setzen sich aus aufeinander aufbauenden Lerneinheiten zusammen, bestehend unter anderem aus Lernvideos mit Vorträgen und Praxisbeispielen. Je nach Seminar beträgt die Bearbeitungszeit ca. vier bis sechs Stunden. Eine individuelle Aufschlussberatung durch Fraunhofer-Experten und digitale Lernmaterialien zum Download ergänzen und vertiefen den Erkenntnisgewinn.

[www.vision.fraunhofer.de](http://www.vision.fraunhofer.de)



Bild: Fraunhofer

Bild: Instrument Systems



Jaeho Choi ist seit Oktober 2023 Geschäftsführer bei Instrument Systems Korea.

## Geschäftsführerwechsel bei Instrument Systems Korea

Jaeho Choi hat die Position des Geschäftsführers bei Instrument Systems Korea übernommen. Er löst den bisherigen Managing Director Dr. Jin Sung Kim ab, Gründer und ehemaliger Inhaber von Kimsoptec. Zusammen mit Jürgen Tiepermann, CFO von Instrument Systems, und Dr. Markus Ehbrecht, CEO von Instrument Systems, bildet er das neue Board of Directors.

Choi besitzt langjährige Berufserfahrungen in den Bereichen Display, Optik und Sensing sowie in der Geschäftsleitung. Nach seinem Elektronikstudium übernahm er Tätigkeiten als R&D Engineer bei SKC und im Sales Department von Oerlikon Optics Korea. 2017 wurde er Director of Global Sales bei Trueyes und wechselte 2021 als Managing Director zu IGS Korea.

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

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



Bild: Zebra

## Zebra Technologies ernennt neuen CRO

Zebra Technologies hat mit Richard Hudson einen neuen Chief Revenue Officer (CRO) erhalten. Zuvor war Hudson als Senior Vice President und General Manager für die Region Europa, Naher Osten und Afrika (EMEA) tätig. Er tritt die Nachfolge von Joe Heel an, der seit 2014 als CRO des Unternehmens fungierte.

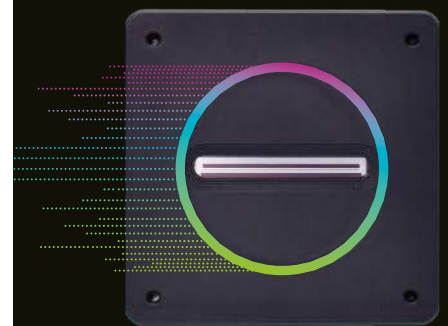
Mit über 20 Jahren Vertriebserfahrung im Technologiesektor kam Hudson 2014 im Rahmen der Übernahme des Enterprise Business von Motorola Solutions zu Zebra. Vor Zebra hatte Hudson verschiedene Positionen mit zunehmender Verantwortung inne, darunter Vice President EMEA Channels and Solutions bei Motorola. Hudson erhielt seinen Bachelor-Abschluss in Maschinenbau von der Brunel University London.

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

High Sensitivity  
with **BSI** Sensor

## 9k TDI Line Scan Camera

VT-9K5X2



**550 kHz**

**BSI**

Back-Side Illuminated Sensor

**550 kHz**

Max. Line Rate Up to 550 kHz

**HDR**

High Dynamic Range

**9k**

9k Resolution

**CXP-12**

CXP-12 Interface

**VIEWWORKS**

[vision.viewworks.com](http://vision.viewworks.com) | [sales@viewworks.com](mailto:sales@viewworks.com)



Mit einer Lumimax-ML-Flächenbeleuchtung eine komplette Prüfstation bestehend aus drei Kameras zuverlässig ausleuchten – individuell angepasst auf bauliche und bildverarbeitende Anforderungen

Bild: IIM

# Effiziente Beleuchtungen für individuelle Anforderungen in der Bildverarbeitung

## Flexible Flächenbeleuchtungen

Sonderbeleuchtungslösungen sind immer dann gefragt, wenn besondere, applikationsspezifische Anforderungen an Baugröße, Lichtcharakteristik oder Beständigkeit erfüllt werden müssen. Je nach Komplexität und Entwicklungsaufwand sind solche Produkte in der Regel jedoch zeit- und kostenintensiv. Hier setzt das flexible Konzept einer neuen Flächenbeleuchtung an. Durch den modularen Aufbau sind individuelle Anpassungen von Größe, Form und Lichtcharakteristik für die Entwicklung ohne zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand problemlos möglich. Die Serie füllt somit die Lücke zwischen schnell verfügbarem Standard und aufwendigen Sonderprodukten.

Mit den LED-Flächenbeleuchtungen der ML-Serien platziert Lumimax ein neues flexibles Beleuchtungskonzept im Portfolio. Was zunächst wie eine einfache Flächenbeleuchtung für Machine-Vision-Applikationen scheint, ist vielmehr das Grundgerüst für vielfältige Möglichkeiten: Durch das modulare Konzept lassen sich individuell zugeschnittene Beleuchtungslösungen konfigurieren, ohne dabei Zeit und

Kosten für Entwicklung und Beschaffung in die Höhe zu treiben. Darüber hinaus ermöglicht das Konzept Beleuchtungsgrößen bis zu 1 m<sup>2</sup> und mehr. Somit können deutlich größere Prüfbereiche als bisher, selbst aus größeren Entfernungen, zuverlässig ausgeleuchtet werden. Länge und Breite der Beleuchtungen sind in 50 mm-Schritten frei definierbar. Neben einfachen rechteckigen und quadratischen Bauformen sind auch

Sonderformen, beispielsweise L-Formen, U-Formen oder Beleuchtungsrahmen mit rechteckigem Durchbruch möglich. Klassische runde Kameradurchblicke lassen sich ebenso flexibel in der Leuchtfläche platzieren. So können beispielsweise komplette Prüfstationen inklusive mehrerer Kameras mithilfe einer großen Flächenbeleuchtung gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Die Anordnung der LEDs gewährleistet dabei

eine Homogenität der gesamten Leuchtfläche bis in die Randbereiche der Beleuchtung.

### Beleuchtung löst QS-Problem in Kaffekapselproduktion

Obwohl die ML-Beleuchtungsserie noch nicht lange auf dem Markt ist, konnten bereits einige komplexe Applikationen mit ihrer Hilfe erfolgreich gelöst werden. Es folgen zwei kundenseitige Anwendungsbeispiele, die veranschaulichen, wie flexibel sich die neue Beleuchtungsserie integrieren lässt. So wurde gemeinsam mit dem Sondermaschinenbauer MM-Smartmaschine eine Produktionsanlage zur Vormontage von Kaffee kapseln optimiert, nachdem der Kunde zuvor ein Problem in der Qualitätskontrolle identifiziert hatte. Die Anlage besteht aus ein- oder zweibahnigen Maschinen mit einer Aufnahme von acht beziehungsweise 16 Bauteilen. Mittels Bildverarbeitungssystem werden demzufolge maximal 16 Teile je Zyklus geprüft, wobei pro Minute 45 Zyklen durchlaufen werden. An dieser Stelle vollzieht die Kontrollstation unterschiedliche Qualitätsprüfungen an Kaffee kapseln mit Filterpapier. Neben einer Schweißnahtkontrolle wird das Filterpapier auch hinsichtlich Löcher, Fehler, Verschmutzungen sowie vorhandener Papierschnipsel überprüft. Ebenso werden während des Prüfprozesses die Abschabungen am Dom des Kunststoffteils inspiziert.

Beim bisherigen System lag die Prozesszeit für die gesamte Qualitätskontrolle bei 1,2 Sekunden für die Analyse aller 16 Bauteile inklusive Ergebnisübertragung an die eingesetzte Software. Das alte PC-basierte Kamerasystem verursachte allerdings sporadische Ausfälle und führte zu Qualitätsproblemen aufgrund eines Bildversatzes. Die Folge waren Bewertungsergebnisse, die nicht zum realen Bauteil passten. Da die geforderten Qualitätsfaktoren nicht mit dem bloßen Auge zu erkennen sind, wurde die Fehlfunktion häufig zu spät bemerkt und führte zu wiederkehrenden Produktionsausfällen und hohen Kosten. Darüber hinaus gab es für die alte Anlage aus dem Jahr 2006 vom vorherigen Systemlieferanten keinen technischen Support mehr. Auch notwendige Ersatzteile konnten nur noch eingeschränkt beschafft werden. Insgesamt war eine reibungslose Instandhaltung der Produktionsanlage nicht mehr möglich.

### Flexibles Bildverarbeitungssystem mit passgenauer Flächenbeleuchtung

Das Projektziel mit MM-Smartmaschine bestand somit darin, ein neues Bildverarbeitungssystem zu implementieren, das aktuelle Technologien, eine Remote-Bedienung und die Möglichkeit für Prüfungserweiterungen bietet. Dabei gab es einige Herausforderungen zu meistern. Zum einen konnten an den baulichen Gegebenheiten der bestehenden Produktionsanlage keine Veränderungen vor-



Bild: MM-Smartmaschine

**Qualitätskontrolle von Kaffee filtern mit moduler Lumimax-Flächenbeleuchtung – passgenau in die Produktionsanlage integriert**

genommen werden. Es musste daher eine passgenaue Flächenbeleuchtung zum vorhandenen Einschub entwickelt werden, da mit einer Standardbeleuchtung die konkreten Gehäusemaße nicht abgedeckt werden konnten.

Die Wahl fiel deshalb auf eine modulare Flächenbeleuchtung der Lumimax-ML-Serie. Das Beleuchtungsgehäuse besteht aus Aluminiumprofilen anstelle vollgefräster Aluminiumbaugruppen und bietet daher eine hohe Flexibilität bei der Größengestaltung. Der zur Verfügung stehende Bauraum war jedoch so begrenzt, dass die Flächenbeleuchtung zusätzlich auf zwei Seiten mit einem besonders schmalen Rahmen ausgestattet werden musste. Dadurch kann eine maximale Lichtleistung trotz beengter Einbaubedingungen gewährleistet werden. Grundsätzlich ist auf Anfrage ein einseitiger oder zweiseitiger schmaler Rand für eine besonders kompakte Bauform bei allen Größen der ML-Beleuchtungsserie möglich.

Eine weitere bauliche Herausforderung war das vorhandene Längstransfersystem, welches an unterschiedlichen Positionen dunkle Stellen hervorruft und damit ein homogenes Ausleuchten der Prüfteile verhindert. Um diese Inhomogenität auszugleichen, wurde innerhalb der Flächenbeleuchtung ein bewusster Helligkeitsverlauf erzeugt. Dazu waren unter anderem spezielle Tests und entsprechende Anpassungen direkt beim

Kunden vor Ort in den USA notwendig. Die abwechselnden Lichtverhältnisse konnten auf diese Weise relativiert werden, sodass alle 16 Bauteile mit nur einer Kameraeinstellung gleichzeitig geprüft und mithilfe der eingesetzten Software ausgewertet werden können. Eine positionsabhängige Bildaufnahme ist somit nicht mehr notwendig.

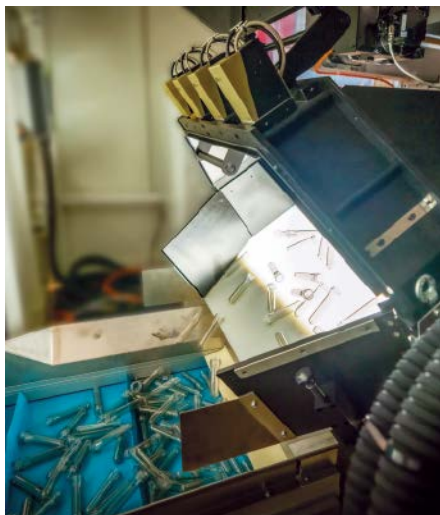
### Aufnahme und Auswertung in 560 Millisekunden

Da es sich – wie so oft in der industriellen Automatisierung – zusätzlich um einen sehr schnellen Prüfprozess handelt, mussten bei der Optimierung des Bildverarbeitungssystems weitere Faktoren beachtet werden. Denn die Qualitätsprüfung soll die Produktion der Kaffee filter nicht ausbremsen. Um Aufnahme und Auswertung des Prüfbilds in der Bewegung zu ermöglichen, wird die Flächenbeleuchtung im geblitzten Modus betrieben. Die Blitzbeleuchtung ist vergleichsweise nicht nur um ein Vielfaches heller, innerhalb des einstelligen Mikrosekundenbereichs steht beim Anlegen eines Triggersignals auch die maximale Lichtleistung der Beleuchtung zur Verfügung. Durch diese schnelle Verfügbarkeit in Verbindung mit der enormen Lichtstärke kann die Belichtungszeit der Kamera sehr kurz gewählt werden. Die Bewegung der 16 Prüfteile kann quasi eingefroren werden. Für das menschliche Auge und die Kamera wirken die bewegten

Objekte, als würden sie stillstehen. Das neue Bildverarbeitungssystem erzeugt nun alle 16 Bauteilaufnahmen inklusive Auswertung in 560 Millisekunden. Der Anwender konnte insgesamt die Qualitätskontrolle verbessern und Produktionsausfälle minimieren.

### Inspektionssystem für PET-Flaschenrohlinge

In einem zweiten Anwendungsbeispiel konnte die Lumimax-ML-Serie ebenfalls mit ihrer flexiblen Baugröße punkten. Zusammen mit IMD, einem Schweizer Anbieter von industriellen Mess- und Prüfsystemen im Bereich der Kunststoffverpackungsindustrie, wurde eine Bildverarbeitungslösung für das Unternehmen Netstal entwickelt. Netstal ist ein ebenfalls in der Schweiz ansässiger weltweit führender Hersteller von Spritzgießmaschinen für Preforms (Flaschenrohlinge), Verschlüsse im Food- und Non-Food-Bereich, Dünnwand- und IML-Verpackungen sowie Medizinprodukte.



**Integrierte ML-Flächenbeleuchtung im Bildverarbeitungssystem Peco Lux zur Qualitätskontrolle von Preforms**

Für den Bereich PET-Preforms sollte eine neue Systemgeneration zur Produktionsüberwachung entwickelt werden. Das Bildverarbeitungssystem dient dabei zur Prüfung verschiedener Parameter und möglicher Defekte hinsichtlich Farbe und Form. Es können beispielsweise schwarze Punkte, Luftblasen und Flecken auftreten. Weiterhin kann es zu sogenannten Short Shots kommen. Dies sind unvollständige Einspritzungen des Materials, welche sich am oberen Rand des Gewindes zeigen, und zu undichten Flaschen führen. Als Pendant dazu können auch durch Long Gates Probleme entstehen, was bedeutet, dass der Einspritzpunkt zu lang ist.

Um die Preforms entsprechend der erwähnten Qualitätskriterien optimal zu kontrollieren, wurde eine Durchlichtanwendung entwickelt, die sich komplett in den Produktionsprozess integriert. Das System Peco Lux besteht aus einer von hinten beleuchteten Rutschfläche, oberhalb derer mehrere Kame-

ras angeordnet sind, welche die Flaschenrohlinge im transmissiven Licht prüfen. Während das Vorgängermodell noch aus zwei kleineren Rutschflächen bestand, hat die neue Generation nun eine große, durchgängige Fläche. Dies steigert die Homogenität der Ausleuchtung, was eine wichtige Anforderung an die Applikation war. Zudem werden die hinterleuchteten Rutschen in unterschiedlichen Breiten benötigt, da sie passend zur jeweiligen Spritzgussmaschine direkt in das System integriert sind. Aktuell werden drei Größen eingesetzt.

Hier konnte die Lumimax-ML-Serie erneut mit ihrer Flexibilität – auch bei großen Abmessungen – überzeugen. Die momentan größte benötigte Beleuchtung mit einer aktiven Leuchtfläche von 1.100 x 300 mm ist zudem deutlich leichter als vergleichbare Beleuchtungsgrößen. Mittels der durchgängigen, größeren Rutschfläche sowie der höheren Anzahl an Kameras konnte die Prüfrate – das Verhältnis zwischen produzierten und geprüften Preforms – gesteigert werden. Dieser Aspekt ist vor allem bei Spritzgießmaschinen mit großen Werkzeugen sehr wichtig. Außerdem wurde durch den Austausch der vorherigen, kleineren Beleuchtungen gegen die neue, große Flächenbeleuchtung die Staumöglichkeit der Prüfteile am Mittelsteg beseitigt, wo bisher die zwei Beleuchtungen aneinanderstießen. Da die Flaschenrohlinge in der Bewegung geprüft werden, während sie die Flächenbeleuchtung hinabrutschen, wählten die Beleuchtungsspezialisten von Lumimax auch bei dieser Applikation den geblitzten Betriebsmodus. Dadurch profitiert die Anlage ebenso von den bereits genannten Vorteilen der hohen Lichtleistung und des Stillstandeffekts der rutschenden Preforms.

Zusammenfassend wurde mit der Optimierung von Peco Lux der gesamte Prüfprozess verbessert und die Kalibrierung des Systems ist einfacher und genauer umgesetzt. Die große durchgängige Beleuchtungslösung gewährleistet eine sehr hohe Homogenität und Helligkeit. Weitere Beleuchtungsgrößen sind angesichts der flexiblen Bauweise auf Basis der Aluminiumprofile bei Bedarf schnell und problemlos umsetzbar.

### Grundbaukasten für individuelle Beleuchtungslösung

Die beiden beschriebenen Applikationen zeigen, dass Beleuchtungen in der industriellen Bildverarbeitung oft sehr spezifischen Anforderungen gerecht werden müssen. Mithilfe der Lumimax-ML-Serie wurde eine Alternative geschaffen, die schnelle Lösungen liefert und dabei Entwicklungskosten und -aufwand gering hält. Mit dem modularen Konzept steht für die Beleuchtungsentwickler ein praktischer Grundbaukasten zur Verfügung, der frei adaptierbar ist und womit sich mechanische Herausforderungen einfacher lösen lassen. Circa 60 Prozent der Entwicklungsarbeit kann je Projekt eingespart wer-



**Lumimax-Flächenbeleuchtung der ML-Serie mit besonders schmalen Rahmen für sehr beengte Einbaubedingungen**

den. Dies ermöglicht kurze Lieferzeiten und verbesserte Preiskonditionen. Die Beleuchtungsgehäuse aus Aluminiumprofilen bieten demnach zahlreiche Vorteile wie gute Verfügbarkeit, geringere Herstellungskosten und flexible Gestaltungsmöglichkeiten. Eine am Gehäuse umlaufende T-Nut (Größe 5) vereinfacht zudem das Handling und die mechanische Integration in industrielle Umgebungen, selbst bei großen Leuchtflächen.

Auch die elektrische Inbetriebnahme ist mittels integrierter Controllertechnologie sowie der einheitlichen M16-Steckverbindung einfach und ressourcenschonend. Schaltsignale können ebenso wie die Leistung über ein einzelnes Kabel zur Verfügung gestellt werden. Hohe Lichtleistungen ermöglichen auch bei großen Leuchtflächen helle, kontrastreiche Abbildungen und somit die zuverlässige, reproduzierbare Umsetzung der Prüfaufgaben.

Um bei allen Optionen den Überblick zu behalten, steht eine Auswahl an Produktkonfigurationen auf der Website von Lumimax bereit, womit sich bereits viele klassische Prüfaufgaben realisieren lassen. Darüber hinaus sind vielfältige Anpassungen an spezifische Machine-Vision-Applikationen möglich. ■

#### AUTORINNEN

**Anne Kehl**

Marketing Manager bei iIM

**Claudia Schriever**

Junior Produktmanagerin bei iIM

#### KONTAKT

iiM AG measurement + engineering, Suhl

Tel.: +49 3681 45519 0

Fax: +49 3681 45519 11

info@iimAG.de

www.lumimax.de

MM-SmartMachine GmbH

www.mm-smartmachine.com

IMD Ltd.

www.imdvista.ch

# WILEY

## Lesen, was interessiert.



Abonnieren  
Sie unseren  
Newsletter hier:

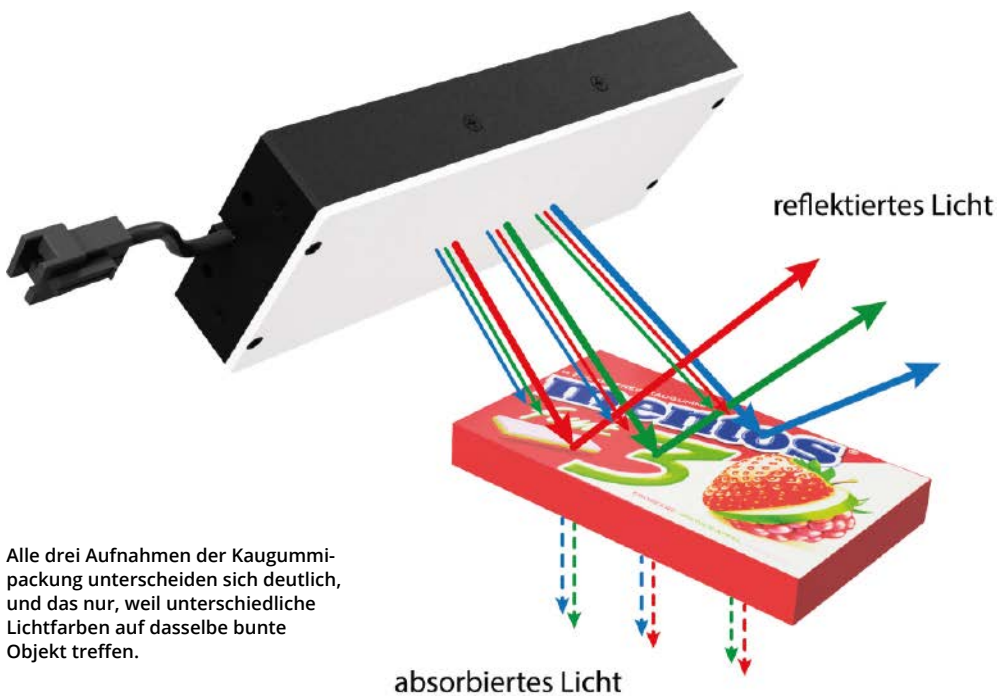
[https://www.wileyindustrynews.com/  
newsletter-bestellen](https://www.wileyindustrynews.com/newsletter-bestellen)



Für ein Abonnement des Magazins **inspect - World of Vision** wenden Sie sich einfach an [WileyGIT@vusevice.de](mailto:WileyGIT@vusevice.de) oder abonnieren Sie den Newsletter unter <https://www.wileyindustrynews.com/newsletter-bestellen>. Und wenn Sie die Option des E-Papers nutzen, tun Sie auch gleich etwas für die Umwelt.

# inspect

[www.WileyIndustryNews.com/en](http://www.WileyIndustryNews.com/en)



Alle drei Aufnahmen der Kaugummipackung unterscheiden sich deutlich, und das nur, weil unterschiedliche Lichtfarben auf dasselbe bunte Objekt treffen.

## Farbenvielfalt trifft auf Monochrom

Farbige Beleuchtungen in Kombination mit monochromen Kameras

Anhand eines Beispiels beschreibt dieser Artikel, welchen Einfluss unterschiedliche Beleuchtungsfarben auf bunte Prüfobjekte haben. Denn durch den sinnvollen Einsatz farbiger Beleuchtungen können Kontraste verringert oder erhöht werden, wodurch sich Farben mit einem ähnlichen Helligkeitswert besser voneinander trennen lassen.

Obwohl Schwarzweißbilder in der Fotografie bereits seit geraumer Zeit von Farbbildern abgelöst wurden, kommen monochrome Kameras weiterhin in vielen Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung zum Einsatz. Sie spielen bis heute eine wichtige Rolle, um Merkmale hervorzuheben oder zu verbergen. Diese Art von Kameras nehmen nur Schwarzweiß auf, ohne Farbinformationen zu erfassen. So steht die Fokussierung auf den Kontrast im Vordergrund. Sie haben zudem oft eine höhere Pixeldichte als Farbkameras, da sie keine Farbfilter verwenden und mehr Pixel auf den gleichen Sensor passen. Dies ermöglicht oft eine höhere Auflösung und Detailgenauigkeit bei monochromen Aufnahmen.

### Präzise Kontraste durch farbige Beleuchtung und Monochromkameras

In der industriellen Bildverarbeitung ermöglicht der Einsatz farbiger Beleuchtungen in Kombination mit monochromen Kameras eine präzise und vielseitige Analyse von Objekten. Anhand eines einfach gehaltenen Beispiels wird schnell sichtbar, welchen Einfluss unterschiedliche Beleuchtungsfarben auf bunte Prüfobjekte haben. Um die Nachvollziehbarkeit zu sichern, dient die obige Abbildung, die sich in zwei Bereiche unterteilt. Der linke Teil

zeigt den Versuchsaufbau, wobei eine Beispielbeleuchtung eine Kaugummipackung zuerst mit rotem, dann grünem und schließlich blauem Licht beleuchtet. Der rechte Bildabschnitt stellt die daraus resultierenden Aufnahmen dar, die mit einer monochromen Kamera aufgenommen wurden.

Alle drei Aufnahmen der Kaugummipackung unterscheiden sich deutlich, und das nur, weil unterschiedliche Lichtfarben auf dasselbe bunte Objekt treffen. Trifft rotes Licht auf rote Bereiche der Verpackung, wie beispielsweise auf die Erdbeere in der Abbildung, so erscheint diese unter der Schwarz-Weiß-Kamera als hell, da das rote Licht reflektiert wird. Wenn das rote Licht jedoch die blauen Flächen der Verpackung beleuchtet, wie beispielsweise den Schriftzug des Kaugummiherstellers, absorbiert diese Fläche das Licht, und es erscheint schwarz unter der Kamera. Die Aufnahmen, die unter grünem und blauem Licht aufgenommen werden, zeigen die gleichen Effekte der Absorption und Reflektion. Grundsätzlich gilt, dass alle Farben des sichtbaren Lichts diesen Effekten unterliegen. Durch den sinnvollen Einsatz von farbigen Beleuchtungen können also Kontraste verringert oder erhöht werden, wodurch Farben mit einem ähnlichen Helligkeitswert (beispielsweise Rot und Orange) besser voneinander getrennt werden kön-

nen. Zudem vermeidet die Verwendung von buntem Licht bei bunten oder einfarbigen Objekten den Einsatz von Farbkameras, da eine Vielzahl an optischen Gesamtsystemen aufgrund der höheren Pixeldichte mit Monochromkameras arbeitet.

### Prüfungsumgebung und Bandpassfilter

Eine optimale Prüfungsumgebung wäre eine komplett abgedunkelte Kammer, in der sich die Beleuchtung, das Prüfobjekt und die Kamera befinden würden. Da die meisten Objektprüfungen in Industriehallen, auf Förderbändern und ähnlichen Umgebungen getestet werden, wo entweder Tageslicht oder Hallenbeleuchtung die Prüfung negativ beeinflussen können, werden gezielt Bandpassfilter eingesetzt, um störende Wellenlängen zu eliminieren.

Mit den nun vorgestellten Effekten der Absorption und Reflektionen bei dem Einsatz von farbigen Beleuchtungen zusammen mit monochromen Kameras, können optische Objektprüfungen vereinfacht oder kontrastreicher gestaltet werden. ■

**AUTOR**  
Deborah Schmall  
Mechatronik-Ingenieurin &  
technischer Support

**KONTAKT**  
Falcon Illumination MV GmbH  
www.falconillumination.de



Bild: Fuji

### Kamera für die Fernüberwachung

Fujifilm hat das Fujinon-SX1600-Kamerasystem vorgestellt. Es eignet sich für die Fernüberwachung und ist mit einem 40-fachen Fujinon-Zoom-Objektiv ausgestattet. Dieses reicht von 40 mm Weitwinkel bis 1.600 mm Teleobjektiv. Das System verfügt zudem über ein Bildstabilisierungssystem sowie einen Autofokus, um entfernte Objekte blitzschnell und gestochen scharf zu erfassen. So lässt sich zum Beispiel das Kennzeichen eines Fahrzeugs in ca. 1,6 km Entfernung oder sogar eine ca. 3,5 km entfernte Person erfassen.

Mit diesen Spezifikationen kann das Kamerasystem für viele Anwendungen eingesetzt werden, darunter die Überwachung von internationalen Grenzen, Wäldern und großen öffentlichen Einrichtungen wie Flughäfen, Häfen und Autobahnen sowie Ferninspektionen von Infrastrukturen wie Windkraftanlagen und Übertragungskabeln.

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

### Machine-Vision-Software nun auch für Cloud-Nutzer vollständig digital zugänglich

MVTec hat die Version 23.11 der Machine-Vision-Standardsoftware Halcon auf den Markt gebracht. Mit dieser Version ist es erstmals möglich, Cloud-Umgebungen ohne Hardware-Dongle zu lizenzieren. Dadurch, dass Halcon nun auch rein digital in der Cloud betrieben werden kann, entstehen zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Diese können das Aufbauen neuer Geschäftsmodelle umfassen, wie etwa das Anbieten von Bildverarbeitungsdiensten in der Cloud, das rechenintensive Training von Deep-Learning-Modellen oder Cloud-basierte CI/CD-Prozesse.

Daneben gibt es noch weitere neue Features und Verbesserungen. Die bedeutendste Weiterentwicklung ist die auf strukturiertem Licht basierende 3D-Rekonstruktion. Damit sind in kurzen Taktzeiten präzise 3D-Rekonstruktionen für diffuse Oberflächen möglich. Die wichtigste Neuheit im Bereich Deep Learning ist die Multi-Label-Klassifizierung. Diese Methode erkennt mehrere Klassen in einem Bild.

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



Bild: IDS

### Kamera für Embedded- und Volumen-Projekte

Das Low-Cost-Portfolio von IDS wird um die Kamerafamilie Ueye XLS erweitert. Dabei handelt es sich um Platinenkameras mit Abmessungen von 29 x 29 x 7 mm, die konsequent auf wesentliche Kamerafunktionen reduziert und damit besonders günstig angeboten werden können. Sie sind erhältlich ab 150 Euro Listenpreis.

Die USB3-Kameras sind kompatibel mit dem Vision Standard, verfügen über einen Micro-B-Stecker und sind ausschließlich als Platinenvarianten mit oder ohne C/CS- beziehungsweise S-Mount-Objektivhalter erhältlich. Die Platinenkameras sind dabei so klein, dass sie direkt in die Objektivhalter gesteckt werden. Anwendern können zwischen Sensoren von 2 bis 12 MP wählen. Durch ihre sehr geringe Wärmeentwicklung eignen sich Ueye+-XLS-Kameras besonders für den Gerätebau und Embedded-Vision-Anwendungen.

[www.ids-imaging.de](http://www.ids-imaging.de)



Bild: Smart Vision Lights

### Machine Vision Light mit neuer Technologie

Smart Vision Lights stellt die Leuchte der JWL150-DO-Lightgistics-Serie vor, jetzt mit Hidden-Strobe-Technologie. Die Technologie ermöglicht es den LEDs, sich intern tausende Male pro Sekunde selbst auszulösen, schneller zu pulsieren, als das menschliche Auge wahrnehmen kann, und die Illusion von Dauerlicht zu erzeugen. Das erhöht die Leistung und schützt gleichzeitig die Mitarbeiter vor Orientierungslosigkeit durch blinkende Lichter.

Lightgistics-Leuchten wurden für anspruchsvolle Barcode-Lesungen mit hoher Geschwindigkeit und optischer Zeichenerkennung (OCR) bei Paketen in stark reflektierenden Plastikfolien oder Versandtaschen entwickelt und verfügen über die Dual-Overdrive-Technologie, die Deca Overdrive- und Standard-Overdrive-Engines kombiniert und Endbenutzern das Anbringen von Polarisatoren ermöglicht.

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



[www.mbj-imaging.com](http://www.mbj-imaging.com)



## High Power Balken für Machine Vision

Die beliebten High Power Balken gibt es jetzt auch in schmäler Ausführung.

- High Power LED
- Integrierter 4-Mode-Controller inkl. leistungsstarkem Überblitzen
- Lichtverhalten adaptierbar über optisches Zubehör
- Wellenlängenvielfalt inkl. SWIR



Auch in SWIR erhältlich!



Mehr Informationen zu High Power Balken

## LED BELEUCHTUNG

Made in Germany





Bild: David Löhn/Wiley

Ob eine Kamera von Mikrotron (in der rechten Hand) oder von Allied Vision, das TKH Vision Solution Center hat sich auf die Fahne geschrieben, auf Basis aller Technologien, die die Vision-Firmen in ihrem Portfolio haben, die beste Lösung zu bieten.

# „Wir decken den kompletten Machine-Vision-Bereich ab“

Interview mit Dr. Timo Eckhard, Director Solution Center bei Chromasens

Statt Komponenten stehen beim TKH Vision Solution Center in Konstanz Bildverarbeitungslösungen im Fokus. Was genau das Zentrum zu bieten hat, warum es ausgerechnet bei Chromasens in Konstanz beheimatet ist und wie das Unternehmen dem Fachkräftemangel begegnet, darüber sprach die inspect mit dem Verantwortlichen, Dr. Timo Eckard, Director Solution Center.

**inspect:** Anfang des Jahres hat TKH Vision das Solution Center eröffnet. Was ist Sinn und Zweck des Zentrums?

**Dr. Timo Eckhard:** Das TKH Vision Solution Center ist im Prinzip die Entität der TKH-Vision, die Vision-Lösungen anbietet, und zwar für alle Basistechnologien, die die Vision-Firmen in ihrem Portfolio haben. Das Solution Center ist allerdings ein Teil von Chromasens. Das heißt, es ist kein eigenständiges Unternehmen, sondern gehört zu Chromasens, ist aber als eigene Marke etabliert, um schlussendlich auch nach außen zu tragen, dass es hier nicht um Zeilenkamertechnologie geht, sondern um Vision-Technologie im Allgemeinen.

**inspect:** Was bietet das Solution Center hier in Konstanz?

**Eckhard:** Das Vision Solution Center hat eine Art Showroom, wo wir Kunden die Vi-

sion-Technologie zeigen können. Außerdem haben wir ein Labor für Machbarkeitsuntersuchungen, und Büros, in denen das komplette Engineering untergebracht ist. Außerdem der Operations-Bereich und ähnliches. Bei letzterem muss man dazusagen, dass dieser die Prozesse von Chromasens bedient.

**inspect:** Warum ist das Solution Center ausgerechnet in Konstanz bei Chromasens angesiedelt?

**Eckhard:** Wenn man die Historie von Chromasens anschaut, dann sieht man, dass das Standbein von Chromasens schon immer das Lösungsgeschäft war – mit einem Fokus auf Zeilenkameras. Das Vision Solution Center hat allerdings keinen Fokus auf eine spezielle Vision-Technologie, sondern ist ein Lösungsraum aller Technologien. Die Kompetenzen, um Vision-Systeme und Lösungen

zu erarbeiten und zu entwickeln, die sind bei Chromasens aber immer schon verankert. Und deswegen war es naheliegend, diesen Standort für das Solution Center zu wählen.

**inspect:** Und was passiert, wenn es konkrete Projekte gibt, für die Chromasens nicht die Kompetenz besitzt?

**Eckhard:** Schlussendlich ist es so, dass das Solution Center auf die Basistechnologie in den Schwesterfirmen zurückgreifen kann. Und wenn es spezielle Kompetenzen gibt, die nur in einer Schwesterfirma vorhanden sind, dann haben wir die Möglichkeit, die für uns zu nutzen. Diese Projekte werden dann in Kooperation mit den Schwesterfirmen umgesetzt.

**inspect:** Gab es dieses Jahr, seit das Solution Center offiziell existiert, bestimmte Anwendungsschwerpunkte?



**Eckhard:** Also die Resonanz insgesamt ist wirklich groß in Bezug auf das Interesse seitens der Anwender an den Lösungen, die TKH jetzt mit dem Solution Center anbietet. Man kann aber nicht sagen, dass es dort einen Schwerpunkt gab. Wir hatten Anfragen aus wirklich vielen Bereichen, etwa der industriellen Qualitätskontrolle, über den Consumer-Bereich, Lebensmittel bis hin zu Sortierapplikationen.

**inspect: Wo sehen Sie Erweiterungsmöglichkeiten für das Solution Center?**

**Eckhard:** Technologisch gesehen, decken wir eigentlich den kompletten Vision-Bereich ab. Das heißt, an der Stelle sehe ich auch nicht die Notwendigkeit, dass wir uns erweitern müssen. Wenn ein Kunde mit einer Anfrage kommt, und wir haben nicht die passende Technologie in der Gruppe, dann arbeiten wir mit anderen Firmen zusammen und können auch Technologien bedienen, die wir nicht im Portfolio haben. Also, da gibt's eigentlich kein Limit. Was durchaus denkbar ist, dass – bezogen auf die große Nachfrage – wir uns vergrößern. Und da kann man auch darüber nachdenken, weitere Standorte zu schaffen, um einfach eine geografische Nähe zu den Kunden herzustellen. Aber das sind defacto Themen, über die machen wir uns zwar Gedanken. Da gibt's aber noch nichts Spruchreifes.

**inspect: Was werden die Herausforderungen für nächstes Jahr sein? Was ist da Ihre Meinung?**

**Eckhard:** Ich hab's ja vorher benannt, dass die Resonanz auf das Solution Center sehr groß ist, und das bedeutet in gewisser Weise auch, dass wir wachsen müssen. Wir haben den großen Vorteil, dass wir mit Chromasens sehr erfahrenes Personal in die Projekte mit reinziehen können und dadurch auch eine einfache Möglichkeit haben, zu skalieren. Aber eine Herausforderung wird es sicherlich sein, für diesen Bedarf und für diese Nachfrage entsprechendes Fachpersonal zu bekommen und dieses auch mit der nötigen Geschwindigkeit in die Organisation zu integrieren.

**inspect: Sie haben das Stichwort genannt: Fachkräfte. Wie stellt Chromasens/TKH Vision sicher, dass ausreichend Fachkräfte vorhanden sind?**

**Eckhard:** Der Standort Konstanz ist sicherlich attraktiv, was die Lebensqualität angeht. Es ist aber auch nicht das Zentrum von Deutschland. Das heißt, man muss schon Anreize schaffen, um Fachkräfte hierher zu bekommen. Wir arbeiten sehr eng mit den lokalen Universitäten und Hochschulen zusammen. Und haben auch sehr gute Austauschprogramme, um Berufseinsteiger an Chromasens heranzubringen. Wir binden

die Studenten auch mit Abschlussarbeiten in Projekte hier ein. Das ist ein sehr wichtiger Rekrutierungskanal für uns.

Man muss aber schon auch sagen, dass der Name Chromasens bekannter wird und wir nicht nur darauf angewiesen sind, Mitarbeiter aus Hochschulen zu rekrutieren. Ein großer Teil kommt tatsächlich über die regulären Kanäle zu uns.

**inspect: Also hat Chromasens den Fachkräftemangel im Griff?**

**Eckhard:** Würde ich schon sagen, ja. Aber es ist heutzutage schon nicht einfach, weil Menschen sich nicht für eine Arbeit bei uns bewerben, sondern wir als Firma bewerben uns bei den Menschen. Doch wir sind ein sehr attraktiver Arbeitgeber und deswegen sind wir da eigentlich immer ganz gut gefahren und konnten die offenen Stellen auch immer besetzen.

**AUTOR**  
David Löh

Chefredakteur der inspect

**KONTAKT**

Chromasens GmbH, Konstanz  
Tel.: +49 7531 876 0  
E-Mail: sales@chromasens.de  
www.chromasens.de



hexagon.com |

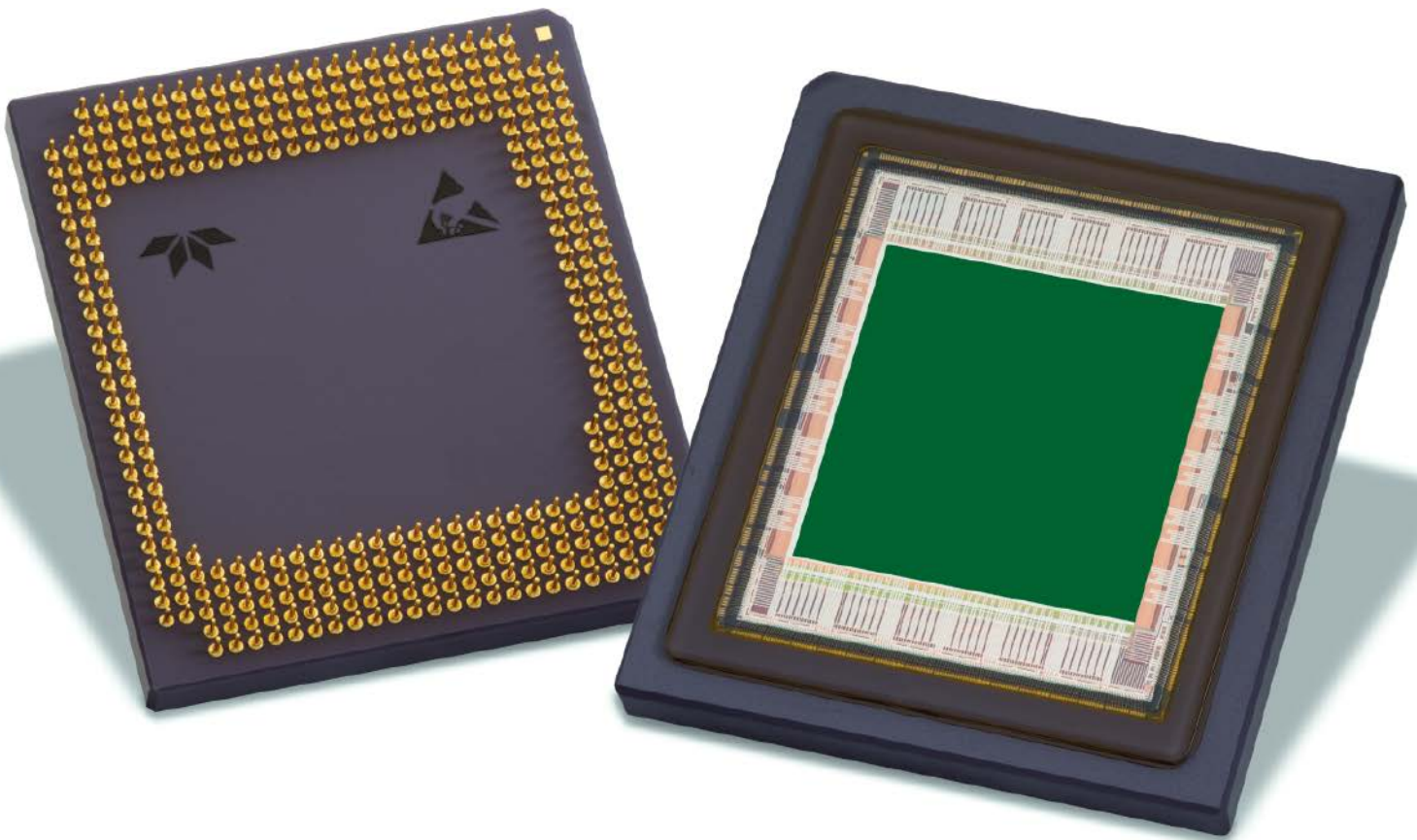


## Entdecken Sie das Potenzial Ihrer Fertigung durch digitale Realitäten

Kontinuierliche Optimierung der Produktivität während des Fertigungsprozesses, durch hohe Qualität, minimalen Ausschuss und maximale Maschinenverfügbarkeit.

Mehr erfahren





Der gestapelte (stacked) CMOS-Sensor Emerald 67 von Teledyne e2v

# Die Zukunft von CMOS ist gestapelt

Technologie und Potenzial von gestapelten CMOS-Sensoren

**Die Bildverarbeitung ist mittlerweile in allen Branchen angekommen, deren Umsatz wächst weiterhin stark. Zugleich geht die technologische Entwicklung der Bildverarbeitung in seit Jahrzehnten hohem Tempo vorwärts. Ein großer technologischer Schritt waren die vor zwei Jahren von Sony vorgestellten gestapelten CMOS-Sensoren. Dieses Chipdesign ermöglicht es, CMOS-Bildsensoren kosteneffizient mit mehr Zusatzfunktionen auszustatten.**

Im Dezember 2021 verkündete Sony Semiconductor Solutions auf dem IEEE International Electron Devices Meeting einen Durchbruch bei einer Technologie, bei der Silizium-Schichten in verschiedenen Ebenen gestapelt werden können. Während bei herkömmlichen CMOS-Bildsensoren Fotodioden und Pixeltransistoren auf der gleichen Ebene angeordnet sind, werden sie bei dieser neuen Technologie auf verschiedenen Substratschichten getrennt. Dieser neue Ansatz verspricht einen größeren Dynamikbereich und geringeres Rauschen.

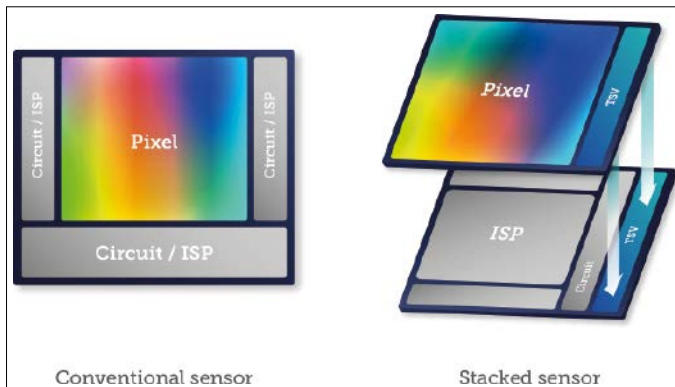
Dies war zwar eine bemerkenswerte Ankündigung, aber nur ein weiterer Schritt für eine Technologie, die sich bereits seit Jahrzehnten immer weiterentwickelt. Jetzt beginnen Sensorhersteller, die Möglichkeiten dieses Stacked-Design-Ansatzes wirklich zu erkunden. Das Marktforschungsunternehmen Yole Intelligence prognostiziert, dass der Markt für CMOS-Bildsensoren (CMOS Image Sensors, CIS) nach einer Übergangsphase im Jahr 2022 zu einem stetigen Wachstum zurückkehren und im Jahr 2028 eine Größe von 29 Milliarden US-

Dollar erreichen wird. Das Unternehmen sieht in kundenspezifischen CIS-Produkten für differenzierte Nischenmärkte mit geringeren Stückzahlen einen wichtigen Treiber für den Gesamtmarkt. Das Stacked-CMOS-Design eröffnet viele neue Möglichkeiten für CMOS-Chips, die für spezifische Anwendungen konzipiert sind und neue Arten von Wettbewerbsvorteilen schaffen.

Die Technologie ist jetzt an einem Punkt angelangt, an dem Fertigungsprozesse, die vor 20 Jahren noch experimentell waren, in die Reichweite kommerzieller Anwendungen rücken. Dies ist nur der Anfang einer weiteren Umwälzung, bei der gestapelte 3D-Sensoren die Möglichkeit bieten, CMOS-Bildsensoren kosteneffizient mit mehr Zusatzfunktionen auszustatten.

Kaum eine Branche wäre von dieser Entwicklung nicht betroffen. Im Jahr 2023 ist die Bildverarbeitung allgegenwärtig und erstreckt sich auf die wichtigsten Branchen von heute und viele Anwendungen der nächsten Generation, von Lidar für fortschrittliche

Fahrerassistenzsysteme über die 3D-Gesten- und Gesichtserkennung bis hin zu Servicedrohnen und Robotern, der Weltraumnavigation und der biomedizinischen Bildaufnahme. Wir finden die Bildverarbeitung in fortschrittlichen wissenschaftlichen Anwendungen, von der Spektroskopie zur Erzeugung von Fusionsenergie über die Mikroskopie mit Superauflösung, in der NIR-Tomografie, bei der Ghost-Imaging-Technologie, bei der ein Bild eines Objekts durch die Kombination von Informationen aus zwei Lichtdetektoren erzeugt wird, bis hin zur Quantenkommunikation und Kryptografie. Jeder Fortschritt in der CMOS-Bildgebungstechnologie wird unsere Zukunft mitbestimmen.



**Gestapelte CMOS-Bildsensoren können auf der gleichen Fläche mehr Funktionen beinhalten und dabei so kosteneffizient bleiben, wie es mit einem Single-Plane-Layout nicht möglich wäre.**

### Rückseitig beleuchtete Sensoren (BSI): Vor- und Nachteile

Die rückseitig beleuchteten Sensoren (Backside-illuminated Sensors, BSI) stellen bisherige Konventionen auf den Kopf. Sie enthalten zwar die gleichen Elemente wie herkömmliche Sensoren, aber die Matrix und die Verdrahtung befinden sich bei BSI-Sensoren hinter der lichtempfindlichen Photokathodenschicht statt davor. Dieser Designansatz brachte größere Vorteile bei Designs mit kleinen Pixeln, bei denen die Verdrahtung die Pixel eher dominierte, und bei schlechten Lichtverhältnissen, bei denen weniger Photonen zur Verfügung standen, um die lichtempfindlichen Pixel zu treffen.

Ein BSI-Sensor hat auch eine größere Winkelanpassung, was den Objektdesignern mehr kreativen Spielraum und möglicherweise eine schnellere Auslesegeschwindigkeit bietet. Die Fotodioden, die das Licht in elektrische Signale umwandeln, und die Pixeltransistoren, die diese Signale regeln, befinden sich nebeneinander auf derselben Schicht des Pixelchips. Um eine hohe Bildqualität mit großem Dynamikbereich zu erzielen, muss der Sättigungssignalpegel innerhalb der Grenzen des Formfaktors erhöht werden.

Das Übersprechen zwischen benachbarten Pixeln kann zu Rauschen, Dunkelstrom und Farbüberblendungen führen, was ein neues Problem ist, das diese Innovation hervorruft. Rückseitig verdünnte Wafer sind empfindlicher. Selbst wenn diese Probleme durch bessere Herstellungsprozesse gelöst werden könnten, führt dies zu geringeren Erträgen und höheren Kosten. Trotz dieser Nachteile wurden die ersten BSI-Sensoren bereits in speziellen Anwendungen eingesetzt, bei denen ihre hohe Leistung bei schwachem Licht entscheidend war. Zu den ersten Anwendungen von BSI-Sensoren gehörten Kameras für die Industrie, Sicherheitsanwendungen und Mikroskope, aber auch für Anwendungen in der Astronomie.

Das war jedoch nur der Anfang. Die BSI-Technologie bot nicht nur spezifische Vorteile für die Bildgebung, sondern hatte auch weitreichende Auswirkungen auf die Chiparchitektur. Durch BSI können Chipdesigner nun über eine einzelne Ebene hinausdenken. Der rückwärtig beleuchtete Pixel-Imaging-Chip eines gestapelten CMOS-Bildsensors sitzt auf einer oder mehreren Schichten von Verarbeitungschichten, was einen eher vertikalen Aufbau ermöglicht. Was könnte man noch unter

der lichtempfindlichen Schicht unterbringen, jetzt, wo sie oben liegt? Und wie weit könnte man in Bezug auf zusätzliche Funktionen gehen?

### Chipdesign auf den Kopf gestellt: Von BSI zu Stacks

Im Lauf der Zeit haben Entwickler herkömmliche CMOS-Chips mit immer mehr Funktionen ausgestattet, um die Leistung und die Vielseitigkeit ihrer Bildsensoren zu erhöhen. Beispiele dafür sind Funktionen wie Timing-Generierung, Power Biasing, Analog-Digital-Wandler und Steuerungsfunktionen. In einigen Fällen, zum Beispiel bei Kameras, die Hunderte, wenn nicht Tausende von Bildern pro Sekunde erfassen und digitalisieren müssen, bedeutet dies, dass die Pixelmatrix nicht einmal der dominierende Bereich auf einem bestimmten Chip ist.

Dies erfordert einige Kompromisse bei der Chip-Entwicklung, da bei einem konventionellen Design alles auf der gleichen Ebene liegen muss. Um die gleiche Bildgebungsleistung mit den zusätzlichen Funktionen zu erzielen, ist in Bildgebungssystemen möglicherweise ein größerer, schwieriger herzustellender und stromhungriger Chip erforderlich. Oder die Größe des Bildsensors auf dem Chip muss verringert werden, was die Leistung beeinträchtigen kann.

Die Ingenieure erkannten sofort, dass diese Stapelung kleinerer Geräte mit ähnlicher Funktionalität und geringeren Herstellungskosten ermöglichen könnte. Sensordesigner können die Bilderkennung und die Verarbeitung auf eigene Schichten aufteilen und beide Bereiche unabhängig voneinander optimieren. So können sie beispielsweise Schaltkreise unter den Pixeln hinzufügen, um geringere Abweichungen zu erreichen, auch bei großen Bildgebungschips.

Es war auch klar, dass gestapelte 3D-Sensoren den CMOS-Bildsensoren mehr Funktionalität verleihen und dabei so kosteneffizient bleiben könnten, wie es mit einem Single-Plane-Layout niemals möglich wäre. Mit dieser Technologie lassen sich Chip-Familien für spezifischere Anwendungen und Branchen entwerfen, was den Anwendern eine hohe Differenzierung ermöglicht.

### Stapeln für eine höhere Geschwindigkeit

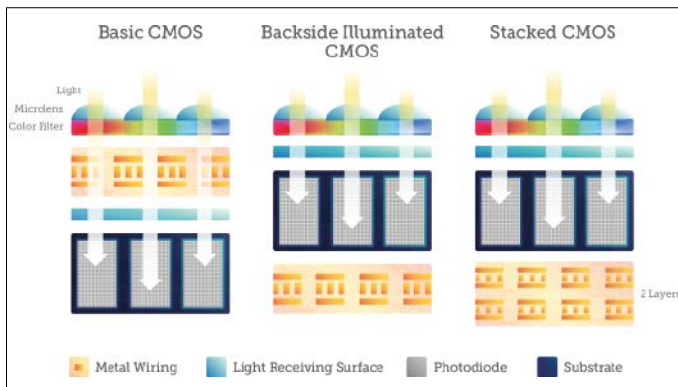
Eines der ersten Beispiele für die Leistung von gestapelten Sensoren war im Bereich der professionellen Kameras zu sehen, wo das Stapeln des integrierten Speichers, des Signalverarbeitungsschaltkreises und des Bildverarbeitungsprozessors unter der Pixelebene bisher unerreichte Bildraten und Auslesegeschwindigkeiten in Vollformatkameras ermöglichte.

Aus dieser Technologie ergeben sich jedoch noch weitere Möglichkeiten. Fast jede Branche könnte von schnelleren Kameras profitieren. Im Extremfall ist die Hochgeschwindigkeits-Bildgebung eine Schlüsseltechnologie, um Phänomene wie die Mikromechanik zu untersuchen, oder Sprengstoffe, die Plasmabildung und die Laserablation. Typischerweise handelt es sich bei High-Burst-Imagern um CCD-Sensoren, die einen sehr hohen Energiebedarf haben und durch den In-Pixel-Speicher, der die Zahl der erfassten Bilder auf 100 begrenzt, eingeschränkt sind.

Eine CMOS-Lösung bietet hingegen einige Vorteile, wie unter anderem die Möglichkeit, Funktionen wie ADC (Analog-Digital-Wandlung) oder eine komprimierende Abtastung einzubetten. Mit herkömmli-

chen CMOS-Sensoren war diese Art von Burst-Leistung ebenfalls sehr schwierig zu realisieren, da die Pixelfüllraten gering, die Skalierbarkeit begrenzt und die Anzahl der erfassten Bilder in der Regel auf einige Dutzend beschränkt war.

Im Jahr 2018 sind Forscher der Universität Grenoble dieses Problem mit einem gestapelten 3D-Sensordesign angegangen und haben einen CMOS-Burst-Imaging-Sensor entwickelt, der Daten mit



**Der Schritt vom Single-Plane-Layout zu rückseitig beleuchteten Sensoren (Backside-illuminated Sensors, BSI) ermöglichte es bereits, die Leistung und die Vielseitigkeit der Bildsensoren zu erhöhen. Durch das Stapeln der Elektronik (stacked sensors) erreichten die Sensoren darüber hinaus deutlich höhere Bildraten und Auslesegeschwindigkeiten. Zudem ist es mit dieser Technologie möglich, weitere Funktionen in den Sensor zu integrieren, etwa die Bildverarbeitung.**

einer Geschwindigkeit von 5 Millionen Bildern pro Sekunde erfasst. Erreicht wurde dies durch das Hinzufügen von Speicher auf einer unteren Ebene unterhalb des Bildsensors, der Hunderte von Bildern gleichzeitig erfasst. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass sich mit RAM-basierten Lösungen sogar Tausende von Bildern erfassen lassen können.

### Neuronales Netzwerk auf einem Chip?

Die Möglichkeit, einem CMOS-Bildsensor neue Funktionen hinzuzufügen, hat die Sensorfunktion so verändert, dass er viel mehr als nur eine Komponente zur Bilderfassung geworden ist. Damit ist es möglich, intelligente Funktionen in den Chip zu integrieren, von der Rauschunterdrückung bis hin zu vollständigen Bildverarbeitungs-Algorithmen. Dies könnte kompaktere, energieeffizientere Chips für Anwendungen ermöglichen, die dies wirklich benötigen, zum Beispiel bei 3D- und Time-of-Flight-Systemen, in der ereignisgesteuerten Sensorik, bei Augmented Reality und sogar bei künstlicher Intelligenz.

Große Arrays von Recheneinheiten, die direkt mit den Pixeln verbunden sind, könnten den Weg für Convolutional Neural Networks und Deep-Learning-Engines auf dem Chip ebnen. Der Energieverbrauch ist in diesem Bereich ein wichtiges Problem, und die Verlagerung von Rechenleistung auf den Chip selbst bietet diverse Vorteile. Zum einen können Pixeldaten damit näher an ihrem Entstehungsort verarbeitet werden, was die Energie für die Datenübertragung reduziert, die den Gesamtenergieverbrauch dominieren kann. Zum anderen können die Pixeldaten, die als analoge Daten entstehen, direkt verarbeitet werden, wodurch die energieintensive Analog-Digital-Wandlung übersprungen wird. Sie ist für die externe Datenverarbeitung erforderlich und dominiert oft den konventionellen Hardware-Overhead sowie den Energieverbrauch für nachgelagerte Berechnungen und Speicher.

Diese Idee ist keineswegs neu. Schon vor dreißig Jahren entwickelte eine Gruppe von Forschern an der Universität Sevilla (dieselbe Gruppe, die später Teil des Teams für Bildverarbeitungssensoren von Teledyne Imaging wurde) CMOS-Bildsensoren (CVIS), bei denen jede Fotodiode von hundert Transistoren umgeben war. Diese ermöglichten das Speichern und eine räumlich-zeitliche Filterung (Faltungsmasken, Diffusionsverfahren und so weiter), sodass Merkmale wie Kanten, Ecken oder interessante Punkte, Flecken, Erhebungen und sonstige Bereiche von

Interesse direkt in der gleichen Ebene wie das Pixel-Array extrahiert werden konnten. Da es damals noch keine Stapelsensortechnologie gab, ging dies auf Kosten großer Pixelabstände, was zu Geräten mit geringer Auflösung führte. Inzwischen hat sich diese Situation jedoch drastisch geändert.

Die Forscher halten dieses Konzept der Sensor-Prozessoren nach wie vor für „eine aufregende Spielweise für die Erkundung eines breiten Spektrums von Kompromissen“. Sie erörterten ein Beispiel für einen CMOS-CIS, der in der Lage ist, ein Deep Neural Network zur Objekterkennung direkt auszuführen. Die Datenmenge, die aus dem Sensor übertragen werden muss, beträgt lediglich einige Bytes (Objektstandort und -bezeichnung) anstelle eines 6 MB/1080p-Bildes. Aber verschiedene Leistungs- und Performance-Einschränkungen werden hierbei entscheidend. Um beispielsweise einen Leistungsvorteil durch On-Chip-Verarbeitung zu erzielen, sind möglicherweise neuere, fortschrittlichere Prozessknoten erforderlich. Und die Leistungsdichte eines gestapelten Chips mit vielen Recheneinheiten könnte mehr Wärme erzeugen als ein herkömmlicher Chip, was zu thermisch bedingtem Rauschen führt, das eine intensivere nachgeschaltete Verarbeitung erfordert.

### 3D-gestapelte Bildsensorarchitekturen könnten die Zukunft prägen

Dieser neue Ansatz für das Chipdesign und die Demonstration erfolgreicher kommerzieller Technologien stößt derzeit auf großes Interesse. In-Pixel-Schaltungen und -Verbindungen bieten einen höheren Füllfaktor (Reaktionsfähigkeit), mehrere Speicherknoten, weniger Bewegungsartefakte und effizientere HDR-Techniken.

3D-gestapelte CMOS-Bildsensoren sind die treibende Kraft für eine Revolution in vielen Anwendungsbereichen der nächsten Generation mit zeitlicher Auflösung, einschließlich Lidar, Biomedizin und Quantentechnologien, da sie einen viel höheren Füllfaktor und viel mehr Funktionalität pro Pixel versprechen.

Die Fortschritte von Stacked-CMOS-Sensoren in den letzten Jahren waren beachtlich, und es ist klar, dass diese Technologie gerade erst am Anfang steht. Kundenspezifische Chips für anspruchsvolle Anwendungen werden jedoch schon bald eine wichtige Quelle für Wettbewerbsvorteile in verschiedenen Branchen sein.

#### AUTOR

**Rafael Romay-Juarez**  
Executive VP und General Manager bei  
Teledyne Imaging Machine Vision Sensors

#### KONTAKT

Teledyne e2v  
[www.teledyne-e2v.com](http://www.teledyne-e2v.com)

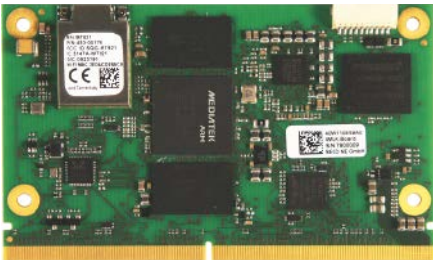


Bild: Seco

### Computer-on-Modules für anspruchsvolle Industrieanwendungen

Seco hat ein neues Smarc-2.1.1-kompatibles Modul mit dem Namen SOM-Smarc-Genio700 vorgestellt. Entwickler von Embedded- und anderen Elektroniksystemen haben mit dem COM im kompakten Smarc-Formfaktor (Smart Mobility Architecture) die Möglichkeit, lüfterlose industrielle Applikationen zu entwickeln, die hohe Ansprüche an Grafik- oder KI-Performance erfüllen müssen. Kernstück des Moduls ist der Applikationsprozessor Octa-Core Genio 700 von Mediatek, der für industrielle IoT-Produkte entwickelt wurde und Lösungen mit hoher Leistungsfähigkeit und geringem Stromverbrauch ermöglicht. Der Genio 700 ist ein N6 (6nm) IoT-Chipsatz und verfügt über zwei Arm-Cortex-A78-Kerne mit 2,2 GHz und sechs Arm-Cortex-A55-Kerne mit 2,0 GHz sowie einen 4.0 TOPS KI-Beschleuniger.

Alle COM-Lösungen von Seco enthalten ein entsprechendes Betriebssystem, ein Board Support Package (BSP) und ein Software Development Kit (SDK). Dies soll Software-Entwicklern eine schnelle Implementierung ihrer Anwendungen ermöglichen.

[north.seco.com](http://north.seco.com)



Bild: Emergent Vision

### 100GigE-Kamera mit TDI-Sensor

Emergent Vision Technologies stellt die 100GigE-Zeilenkamera Pinnacle TLZ-9KG5 vor. Durch ihre 100GigE QSFP28-Schnittstelle erreicht die Kamera eine Spitzen-Single-Line-Rate von 608 kHz. Sie verfügt über den 9K-Gpixel GLT5009BSI CMOS-Sensor mit 256-stufiger Zeitverzögerungsintegration (TDI) mit einer Pixelgröße von  $5 \times 5 \mu\text{m}$  und einer Sensorabtabbreite von 45,36 mm. Die Kamera ist GigE Vision- und GenCam-kompatibel und unterstützt Kabellängen von 1 m bis 10 km ohne kostspielige Glasfaserkonverter/Repeater.

Darüber hinaus bietet die 100GigE-Kamera eine erweiterte Zeilenscanfunktionen, einschließlich interner Unterstützung für Dreh- oder Linearencoder, und verfügt über eine M52-Halterung, eine Belichtungs-/Integrationszeit von  $1 \mu\text{s}$ –1 s, einen Dynamikbereich von 66 dB, flache Schattierung und räumliche Korrekturen sowie Windows- und Linux-Betriebssysteme.

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



Bild: AMD

### SOM für den Edge-Bereich

AMD hat das System-on-Module (SOM) Kria K24 und das KD240 Drives Starter Kit angekündigt. Das bietet energieeffiziente Rechenleistung in einem kleinen Formfaktor und zielt auf preisempfindliche industrielle und kommerzielle Edge-Anwendungen.

Das K24 SOM bietet eine hohe Determinanz und geringe Latenzen bei der Stromversorgung elektrischer Antriebe und Motorcontroller, die in rechenintensiven DSP-Anwendungen (Digital Signal Processing) im Edge-Bereich eingesetzt werden. Zu den wichtigsten Anwendungen gehören Elektromotorsysteme, Robotik für die Fabrikautomation, Stromversorgung, öffentliche Verkehrsmittel, wie Aufzüge und Schienenfahrzeuge, chirurgische Robotik und medizinische Geräte, wie Kernspintomographen, sowie EV-Ladestationen.

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

### Pocket-GPU als mobilen AI-Booster einsetzen

Acceed hat mit Pocket AI eine eGPU in sein Programm aufgenommen, die in Kooperation der beiden Hersteller Nvidia und Adlink speziell für industrielle Einsätze entwickelt wurde. Sie ist mit den Abmessungen  $106 \times 72 \times 25 \text{ mm}$  besonders kompakt und wiegt nur 250 g. Die Stromversorgung erfolgt über USB. Herzstück der robusten Box ist die RTX A500 von Nvidia mit 2.048 CUDA-Kernen und 4 GB GDDR6-Speicher. Die CUDA-Kerne basieren auf der Ampere-Architektur und sorgen für eine Single-Precision-Gleitkomma-Leistung (FP32) von 6,54 TFLOPS. Die Memory-Bandbreite beträgt 96 GB/s, der Stromverbrauch liegt bei 25 W TGP. Als Interface dient ein Thunderbolt-3-Anschluss (USB-C). Die zweite USB-C-Buchse dient zum Anschluss einer Stromquelle. Als Betriebssysteme werden die aktuellen Windows-Versionen 10 und 11 unterstützt sowie Linux. Das Gerät eignet sich so für KI-Entwickler, industrielle Objekterkennung oder Datenanalyse im Feld – KI-Leistung in der Aktentasche.

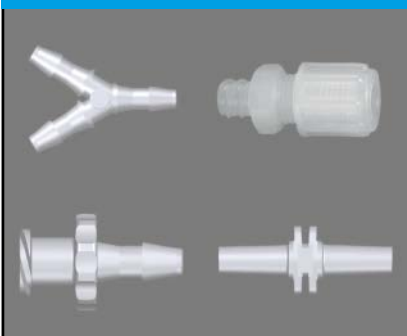
[www.acceed.com](http://www.acceed.com)



Bild: Acceed

## Mikro-Schlauchverbinder für die Analytik und Labortechnik

[www.rct-online.de](http://www.rct-online.de)



### Mikro-Schlauchverbinder und Verschraubungen

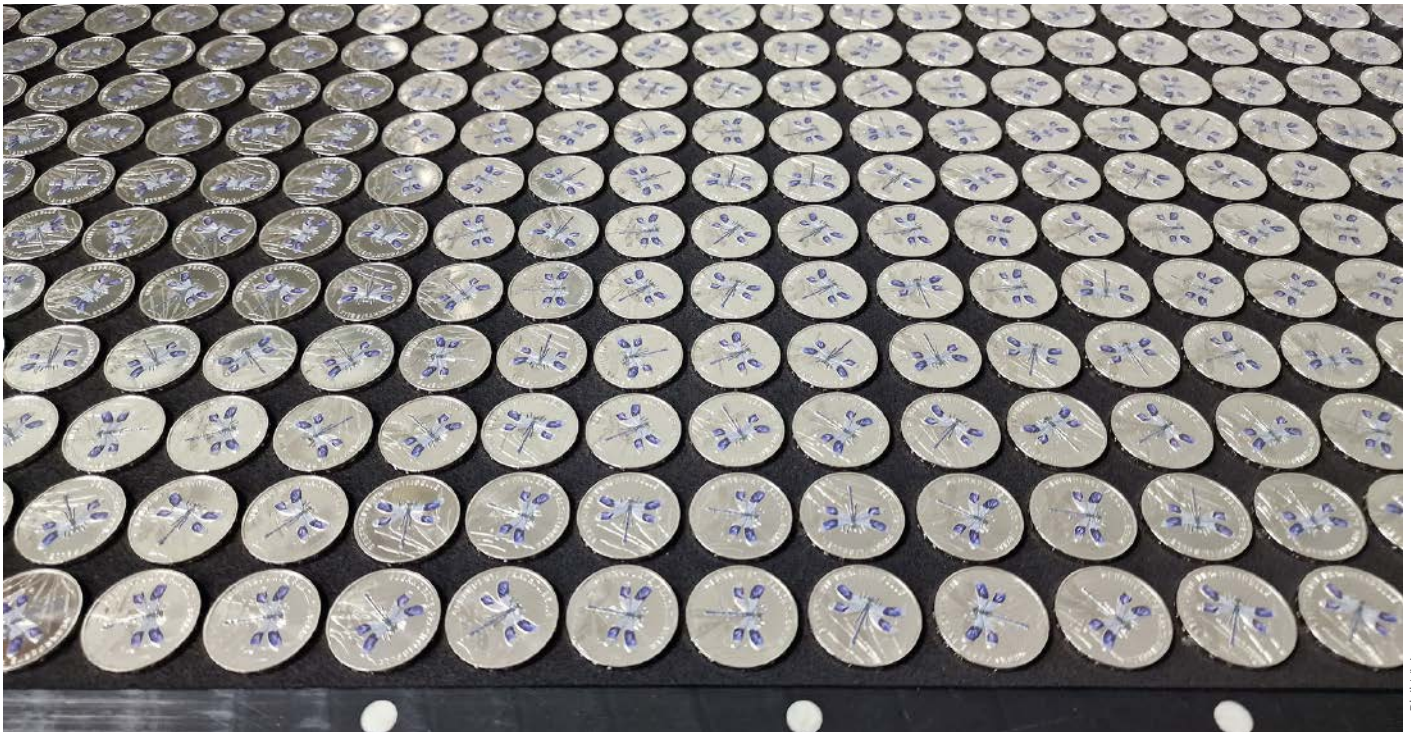
- Viele Ausführungen und Verbindungsmöglichkeiten  
Luer-Lock-Adapter, Schlauchtüllen, Schlauchverschraubungen, Tri-Clamp-Verbinder, Kapillar-Verbinder, Steckverbinder
- Gefertigt aus hochwertigen Werkstoffen  
Fluorkunststoffe, Edelstähle, Polyolefine, Polyamide u.v.m.
- Chemikalienresistent, temperaturbeständig und sterilisierbar  
Mit Zulassungen nach FDA und USP Class VI



**Reichelt  
Chemietechnik  
GmbH + Co.**

Englerstraße 18  
D-69126 Heidelberg  
Tel. 0 62 21 31 25-0  
Fax 0 62 21 31 25-10  
[rct@rct-online.de](mailto:rct@rct-online.de)





Bedruckte Münzen in willkürlicher Orientierung auf einem Tray

alle Bilder: Phil-Vision

# Perfekter Münzdruck durch Bildverarbeitung

Vollautomatische Lageerkennung mittels vier Kameras

Beim Bedrucken von Münzen verging bisher viel Zeit für das exakte Positionieren der Münzen. Ein Bildverarbeitungssystem erkennt nun lageunabhängig die zu colorierenden Motivdetails eines Münzreliefs und sendet diese Daten an einen Digitaldrucker, der die Münzen dann entsprechend bedruckt. Dadurch verdoppelte sich der Durchsatz beim Bedrucken nahezu.

Die Hamburgische Münze, eine der ältesten Münzprägstätten Deutschlands, setzt bereits seit Anfang der 2000er Jahre Bildverarbeitung ein, um verschiedene Produktionsschritte zu automatisieren, zum Beispiel das Ausrichten von Münzen bei der Verpackung und die Qualitätskontrolle. Im Rahmen eines anderen Projektes wurde Phil-Vision mit der Problematik konfrontiert, dass beim Bedrucken von Münzen bisher viel Zeit für die exakte Positionierung der Münzen benötigt wird. In enger Zusammenarbeit mit dem Anwender wurde in den letzten zehn Monaten ein Bildverarbeitungssystem entwickelt, mit dem dieser Prozess nun automatisiert abläuft. Seit Mai 2023 ist es im täglichen Einsatz.

## Hochwertiger und präziser Druck

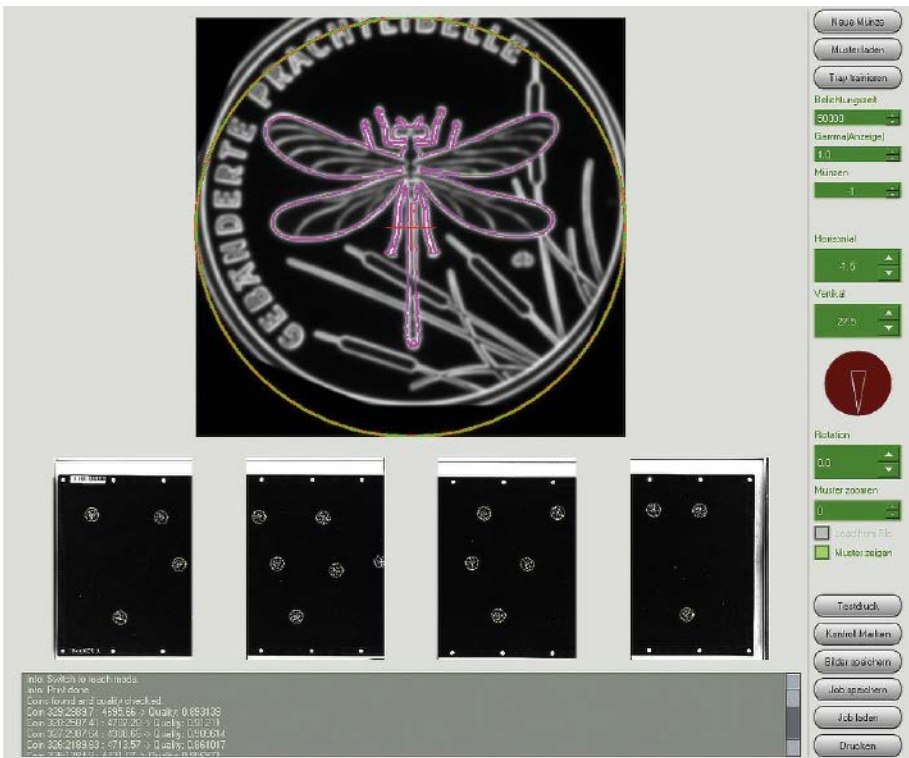
Das System erkennt zu colorierende Motivdetails eines Münzreliefs und sendet diese Daten an Digitaldrucker, die diese Details dann entsprechend bedrucken. Dies führt zu einer effizienteren Produktion, einer

erheblichen Zeitersparnis und bis zu einer Verdoppelung des Durchsatzes, da bis zu 250 Münzen gleichzeitig auf einem Tablett platziert werden können, ohne dass eine aufwendige manuelle Ausrichtung erforderlich ist.

Ziel des Systems ist es, die Druckgenauigkeit sicherzustellen, wobei die zulässige Abweichung beim Druck 50 µm nicht überschreiten durfte. Erfolgt der Druck nicht deckungsgleich mit dem geprägten Relief der Münze, entsteht Ausschuss, den es zu vermeiden gilt.



Die PV-Photobox (hinten in der Mitte) mit mehreren Druckern bei der Münze Hamburg



Die Bedienoberfläche der PV-Photobox. Die Software ermöglicht in dieser Anwendung das gleichzeitige Bedrucken von bis zu 250 Münzen.

### Systemarchitektur und Funktionsweise

Das Gesamtsystem besteht aus mehreren integrierten Komponenten:

- Münzprägeeinheit: Hier werden die Münzen mit den Prägemotiven versehen (nicht Teil der Phil-Vision-Lösung)
- Bildverarbeitungssystem: Die Münzen werden händisch auf ein Tablar aufgelegt, zunächst erfassen dann vier hochauflösende Kameras die Position und Drehlage, um anschließend aus den Messdaten (Position und Rotation) die colorierbaren Motividetails auf dem Münzrelief zu bestimmen und die für den Druck relevanten Informationen zu extrahieren.
- Bildverarbeitungsalgorithmus: Ein Algorithmus analysiert die erfassten Bild-daten, um die genauen Positionen und Ausdehnungen der zu bedruckenden Motividetails zu identifizieren. Dieser Algorithmus ermöglicht ein präzises Erkennen auch bei variierender Ausrichtung der Münzen auf dem Tablett.
- Kommunikationseinheit: Aus den ermittelten Druckinformationen wird eine individu-

elle Druckvorlage aufgebaut und in Echtzeit an den Drucker übertragen, um die erforderliche Genauigkeit zu gewährleisten.

- Digitaldrucker: Die ausgewählten Motividetails werden präzise auf das Münzrelief gedruckt. Der Druckprozess ist dabei auf Genauigkeit und Farbtreue ausgelegt. In dieser Anwendung kommt ein Drucker von Roland zum Einsatz, Software-Anpassungen für andere Fabrikate sind möglich.
- Verpackungseinheit: Nach dem Druckprozess werden die Münzen automatisch verpackt und für die Auslieferung vorbereitet.

Das eingesetzte Bildverarbeitungssystem für die Münzbedruckung, PV-Photobox, steigert die Effizienz und ermöglicht das gleichzeitige Bedrucken von bis zu 250 Münzen, die genutzte Technologie gewährleistet ein präzises Erkennen der zu bedruckenden Motividetails und stellt einen deckungsgleichen Druck mit einer Genauigkeit von 50 µm sicher, wodurch der Ausschuss sinkt. Das System kann verschiedene Münzmotive verarbeiten und lässt sich leicht an neue Designs anpassen.

### Intensive Zusammenarbeit als Schlüssel zum Erfolg

Damit das System reibungslos funktioniert, waren umfangreiche Vorarbeiten und Abstimmungen notwendig. Der Erfolg: Der Durchsatz beim Bedrucken der Münzen hat sich durch den Einsatz des Systems nahezu verdoppelt. Die geforderte Genauigkeit einer Druckbildabweichung von nur 50 µm ist sichergestellt.

Die hohe Akzeptanz der PV-Photobox bei den Anwendern führt Phil-Vision vor allem darauf zurück, dass das Bedienpersonal von Anfang an mit in die Entwicklung einbezogen wurde. Angefangen mit der Formulierung der Anforderungen bis hin zu Details der Bedienung und Handhabung betreffend, wurden alle Details nicht nur mit dem Management, sondern auch mit den Anwendern intensiv diskutiert.

Peter Steinbrück, verantwortlicher Projektleiter bei Phil-Vision, zu den Herausforderungen des Projekts: „Da ich bereits in verschiedenen Projekten mit der Hamburgischen Münze zusammengearbeitet habe, waren mir mögliche Probleme und Fehlerquellen bereits bekannt. Die angestrebte Druckgenauigkeit von 50 µm wollten wir auf jeden Fall erreichen. Für unseren Kunden bezog sich dieses Ziel natürlich auf das fertige Produkt und nicht auf unsere Messergebnisse.“

Leider können die eingesetzten Drucker diese Toleranz für ein absolutes Maß bei weitem nicht einhalten. Die Drucker arbeiten zwar im Absolutmaß zu ungenau, aber mit sehr reproduzierbaren Ergebnissen. Eine Tatsache, die sich Phil-Vision zunutze gemacht hat, um eine akzeptable Lösung zu finden, indem die Druckertoleranzen in die Kalibrierung einbezogen wurden.

In diesem Projekt kam zwar nur ein Drucker zum Einsatz. An das System lassen sich allerdings beliebig viele Drucker anschließen – sinnvoll sind maximal acht. Die Grenzen sind hier nur durch den Zeitaufwand für die manuelle Bestückung der Tablare gesetzt. Die benötigte Auswertzeit liegt bei 2 Sekunden pro Münze, das heißt, für ein volles Tablar mit 250 Münzen werden circa 5 Minuten benötigt. ■

#### AUTORIN

**Astrid Sommerkamp**  
Marketingleiterin bei Phil-Vision

#### KONTAKT

phil-vision GmbH, Puchheim  
Tel.: +49 89 125094350  
E-Mail: info@phil-vision.com

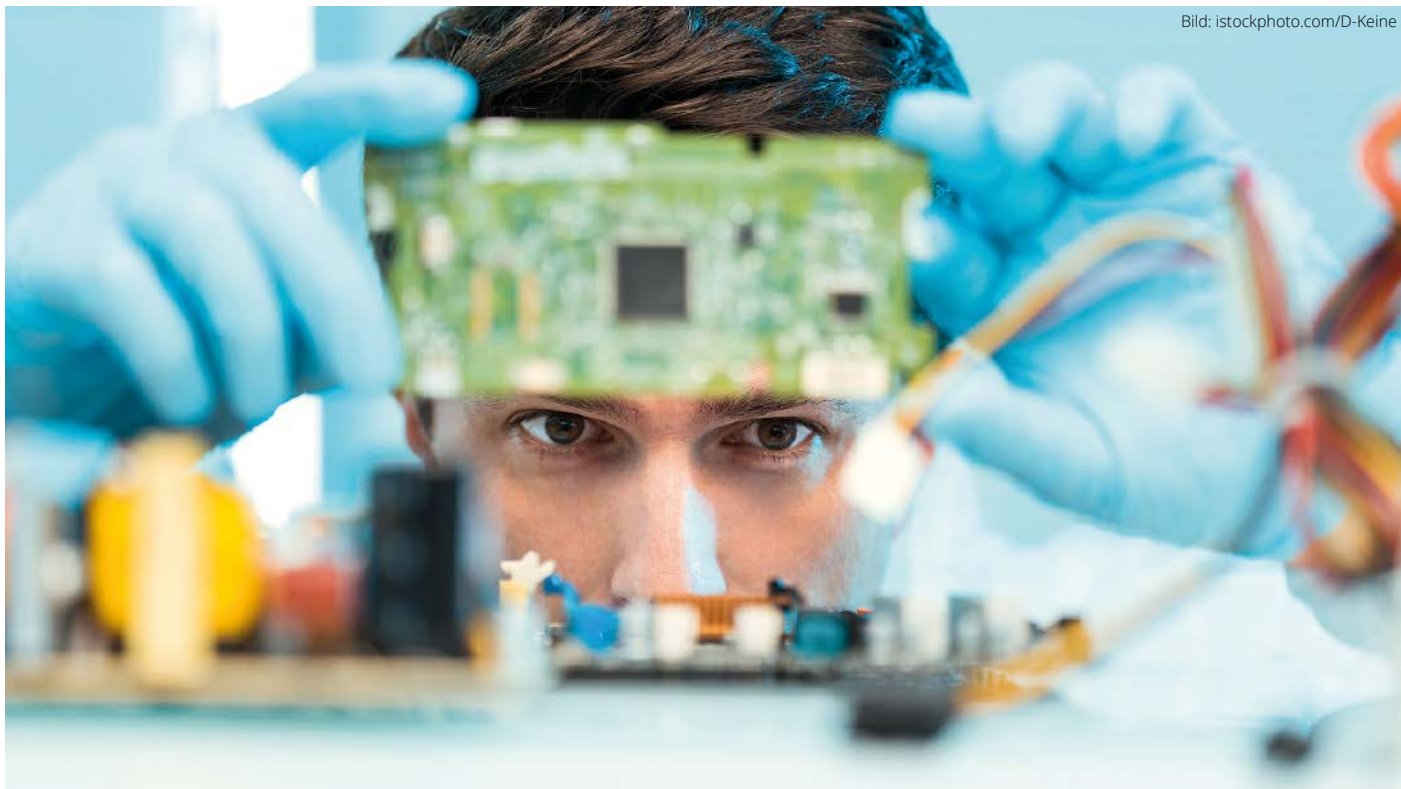
Made in Germany

## LED-Beleuchtungen...

[www.beleuchtung.vision](http://www.beleuchtung.vision)

IMAGING • LIGHT • TECHNOLOGY

# BÜCHNER



Für viele Entwickler ist das Thema KI Neuland. Der Know-how-Erwerb sollte deshalb möglichst ungestört erfolgen, also ein Architekturwechsel und/oder der komplette Wechsel der Entwicklungs-Tool-Kette vermieden werden.

# Welche KI-Lösung passt zu mir?

Konzepte für applikationsspezifische Embedded-Systeme

Das Thema Künstliche Intelligenz (KI) hat ein hohes Interesse in der Öffentlichkeit gefunden, mit zumeist Server- oder Cloud-gestützten Lösungen. Für den Embedded-Bereich gibt es allerdings einige andere Konzepte, die besser zu den sehr vielfältigen Applikationen passen – und meist deutlich weniger Ressourcen verbrauchen. Ein Überblick

Programme wie ChatGPT haben viel Aufmerksamkeit für das Thema KI generiert und zahlreiche Diskussion angestoßen. Dabei wird allerdings oftmals der enorme Aufwand dahinter übersehen, der in das Training der Modelle fließt, welche Server-Farmen dazu notwendig waren und welchen Energieeinsatz der laufende Betrieb verlangt. Genaue Zahlen liegen leider nicht vor, aber Schätzungen gehen davon aus, dass mehr als 1.000 MWh für das Training von ChatGPT benötigt wurden und für den täglichen Betrieb über 260 MWh. Für Embedded-Anwendungen unvorstellbare Zahlen – es müssen also andere, deutlich Ressourcen-schonendere Ansätze verfolgt werden.

Dies haben viele Halbleiterhersteller erkannt und bieten diverse Lösungen für KI-Anwendungen an, die nur eine geringe Leistungsaufnahme im einstelligen Watt-Bereich haben. Am häufigsten sind die Kombinationen aus:

- CPU mit integrierter General Purpose Computation on Graphics Processing Unit (GPGPU)
- CPU mit integrierter NPU
- CPU mit externem KI-Beschleuniger

Etwas seltener im Embedded-Bereich sind die Kombinationen:

- CPU mit FPGA
- CPU mit DSP
- Cloudbasiert

## Embedded-System streng an Leistungsbedarf ausrichten

Auch wenn die meisten Halbleiterhersteller von ihrem jeweiligen Ansatz überzeugt sind, so ist es im Embedded-Bereich zentral, stets die applikationsspezifischen Rahmenbedingungen im Auge zu behalten. Braucht die Embedded-Anwendung keine aufwendige Grafik, dann sind Prozessoren mit leistungsfähigen Grafikbeschleunigern

(GPGPU) selten eingeplant – häufig ist der Energiebedarf/Kühlaufwand zu hoch.

Hier punkten CPUs mit integrierter NPU (Neural Processing Unit) sowie externe KI-Beschleuniger. Letztere lassen sich über einen größeren Performance-Bereich hinweg skalieren, benötigen allerdings etwas mehr Platz auf der Leiterplatte und haben einen größeren Integrationsaufwand bei der Software. Im Prozessor integrierte NPUs sind hier anspruchsloser, allerdings gibt es bei den entsprechenden CPUs bislang nur die Wahl zwischen „Mit“ und „Ohne“, was die KI-Skalierungsmöglichkeit doch etwas einschränkt.

Die Kombination von CPU mit FPGA benötigt nicht nur mehr Platz, die Programmierung des FPGA verlangt ein sehr spezifisches Know-how, über das nur die wenigsten Software-Programmierer verfügen. Die erzielbare Performance kann den deutlich gestiegenen Entwicklungsaufwand jedoch durchaus rechtfertigen. Allerdings



ist die Prototypenentwicklung schwieriger als beim Einsatz von Bausteinen von der Stange, die meistens mit vorgefertigten Software-Beispielen zur Auslieferung kommen.

Auch die Programmierung von integrierenden DSPs benötigt zusätzliches Know-how, das allerdings nicht so selten bei den Entwicklern ist, beziehungsweise von Entwicklungswerkzeugen wie Matlab seit Jahren abgedeckt werden. Die Leistungsfähigkeit der integrierten DSPs empfehlen sich meist für Audioverarbeitung im Bereich Predictive Maintenance und Sprachsteuerung.

Cloud-basierte KI-Lösungen lassen sich mit erstaunlich schwachen Prozessoren realisieren, setzen aber eine entsprechend leistungsfähige Datenverbindung voraus – Stand-alone-Lösungen sind also außen vor.

### Vorhandenes System entscheidet über Erweiterungsmöglichkeiten

Welcher von den jeweiligen Hardware-Ansätzen der richtige für die Applikation ist, hängt auch von den jeweiligen Startvoraussetzungen ab. Soll beispielsweise eine bestehende Applikation mit KI-Funktionen erweitert werden, gibt es durch den bislang eingesetzten Prozessor eine eindeutige Präferenz: So bieten sich CPU-Varianten mit KI-Beschleunigung klar für ein Upgrade an – egal ob per NPU oder GPGPU.

Hat allerdings die Prozessor-Roadmap keine Alternative mit KI-Beschleunigung, dann steigt der Hard- und Software-Aufwand deutlich an. Entweder muss die bestehende Hardware mit einem eigenen Beschleuniger aufgerüstet, per Steckkarte/-modul oder per Re-Design des Boards, oder eine Cloud-Lösung in Betracht gezogen werden. Ein vollständiger Architekturwechsel, mit einem möglichen Wechsel der Entwicklungswerkzeugkette, ist für ein Upgrade-Projekt ein enormer Aufwand, der schon bei Neuprojekten nicht so einfach darstellbar ist.

Kann ein Anwender das

Projekt frei von Altlasten starten, hat er die volle Qual der Wahl. Hier kommt es dann auf die jeweilige KI-Erfahrung der Entwickler an, um den Performance-Bedarf abschätzen zu können. Im Zweifelsfall ist ein Modulansatz der beste Weg, um sich an die richtige Leistungsklasse heranzutasten.

### Verfügbarkeit: neueste Technik oder verlässliche Update-Zyklen

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Gesichtspunkt ist die langfristige Verfügbarkeit. Zum einen ist viel Dynamik im Markt, was die technische Umsetzung der KI-Beschleuniger angeht, also ein rascher Produktwechsel durch einige Anbieter erfolgt. Zum anderen sind in diesem Umfeld viele Start-ups aktiv, deren langfristigen Geschäftsfähigkeit noch unbewiesen ist.

Auf der Software-Seite bietet sich der Einsatz einer KI-spezifischen Abstraktionsebene wie oneAPI oder SYCL an, die für den Einsatz in verschiedenen Rechenbeschleunigerarchitekturen, einschließlich GPGPUs, KI-Beschleunigern und FPGAs, vorgesehen ist. Dies ermöglicht die Software-Entwicklung vorzuziehen und die Hardware-Entscheidung nach hinten zu verschieben. Allerdings muss man mit möglichen Einschränkungen bei den Programmiersprachen und einem höheren Ressourcenbedarf rechnen.

### KI oft noch Neuland, ein Architekturwechsel eine zusätzliche Belastung

Für viele Entwickler ist das Thema KI eindeutig Neuland und sie sind noch am Anfang der Lernkurve. Der Know-how-Erwerb sollte deshalb möglichst ungestört erfolgen, also ein extremer Architekturwechsel und/oder der komplette Wechsel der Entwicklungstool-Kette vermieden werden. Mit Modulteknik von einem Anbieter mit breiter Produktpalette hält man sich möglichst viele Optionen offen – sowohl bei der Konzeption eines Projekts als auch

bei der Anpassung an die neu gewonnenen Erkenntnisse.

Ein Beispiel für die Wahlfreiheit durch einen unabhängigen Hardware-Anbieter liefert TQ für Embedded-Lösungen im Bereich Künstliche Intelligenz & Machine Learning anhand der Computer-on-Modules TQMxE40M und TQMa8MPxL: Das COM-Express-Mini-Modul TQMxE40M nutzt die Intel-Atom-Prozessoren mit integrierter KI-Unterstützung. Auf der Software-Seite kommen hinzu das Intel Openvino-Toolkit unter Windows 10 und Linux für die schnelle Entwicklung von Hochleistungs-Computer-Vision, das Intel Deep Learning Development Toolkit und ein optimierter Open-CV-Support (Open Computer Vision). Außerdem unterstützen vortrainierte Modelle und Code-Beispiele die Entwicklung. Dadurch stehen Anwendungsfelder wie Gesichtserkennung, Gestenerkennung, mobile Roboter und optisches Tracking zur Verfügung.

### Embedded-KI-System mit ARM-CPUs

Auch bei den ARM-basierten CPUs gewinnt das Thema künstliche Intelligenz und Machine Learning an Bedeutung. Das Embedded-Modul TQMa8MPxL mit dem i.MX 8M Plus von NXP unterstützt mit vielen Features, einer integrierten NPU mit bis zu 2,3 TOPS und einer IPU (Image Processor Unit) mit 2 x 187 MPix bei der Umsetzung von Applikationen, bei denen künstliche Intelligenz, Machine Learning/Vision zum Einsatz kommen soll. Für grafisch anspruchsvolle Anwendungen stehen eine GPU und mehrere Grafikschnittstellen bereit.

Diese Vielseitigkeit lässt schon kaum Wünsche offen, um zukunftsorientierte Projekte zu realisieren. Als Anbieter von Embedded-Modulen mit Prozessoren von Intel, NXP, Renesas und Texas Instruments hat TQ Zugriff auf die Roadmaps der Halbleiterhersteller und kann so die eigene Produktpalette an KI-fähigen Baugruppen praxisgerecht erweitern. ■

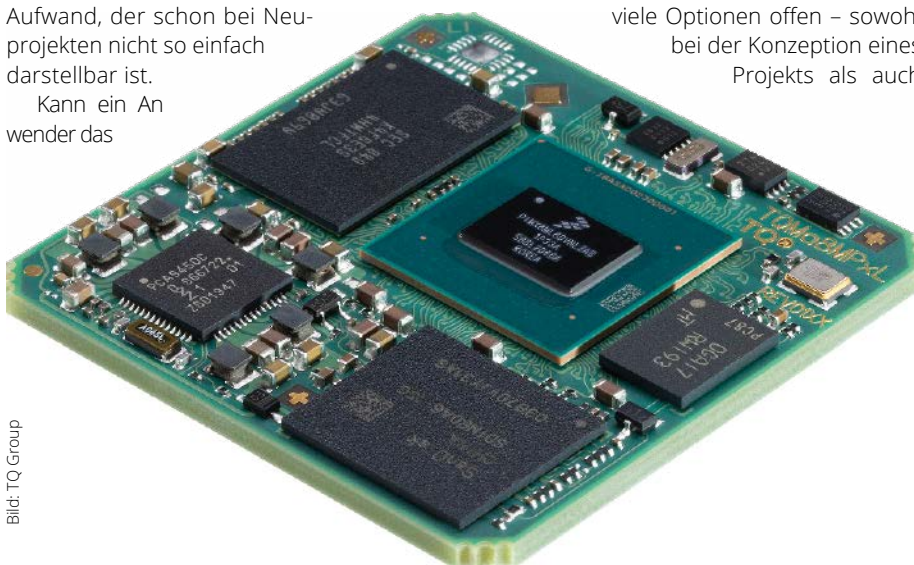


Bild: TQ Group

Das ARM-basierte Embedded-Modul TQMa8MPxL mit dem i.MX 8M Plus von NXP unterstützt mit einer integrierten NPU mit bis zu 2,3 TOPS und einer IPU (Image Processor Unit) mit 2 x 187 MPix bei der Umsetzung von Applikationen, bei denen künstliche Intelligenz, Machine Learning/Vision zum Einsatz kommen soll.

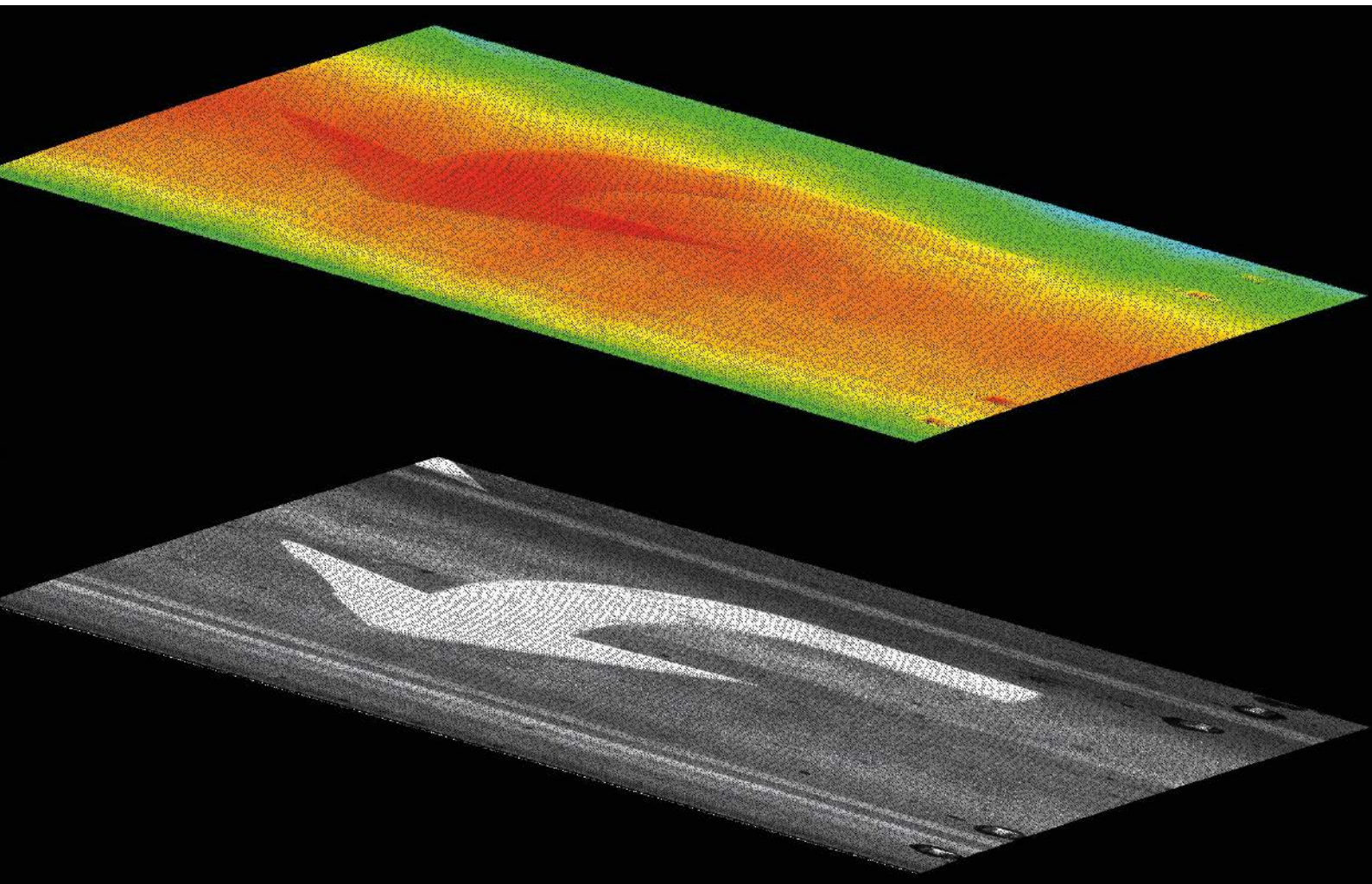
### AUTOR

Manne Kreuzer

Technik Support/Produktmarketing  
TQ-Embedded

### KONTAKT

TQ Group, Seefeld  
Tel.: +49 8153 9308 0  
E-Mail: info@tq-group.com  
www.tq-group.com



Eine 3D-Kamera scannt den Straßenbelag und ermöglicht das Erstellen von sehr genauen Karten der Fahrbahnoberfläche bei hoher Geschwindigkeit.

## 3D-Sensor sorgt für ebene Straßen

Fahrbahnvermessungssystem für hohe Fahrgeschwindigkeiten

**Straßen weltweit benötigen regelmäßige Inspektion und Wartung. Um diese verlässlich prüfen zu können, hat ein amerikanisches Unternehmen zusammen mit einem norddeutschen Technologieunternehmen eine Applikation zur Prüfung von Straßenbelag entwickelt. Und zwar mithilfe von 3D-Kameras, von denen nur jeweils eine benötigt wird, um die gesamte Straßenbreite abzuscannen.**

Straßen und Straßenbeläge bedürfen ebenso wie die Autos, die darauf fahren, einer ständigen Wartung und Reparatur. Und genau dafür benötigen Verkehrsbehörden sowie Straßenbaubehörden einen Instandhaltungsplan für eine umfassende Bewertung des Zustands. Schließlich hat Sicherheit im Straßenverkehr oberste Priorität, sodass eine stetige die Kontrolle des Straßennetzes gewährleistet sein muss. Für genau so eine Instandhaltung wird heutzutage 3D-Sensorik eingesetzt, die die Straßenoberfläche großflächig erfasst und prüft. Anhand dieser 3D-Daten lassen sich

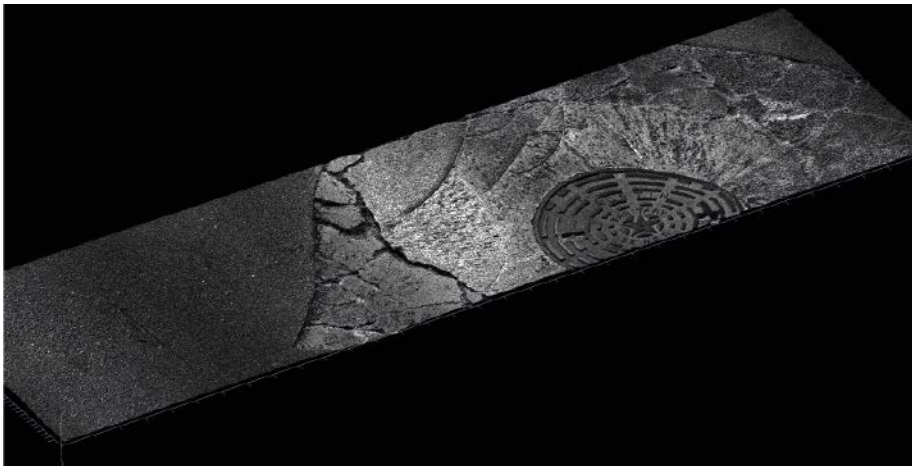
Straßenschäden wie Risse, Spurrillen und Schlaglöcher verlässlich quantifizieren, was wiederum eine Kartierung von Gebieten mit guten und schlechten Straßen ermöglicht.

Einer der Anbieter für die Bewertung von Straßenbelägen mit 3D-Sensoren ist das amerikanische Unternehmen Hymit aus Texas, das gemeinsam mit dem deutschen Technologieunternehmen AT – Automation Technology aus Bad Oldesloe eine Applikation zur Prüfung eben solcher Oberflächen entwickelt hat. Das Ziel für die Applikation: einen 3D-Sensor zu finden, der über ein besonders breites Field of View verfügt und

zugleich verlässliche, präzise Scans durchführt. Die Herausforderungen dabei: die Unterschiede in der Menge des Tageslichts, die Breite der Fahrbahn sowie die Art des Fahrbahnbelages.

### **Eine 3D-Kamera erfasst die gesamte Straßenbreite**

„Die meisten Fahrbahnvermessungssysteme bestehen aufgrund der Breite der Fahrbahn aus zwei Sensoren, die jeweils etwa 2 Meter auf jeder Seite abdecken. Das Problem hier ist jedoch, dass durch diese Komplexität, zwei Sensoren nebeneinander installieren



alle Bilder: Automation Technology

Die 3D-Kamera und ein Laser sorgen dafür, dass die Kamera auf jeder Art von Fahrbahnoberfläche (hell oder dunkel) funktioniert. Das wichtigste Merkmal ist dabei die Belichtungszeit, die bis auf wenige Mikrosekunden eingestellt werden kann, wodurch das Problem der Bewegungsunschärfe weitgehend beseitigt wird.

zu müssen, eine Lücke in der Überprüfung der Fahrbahn entsteht. Das bedeutet, dass dadurch kein durchgängiger 3D-Scan der Fläche möglich war“, erklärt Hymit-Manager Robin Huang die anfängliche Komplikation bei der Suche nach dem richtigen Sensor. Seine Lösung: eine 3D-Kamera von AT – Automation Technology.



Die Abtastrate der C6-Modelle von 4.096 Profilpunkten pro Sekunde, trägt dazu bei, dass auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten nahtlose 3D-Bilder mit minimalen Lücken entstehen.

„Mithilfe der 3D-Kameras der C6-Serie von AT waren wir in der Lage, ein Ein-Sensor-Belagserfassungssystem zu entwickeln, das sowohl einen großen Messbereich als auch eine hohe Profilgeschwindigkeit bietet und nebenbei auch noch zu einem erschwinglichen Preis erhältlich ist“, so Huang weiter. Ebenso überzeugten den Manager die in den 3D-Kameras implementierten hochauflösenden 4K-Bildsensoren, durch die Hochgeschwindigkeitsoperationen wie die Kontrolle von Fahrbahnbelag überhaupt erst möglich sind.

„Im Vergleich zu anderen Sensoren sorgen die AT-Kamera und ein Laser dafür, dass die Kamera auf jeder Art von Fahrbahnoberfläche (hell oder dunkel) gut funk-

tioniert. Das wichtigste Merkmal ist dabei die Belichtungszeit, die bis auf wenige Mikrosekunden eingestellt werden kann, wodurch das Problem der Bewegungsunschärfe weitgehend beseitigt wird. Diese ist nämlich ein großes Problem, wenn man die Fahrbahnoberfläche mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten abscannt“, erläutert Gretchen Alper, die seit März 2023 als Business Director den neuen AT-Standort in Boston leitet.

#### Hohe Abtastrate sorgt für lückenlose 3D-Bilder

Die 3D-Kameras werden für diese Applikation übrigens in ein Fahrzeug implementiert, das speziell für die Untersuchung des Fahrbahnbelages konzipiert wurde. Um alle möglichen Unebenheiten verlässlich zu erfassen, verwendet das mit den 3D-Kameras ausgestattete System eine Laserlinie, um detaillierte 3D-Längsprofile der darunter liegenden Straße zu erstellen. Und schließlich ist es vor allem aber auch die Abtastrate der C6-Modelle von 4.096 Profilpunkten pro Sekunde, die dazu beiträgt, dass auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten nahtlose 3D-Bilder mit minimalen Lücken entstehen.

Die Applikation für die Kontrolle von Straßenbelägen wurde 2013 von Hymit und AT entwickelt und wird inzwischen von Endkunden und Integratoren in acht Ländern genutzt. Dazu gehören unter anderem die USA sowie Länder in Südamerika und Asien. ■

#### AUTORINNEN

**Samantha Zizza**

US-Marketing bei Automation Technology

**Nina Claaßen**

Marketingleiterin bei Automation Technology

#### KONTAKT

Automation Technology GmbH, Bad Oldesloe  
Tel.: +49 4531 88011 66

E-Mail: [sales@automationtechnology.de](mailto:sales@automationtechnology.de)  
[www.automationtechnology.de](http://www.automationtechnology.de)

# OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



## KOMPAKT

NEU TECHSPEC®

### 120i unendlich korrigierte Objektive

Verringerung von Gesamtgewicht und Größe eines Bildverarbeitungssystems bei gleicher optischer Leistung:

- Bis zu 42% geringere Systemlänge verglichen mit konventionellen Mikroskopsystemen
- Einfache Integration in viele Bildverarbeitungssysteme
- Entwickelt für den Einsatz mit Bildverarbeitungssensoren der nächsten Generation

Erfahren Sie mehr unter:

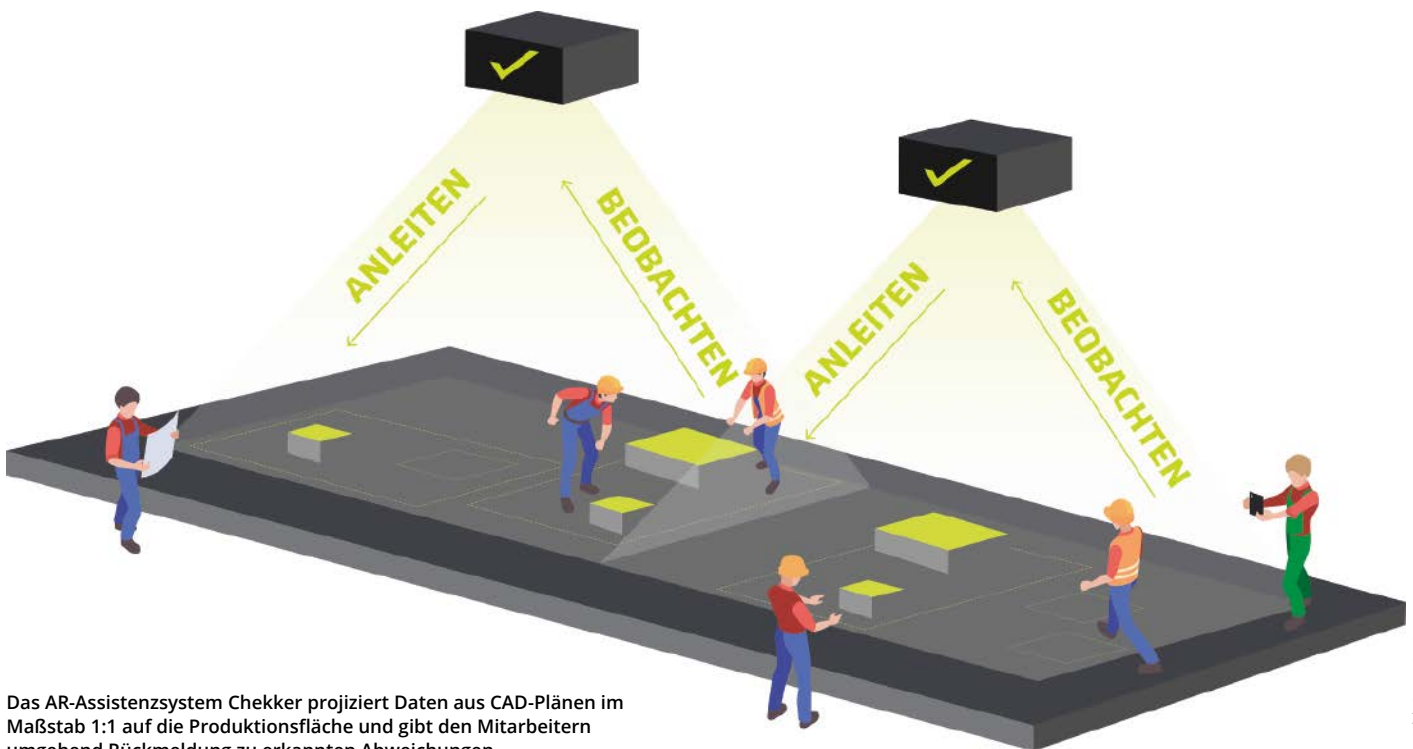
[www.edmundoptics.de/  
imaging](http://www.edmundoptics.de/imaging)



inspect  
award 2023  
nominees

+49 (0) 6131 5700 0  
[sales@edmundoptics.de](mailto:sales@edmundoptics.de)

**EO** Edmund  
optics | worldwide



Das AR-Assistenzsystem Chekker projiziert Daten aus CAD-Plänen im Maßstab 1:1 auf die Produktionsfläche und gibt den Mitarbeitern umgehend Rückmeldung zu erkannten Abweichungen.

Bild: Beamionic

# Digitale Unterstützung für die Herstellung von Betonfertigteilen

Augmented Reality in der Baubranche

Die Betonfertigteilbranche zählt sicher nicht zu den naheliegendsten Einsatzfeldern, die man mit der Bildverarbeitung in Verbindung bringt. Dennoch gibt es auch dort interessante Lösungen auf Basis der Machine-Vision-Technologie, wie ein Assistenzsystem mit Augmented Reality beweist, das die Werker bei der Produktion von Betonfertigteilen unterstützt.

Wie in den meisten Branchen herrscht auch bei der Herstellung von Betonfertigteilen für Gebäude großer Fachkräftemangel sowie ein erheblicher Qualitäts- und Kostendruck. Zudem steigt die Komplexität von Betonfertigteilen, was die Unternehmen in diesem Umfeld vor anspruchsvolle Herausforderungen stellt. Digitale Hilfsmittel oder Lösungsansätze können hier Abhilfe schaffen, müssen aber besondere Voraussetzungen erfüllen: Verfügbare Plandaten aus CAD-Systemen müssen für die Mitarbeiter in Fertigteilwerken einfach und leicht verständlich interpretierbar sein. In den manuellen und oft papierbasierten Arbeitsprozessen der Branche liegt der Digitalisierungsgrad traditionell jedoch noch auf einem relativ niedrigen Niveau.

Das österreichische Unternehmen Beamionic möchte diese Situation mit dem AR-Assistenten Chekker ändern. „Erstmals erhalten Werker damit eine digitale Lösung zur Unterstützung bei handwerklichen, kom-

plexen Tätigkeiten in einem Betonfertigteilwerk“, erläutert Hubert Fritschi, einer der Geschäftsführer des Grazer Unternehmens. „Das System besteht aus Hardware-Komponenten wie einem Hochleistungsprojektor, Industriekameras, diverser Sensorik und einem Industrie-PC. In Symbiose mit dieser Hardware sorgt eine spezielle Software dafür, dass alle erforderlichen Funktionalitäten ausgeführt werden.“

## Sichere Ausführung durch 1:1-Projektion

Eine der Hauptfunktionen des Systems besteht darin, Daten aus den CAD-Plänen wie beispielsweise Angaben zur Bewehrung im Maßstab 1:1 auf die Produktionsfläche zu projizieren. Dabei werden die Planinhalte so zur Verfügung gestellt, dass die Werker nur diejenigen Informationen erhalten, die für die entsprechenden Arbeitsschritte gerade benötigt werden. „Diese Vorgehensweise ermöglicht es den Mitarbeitern, planbasierte

Tätigkeiten auf einfache und sichere Weise Schritt für Schritt auszuführen“, so Fritschi.

Ob die durchgeführten Arbeitsschritte zur Herstellung der Betonfertigteile richtig und plangemäß erfolgt sind, überprüft das System mittels zweier Industriekameras, die in den Systemen integriert sind. Sie nehmen fortlaufend Bilder der Produktionsfläche auf, die anschließend eine Bildverarbeitungs-Software auswertet. Erkennt das System dabei Abweichungen von den vorgegebenen Plänen, werden die Mitarbeiter umgehend über ein visuelles Signal darauf hingewiesen und können den fehlerhaften Arbeitsschritt korrigieren. Erst wenn die entsprechenden Korrekturen gemäß den Plänen umgesetzt sind, erfolgt die Freigabe für den nächsten Produktionsschritt. Klarer Vorteil dieser Vorgehensweise: Sämtliche Abweichungen werden den Werkern direkt rückgemeldet und können sofort in Ordnung gebracht werden. Das verhindert fehlerhafte Betonfertigteile.



Bild: Basler

Die Industriekameras Ace2 von Basler sorgen für die Datenbasis zur Qualitätskontrolle der einzelnen Prozessschritte.

### Zwei Kameras mit 16 Megapixeln

Als Partner für die im Chekker eingesetzten Bildverarbeitungs-komponenten entschied sich Beamionic für Rauscher aus Olching. Kernkomponenten der Beamionic-Entwicklung sind zwei Ace2-Farbkameras von Basler, die mit ihren Sony-Sensoren der aktuellen Pregius-S-Generation mit 16 Megapixeln Auflösung und darauf abgestimmten Objektiven von Basler für die Aufnahme hochwertiger Bilder sorgen. Für die Bildakquise kommt mit der Software Pylon zudem ein weiteres Basler-Produkt zum Einsatz. „Für diese Anwendung waren Kameras mit mehr als 12 Megapixel Auflösung erforderlich“, erinnert sich Rauscher-Sales-Manager Andreas Huber. „Wir hatten zunächst diverse andere Kameras getestet, uns dann aber aufgrund des neueren Sensors und der höheren Auflösung für diese Modelle entschieden, die in Kombination mit den geeigneten Objektiven die

gewünschten Ergebnisse lieferten. Aus Kundensicht war außerdem das sehr attraktive Preis-Leistungsverhältnis dieser Komponenten auswahl ein entscheidendes Kriterium.“

### Spätere Integration von KI möglich

Die reine Qualitätskontrolle der ausgeführten Arbeiten ist nicht der einzige positive Aspekt der Chekker-Systeme, betont Dr. Bernhard Reitinger, technischer Geschäftsführer von Beamionic: „Der Einsatz dieses Produkts ermöglicht darüber hinaus das automatisierte Erfassen von Zeitdaten während der Produktionsprozesse. Das ermöglicht es – gegebenenfalls mit künstlicher Intelligenz –, eine fundierte Datengrundlage für zukünftige Prozessoptimierungen zu schaffen. Darüber hinaus stellen Funktionalitäten wie eine polychrome Flächenprojektion und die Möglichkeit der realitätsgetreuen Abbildung von Einbauteilen sicher, bei den durchzuführenden Tätigkeiten die bestmögliche Sicherheit zu gewährleisten.“

Noch einen Schritt weiter geht das Unternehmen mit dem Einsatz von Augmented Reality: Diese Technologie

erlaubt eine optionale 3D-Visualisierung zukünftiger Bauteile auf einem Tablet oder mobilen Endgerät. Hologramme der Bauteile werden dabei als 3D-Modelle direkt mit der Realität überlagert. „So können die zusammengeführten Betonfertigteile räumlich dargestellt und von allen Seiten betrachtet werden“, erläutert Reitinger. „Das hilft Mitarbeitern und Kunden dabei, das räumliche Verständnis zu verbessern und eine präzise Vorstellung vom Endprodukt zu erhalten.“ Das bis dato erforderliche, mühevoll und fehleranfällige Übertragen der benötigten Informationen von Papierplänen auf den Werkstisch entfällt somit und vereinfacht das Verständnis der ansonsten komplexen Pläne erheblich. Auch das Erstellen und Freigeben verifizierter Alternativvorschläge, zum Beispiel für Einbauprodukte oder -teile innerhalb einer Produktfamilie, wird auf diesem Weg erheblich intuitiver.

### Digitale Zwillinge erhöhen die Effizienz in der Produktion

Aufgrund seiner Funktionen und der integrierten Bildverarbeitung ermöglicht das System eine zuverlässige und wirtschaftliche Qualitätsprüfung von Betonfertigteilen. Da diese Produkte als digitaler Zwilling vorliegen, können sie im Rahmen des gesamten Building-Information-Modeling-Lebenszyklus (BIM) zudem sehr einfach dem Datenmodell von Gesamtgebäuden hinzugefügt werden. „Das sogenannte Building Information Modeling oder auf Deutsch die Gebäudedatenmodellierung ist ein Planungs- und Steuerungskonzept, durch das der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden mit virtuellen, digitalen Gebäudeinformationen abgewickelt werden kann“, erklärt Fritsch. „Die damit einhergehenden Möglichkeiten machen manuelle Arbeitsplätze in einem Betonfertigteilwerk effizienter und die zunehmende Komplexität mit vorhandenem Personal beherrschbar. Unser Chekker ist in diesem Zusammenhang eine optimale Ergänzung, um eine Antwort auf den Fachkräftemangel zu finden und zugleich die Digitalisierung der Branche zu fördern. Die Bildverarbeitungstechnologie unseres Partners Rauscher hat dabei wesentlichen Anteil daran, die Qualitätskontrolle der Betonfertigteile automatisch, schnell und zuverlässig durchzuführen und der Branche so zu mehr Effizienz zu verhelfen. Papierpläne an den Arbeitsplätzen gehören damit der Vergangenheit an.“ ■

### AUTOR

**Peter Stiefenhöfer**

Inhaber von PS Marcom Services

### KONTAKT

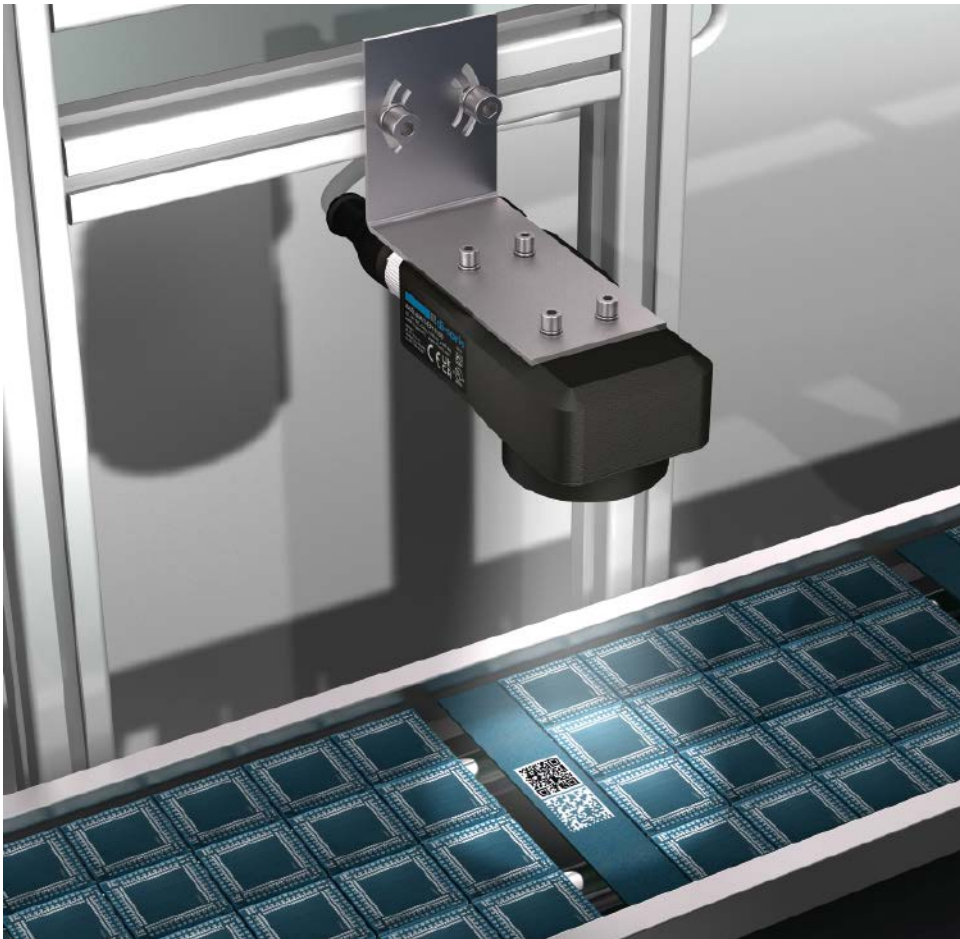
Rauscher GmbH Bildverarbeitung, Olching  
Tel.: +49 8142 44841 0  
E-Mail: info@rauscher.de  
www.rauscher.de

Beamionic GmbH, Graz, Österreich  
Tel.: +43 316 232 212  
E-Mail: office@beamionic.com  
www.beamionic.com



Bild: Beamionic

Chekker von Beamionic ist ein digitales System zur einfacheren und effektiveren Produktion von Betonfertigteilen.



Alle Bilder: Di-Soric

Der ID-Reader ID-600 von Di-Soric eignet sich für die Qualitätsprüfung und das Erfassen von Datamatrix- und QR-Codes in der Zuführung.

# Liest jeden Code auch ohne Schulung

Interview mit Martin Czommer, Produktmanager Bildverarbeitung & Identifikation

Di-Soric hat kürzlich einen stationären Codereader vorgestellt, der sämtliche Codearten auch unter widrigen Bedingungen liest. Die inspect hat sich mit Martin Czommer, Produktmanager Bildverarbeitung & Identifikation, darüber unterhalten. Thema ist daneben auch die zugehörige Software, die es ermöglicht, die Codereader auch ohne vorherige Schulung zu bedienen.

**inspect:** Im Sommer haben Sie den stationären ID-Reader ID-600 vorgestellt, kürzlich startete der Verkauf. Was ist das Besondere am neuen Code-Leser?

**Martin Czommer:** Unser ID-600 ist ein robuster und kompakter Fixmount ID-Reader, der durch seine Flexibilität besticht und dennoch seine einfache Konfigurierbarkeit behält. Flexibel ist der Codereader durch seine Wechselobjektive: Dank verschiedener Brennweiten kann der ID-600 sowohl unter großen, als auch unter sehr geringen Entfernungen eingesetzt werden. Dabei lässt sich mit den zwei Auflösungen von 0,4 und 1,6 MP in nahezu allen Applikationen das passende Field-of-View erzielen. Zusätzlich kommt der ID-600 mit einer zweifarbigen internen Be-

leuchtung, die Software-seitig umgeschaltet werden kann.

Einfach konfigurierbar ist der ID-600 durch die vom Vision-Sensor CS-60 bekannte Bedien- und Parametrier-Software Nvision-i, mit der nahezu jede und jeder den ID-Reader ohne Schulung in Betrieb nehmen kann.

Mit dem Gerät lassen sich auch schwer lesbare Codes prozesssicher lesen. Die größten Herausforderungen im Bereich Codelesen sind direktmarkierte Codes (DPM), die also gelasert, geätzt oder genadelt wurden. Sind diese Codes zusätzlich beschädigt oder verschmutzt, können wir auch hier eine flexible Lösung präsentieren: Unsere DPM-Upgrade Lizenz, mit der unsere Kunden einen vorhandenen ID-600 bei Bedarf aufrüsten können.

**inspect:** Für welche Codes eignet er sich?

**Czommer:** Für alle gängigen 1D-, 2D- und direktmarkierte Codes (DPM). Wenn tatsächlich doch einmal ein Code standardmäßig nicht gelesen werden kann, können wir diesen jederzeit in unsere Software integrieren.

**inspect:** Was hat der Reader bei schwierigen Bedingungen zu bieten, etwa bei mehreren Codes in einem Bild oder wechselnden Abständen zum Code?

**Czommer:** Mehrere Codes in einem Bild sind für den ID-600 keine Herausforderung. In den Parametereinstellungen lassen sich die Codes sogar sortieren und über die Logikverknüpfung eine eindeutige Ausgabe



Martin Czommer, Produktmanager Bildverarbeitung & Identifikation bei Di-Soric: „Mit dem ID-600 haben wir ein kompaktes Identifikationssystem entwickelt, das in zahlreichen Industrien zum Einsatz kommt. Durch das Lokalisieren, Zählen und Dekodieren von 1D- und 2D-Codes verknüpfen wir den Informationsfluss mit dem Materialfluss.“



gestalten. Dabei können die Codes auch verschiedene Abstände haben, die dank der Schärfentiefe in Verbindung mit unserem Code-Algorithmus sicher gelesen werden.

Ein großer Vorteil ist das extra auf den ID-600 abgestimmte Zubehör: So kann mit unseren Filtern und externen Beleuchtungen das Bild so optimiert werden, dass eine sichere Lesung auch bei schwierigen Bedingungen möglich ist.

**inspect: ...Und hinsichtlich Rückverfolgbarkeit?**

**Czommer:** Im Zuge der Rückverfolgbarkeit lassen sich die dekodierten Daten über die Logikfunktion einfach für die Ausgabe an die Steuerung vorbereiten. Zur Qualitätskontrolle können die erstellten Bilder und auch die dekodierten Daten als Text über FTP/SFTP gespeichert werden. Der laufende Prozess lässt sich live über das Web-HMI verfolgen.

**inspect: Welche Anwendungen hat Di-Soric mit dem ID-600 im Fokus?**

**Czommer:** Mit dem ID-600 haben wir ein kompaktes Identifikationssystem entwickelt, das in zahlreichen Industrien zum Einsatz kommt. Durch das Lokalisieren, Zählen und Dekodieren von 1D- und 2D-Codes verknüpfen wir den Informationsfluss mit dem Materialfluss. Die Flexibilität des ID-600 macht ihn zu einem Allrounder, der für alle Codelese-Anwendungen geeignet ist.

**inspect: Wie sieht es Software-seitig aus? Wie unterstützt sie die Anwender?**

**Czommer:** Unsere Kunden schätzen die durch den CS-60 gewohnte Bedien-Software Nvision-i. Für die Inbetriebnahme muss also keine zweite Software erlernt werden. Die grafische Bedienoberfläche der Software ist übersichtlich und sehr nutzerfreundlich gestaltet, sodass auch Laien schnell zu einer Lösung kommen. Hier erleichtert vor allem die automatische Code-Erkennung die Inbetriebnahme,

wodurch der Anwender keinerlei Einstellungen vornehmen muss. Und wird doch einmal Unterstützung benötigt, haben wir eine kontextsensitive Hilfefunktion, die den Anwender Schritt für Schritt an die Hand nimmt. Außerdem ist die Software in sieben Sprachen nutzbar, sodass ohne Sprachbarriere gearbeitet werden kann.

**inspect: Welche besonderen Funktionen hat sie noch zu bieten?**

**Czommer:** Eine Besonderheit im Bereich Code-Reading ist die Software-seitige Bildkorrektur, die die Bildqualität verbessert und so auf zusätzliches Zubehör wie eine externe Beleuchtung verzichtet werden kann. Außerdem kommuniziert der ID-600 bi-direktional über die gängigen Industrieprotokolle.

Ein großes Plus der Nvision-i-Software ist unser Upgrade-Modell: Beim ID-600 bezahlt der Anwender nur das, was er wirklich benötigt, und falls sich die Anforderungen ändern, kann er eine Upgrade-Lizenz erwerben, anstatt eines neuen Geräts.

Und wenn etwas ganz Spezielles gewünscht ist, können wir auch einer Sonderlösung der Software anbieten. Von Designänderungen über Tool-Anpassungen bis hin zu voreingestellten Jobs ist alles möglich.

**inspect: Mit welchen Neuheiten können die Leserinnen und Leser im kommenden Jahr rechnen?**

**Czommer:** Wir entwickeln unsere Bedien-Software ständig weiter. Mit dem kommenden Release überarbeiten wir die Visualisierung der Web-Oberfläche und erweitern die Akquisition um eine Lesetorsteuerung. Außerdem wird dann auch Grading, angelegt an die Normen ISO/IEC 15415 oder ISO/IEC TR29158, von DMC- und QR-Codes möglich sein. Diese Funktionen werden alle mit kostenfreien Firmware-Updates verfügbar sein. In naher Zukunft wird der ID-600 außerdem nicht nur Codes, sondern auch Text erfassen können. ■



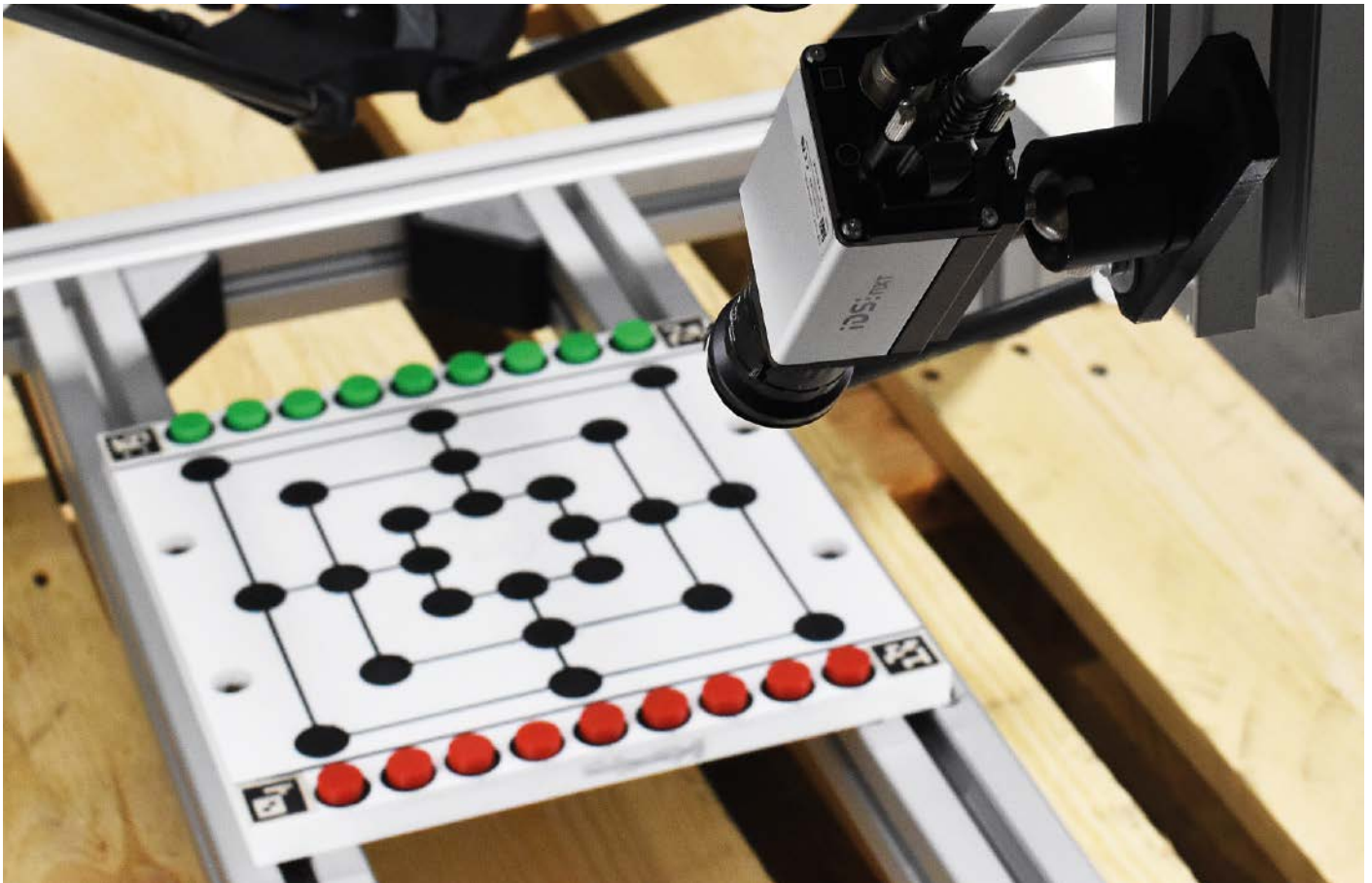
Mithilfe der Wechselobjektive erkennt der Fixmount ID-Reader ID-600 von Di-Soric 1D-, 2D- sowie DPM-Codes auch auf große Entfernungen und unter widrigen Umgebungsbedingungen.

**AUTOR**

David Löh  
Chefredakteur der inspect

**KONTAKT**

Di-Soric GmbH & Co. KG,  
Urbach  
Tel.: +49 7181 98 79 0  
E-Mail: info@di-soric.com  
www.di-soric.com



Studierende der Hochschule Kempten haben im Rahmen ihres Masterstudiums mithilfe von Bildverarbeitung und künstlicher Intelligenz Mühle-spielende Roboter entwickelt, die ortsunabhängig gegeneinander antreten können.

# Roboter spielen Mühle dank Kameras und KI

Prozessautomatisierung mit KI-basierter Bildverarbeitung

**Mithilfe von Kameras in Verbindung mit KI-basierter Bildverarbeitung können Industrieroboter Situationen digital erfassen, analysieren und adaptiv reagieren, anstatt nur vorprogrammierte Abläufe auszuführen. Eine Studie beleuchtet Herausforderungen und Erkenntnisse der interdisziplinären Aufgabenkombination von Robotik und intelligenter Bildverarbeitung.**

Eine Gruppe von Studierenden der Hochschule Kempten hat sich im Rahmen ihres Masterstudiums dem Thema Bildverarbeitung mit KI gestellt – allesamt angehende Ingenieure und keine Software-Entwickler oder Programmierer. Aufgabe war die Entwicklung Mühle-spielender Roboter, die ortsunabhängig gegeneinander antreten können.

Eine zentrale Rolle spielte dabei das Erkennen von Veränderungen auf dem Spielbrett, was durch ein Bildverarbeitungssystem mit menschähnlicher Wahrnehmung gelöst werden sollte, um möglichst viele Erkenntnisse über den Einsatz KI-basierter Bildverarbeitung zu gewinnen. Damit entstand während des Projektes auch ein digitaler Zwilling

des realen Roboters, der an dessen Stelle spielen konnte – eine reale Technologie verschmolz mit einer Simulation.

Eine weitere wichtige Anforderung bestand darin, eine hohe Benutzerfreundlichkeit sicherzustellen, um das Kamerasystem einfach integrieren zu können. Nach umfangreichen Tests verschiedener Ansätze fiel die Wahl schließlich auf IDS NXT – ein Komplettsystem für den Einsatz intelligenter Kameras.

## Bildauswertung mit KI

Marco Ullrich, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hochschule Kempten, erläutert die Gründe: „Das IDS-NXT-System war ideal für unser Projekt. IDS konzentriert sich darauf,

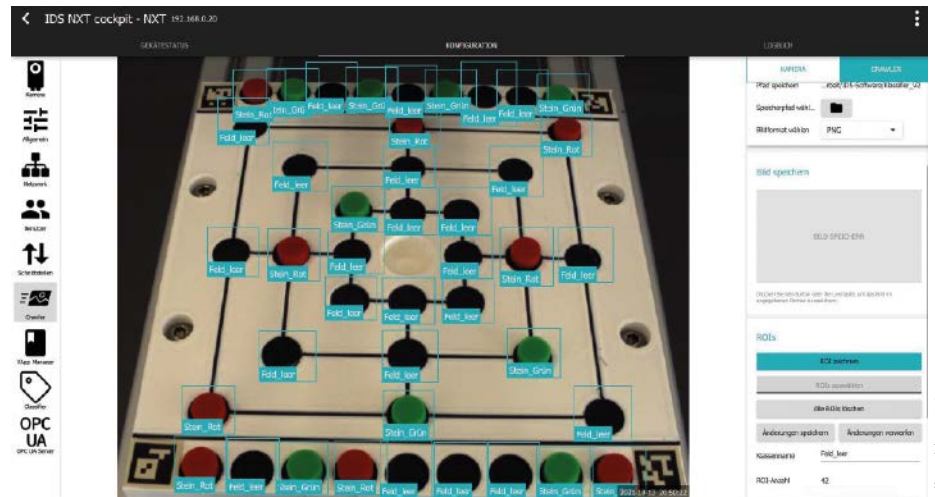
die Hürde für den Einsatz von KI in realen Anwendungen zu senken. Die größte Herausforderung sahen wir in der Integration der Kamera in das Robotersystem. Dies erwies sich als Trugschluss. Denn IDS NXT benötigt keinen zusätzlichen PC zur Ausführung der Bildanalyse. Bei sogenannten Embedded-Vision-Systemen erfolgt die Verarbeitung der gesehene Daten sowie die daraus resultierende Steuerung „on device“, also auf der Kamera. Die abgeleiteten Befehle werden unmittelbar an den verknüpften Roboter weitergegeben. Die Übertragung von Daten und Ergebnissen an einen externen PC zur Auswertung wird dadurch überflüssig. Entsprechende Systeme lassen sich platzsparend in die Fertigungslinie integrieren. Dies



machte es widererwartend einfach, das System in unseren bestehenden Aufbau zu integrieren.“

Das KI-Kamerakomplettsystem ist ebenfalls ein gutes Beispiel dafür, wie einfach Bildanalysen für die Ausführung auf einem kleinen PC-unabhängig arbeitenden System entstehen können. Allein die Tatsache, dass ein Großteil des Entwicklungs- und Evaluierungsprozesses in einem intuitiv bedienbaren Cloud-Service erledigt werden kann, ohne dass dazu spezielle Erfahrung in KI, Anwendungsprogrammierung oder Bildverarbeitung notwendig sind, macht Embedded Vision für neue Zielgruppen interessant, ist der Hersteller überzeugt.

Einfach bedienbare Werkzeuge, wie das AI-Vision-Studio IDS Lighthouse decken den gesamten Entwicklungs-Workflow vom Bild bis zur fertigen Anwendung ab. Ein eigenes künstliches neuronales Netz lässt sich damit innerhalb weniger Minuten erzeugen. Dazu sind drei wesentliche Schritte notwendig: Trainingsbilder hochladen, Trainingsbilder labeln und anschließend das gewünschte Netz vollautomatisch trainieren lassen. Mit einem blockbasierten Editor lassen sich



Im IDS NXT Cockpit wird die Bildverarbeitung mittels einer Vision App eingerichtet und für die Ausführung in der Kamera vorbereitet.

Apps mit einem intuitiv bedienbaren blockbasierten Editor zusammenzuklicken, bietet IDS außerdem schlüsselfertige Vision Apps an. Mit individuell trainierten neuronalen Netzen lassen sich so Bildanalysen schnell zusammensetzen und ausführen. Im Falle der Mühle-Roboter wurde die vorinstal-

### Mühle-spielende Roboter mit Praxisnutzen

Roboter, die Mühle spielen, mögen anfangs wie eine Spielerei erscheinen. Aber die Erkenntnisse daraus können etwa auf Produktionsanlagen übertragen werden. Und genau das war ein Ziel dieser Studie, die im Rahmen des Projekts KI-Net auch durch die Struktur- und Investitionspolitik der europäischen Union gefördert wird. Dabei sollen die breit gefächerten Möglichkeiten im Themenbereich künstliche Intelligenz untersucht und voll ausgeschöpft werden, um das daraus entstehende Fachwissen mittelständischen Unternehmen bei Forschung und Entwicklung von KI-Technologien zur Verfügung zu stellen.

Die Studie hat zusätzlich gezeigt, dass KI nicht Experten vorbehalten ist. Mit einfachen Werkzeugen, die keine Kenntnisse in Hochsprachenprogrammierung erfordern, können auch Bildverarbeitungs-Laien damit arbeiten. Dies bekräftigt auch IDS-Geschäftsführer Jan Hartmann: „Das Verständnis wächst, dass KI heute weder allmächtig, noch zu komplex für den Einstieg ist. Die Technik ist beherrschbar und löst mit wenig Aufwand erstaunlich gut Aufgaben, die zuvor aufwendig programmiert werden mussten.“ ■

**AUTOR**

**Heiko Seitz**

Technischer Autor bei IDS

**KONTAKT**

IDS Imaging Development Systems GmbH,

Obersulm

Tel.: +49 7134 96196 0

E-Mail: [h.seitz@ids-imaging.de](mailto:h.seitz@ids-imaging.de)

[www.ids-imaging.de](http://www.ids-imaging.de)

„Ideal ist, dass die KI-basierte Bildverarbeitung so benutzerfreundlich gestaltet ist, um sie auch Anwendern ohne Programmiererfahrung zugänglich zu machen – Ingenieuren wie uns, die eben keine Software-Entwickler sind!“

**Marco Ullrich, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hochschule Kempten**

individuelle Bildverarbeitungsabläufe mit Machine-Learning-Methoden, wie der Detektion oder Klassifikation von Objekten, auch ohne Programmierkenntnisse erstellen. Als Vision Apps lassen sich diese Abläufe dann direkt auf NXT-Kameras ausführen.

### Vision-App-Ansatz: Funktionen auf die Kamera laden

Vision-Aufgaben werden im IDS NXT-System durch Apps bestimmt, die so einfach wie bei einem Smartphone auf die Kamera geladen und ausgeführt werden können. Der Anwender kann die Funktionalität beziehungsweise die Bildanalyse damit zu jeder Zeit schnell ändern. Diese kurzen Umrüstzeiten begünstigen insbesondere Kleinserien. Neben der Möglichkeit, Vision

lierte App „Classifier“ eingesetzt. Sie nutzt Machine-Learning-Methoden zur Klassifikation von Bildinhalten. „Der App-Ansatz ist sehr intuitiv, besonders, wenn man kein Programmierer ist und sich mit KI-Algorithmen oder der Anwendungsprogrammierung nicht auskennt“, so Ullrich.

Die Kommunikation mit dem Projektumfeld wurde mit dem Industrieprotokoll OPC-UA realisiert. So konnte die Kamera nach jedem Spielzug zuverlässig die Position aller Steine bestimmen und sich direkt mit der SPS-Steuerung austauschen. Möglich machte das die OPC-UA Vision App, die ebenfalls auf der Kamera vorinstalliert war. Die notwendigen Rezepte und Systemkonfigurationen konnten damit einfach vorbereitet und über das Industrieprotokoll zur Verfügung gestellt werden.

 autoVimation



building machine vision



Bild: Fraunhofer IPA/Rainer Bez

Im Forschungsprojekt AI Qualify soll ein Software-Framework entstehen, das Unternehmen beim Auditieren von KI-Systemen in der industriellen Qualitätskontrolle unterstützt.

# Einfachere und systematische Qualifizierung von KI-Anwendungen

Künstliche Intelligenz für KMUs

Ein Software-Framework soll Unternehmen die Abnahme beziehungsweise Auditierung von Anwendungen erleichtern, die auf künstlicher Intelligenz (KI) basieren. Das Framework erarbeiten das Fraunhofer IPA und das Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF der Universität Stuttgart gemeinsam in einem Forschungsprojekt.

**K**I-basierte Anwendungen sind auf dem Vormarsch und das insbesondere in der industriellen Bildverarbeitung und Qualitätskontrolle. Sie können den monotonen und zeitaufwendigen manuellen Prozess mittlerweile sehr zuverlässig automatisiert ausführen und bieten insbesondere mittelständischen Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil. Das gilt vor allem dann, wenn die Prüfteile oder auch mögliche Defekte variabel sind und somit klassische regelbasierte Systeme an ihre Grenzen stoßen.

Was jedoch beim KI-Einsatz für Unsicherheit sorgt, sind die mangelnde Transparenz und Nachvollziehbarkeit dieser Anwendungen. Sie nutzen meist Verfahren des Maschinellen Lernens (ML). Die hierbei eingesetzten künstlichen neuronalen Netze

lernen eigenständig aus großen Datenmengen. Wie genau aber ein Ergebnis und im schlechten Fall auch ein fehlerhaftes Ergebnis basierend auf diesem Lernprozess zustande gekommen ist, können selbst KI-Fachleute nur selten erklären. Und genau das sorgt für Zurückhaltung gegenüber der Technologie auf Unternehmensseite. Zudem kann es zu rechtlichen Problemen führen, wenn sie künftig im Rahmen des EU AI Acts mehr Regularien beim Einsatz von KI-Technologien einhalten müssen.

## KI-Audits vereinfachen und unterstützen

Um hier Abhilfe zu schaffen und insbesondere Unternehmen mit wenig Erfahrung im KI-Einsatz mehr Sicherheit zu geben, sind geeignete

Standards und Entwicklungsmethoden notwendig. Mit ihnen soll es einfacher werden, die Eignung beziehungsweise Qualifizierung einer ML-basierten KI-Anwendung auch ohne das bisher nötige Fachwissen nachzuweisen.

Genau dieses Ziel verfolgt das Forschungsprojekt AI Qualify, das das Fraunhofer IPA und das Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF der Universität Stuttgart gemeinsam durchführen. Dabei soll ein Software-Framework entstehen, das als Assistenzsystem Anwender dabei unterstützt, Prüf- und Bewertungskriterien zu ermitteln und zu formulieren. Diese werden in einer sogenannten Argumentationsstruktur zentral gebündelt und anschließend dafür genutzt, die KI-Anwendung entlang dieser Kriterien abzunehmen. Grundlage hierfür ist eine

Auditierungsplattform, die für jede Entwicklungsphase von ML-Komponenten der KI-Anwendung spezifische Auditierungsmodule bereitstellt. Die Plattform soll modular gestaltet sein, sodass sich Prüfmodule einfach integrieren oder erweitern lassen.

Neben der isolierten Qualifizierung kann das Framework auch iterativ als ein Element für den Entwicklungsprozess eines KI-Systems eingebunden werden.

### Gesamten Entwicklungsprozess einbeziehen

Prof. Dr. Marco Huber, Leiter des Projekts, betont den Neuigkeitswert des entstehenden Ansatzes: „Wir berücksichtigen nicht nur die fertige Anwendung, sondern setzen viel früher an. Jede Entwicklungsphase einer KI-Anwendung erfordert Entscheidungen und sie alle können das Ergebnis beeinflussen. Deshalb betrachten wir unter anderem auch Aspekte wie die Datenauswahl, Vorverarbeitung, Gütekriterien und die Modellauswahl.“

### Das Software-Framework ermöglicht somit drei Arten der Qualifizierung:

- durch das Unternehmen selbst,
- durch einen Kunden, Lieferanten oder Partner und schließlich
- durch unabhängige Institutionen.

Daraus ergeben sich drei Zielgruppen: Dienstleister für ML-basierte Qualitätsprüfung und -management, produzierende Unternehmen sowie schließlich Dienstleister für Konformitätsprüfungen und Auditierungen. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollen dazu befähigt werden, fremdbezogene KI-Systeme zu qualifizieren, um so auch ohne

eigene KI-Fachkräfte die Leistungsfähigkeit eines KI-Systems bewerten zu können.

### Framework anhand von Beispielanwendungen evaluieren

Zwei Anwendungsfälle dienen dazu, das Software-Framework praktisch zu testen. Aus dem Forschungskontext der Projektpartner kommt die kamerabasierte Defekterkennung von Lochscheiben mithilfe von künstlicher Intelligenz. Das Besondere dabei ist, dass neben echten Kamerabildern auch synthetische Bilder mit Defekten erzeugt und genutzt werden können. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Schweregrade der Prüfaufgabe zu betrachten, um die Eignung der ML-Komponente zu bewerten. Der zweite Anwendungsfall kommt direkt aus der industriellen Praxis. Ein Projektausschuss unter anderem bestehend aus produzierenden Unternehmen wird diesen Anwendungsfall zum Projekt beisteuern und darüber hinaus auch das gesamte Projekt begleiten. ■

#### KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart  
Prof. Dr. Marco Huber  
Tel.: +49 711 970-1960  
E-Mail: marco.huber@ipa.fraunhofer.de  
www.ipa.fraunhofer.de

### Unternehmen im Detail

#### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, kurz Fraunhofer IPA, ist mit annähernd 1.200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eines der größten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Der gesamte Haushalt beträgt 90 Millionen Euro. Organisatorische und technologische Aufgaben aus der Produktion sind Forschungsschwerpunkte des Instituts. Methoden, Komponenten und Geräte bis hin zu kompletten Maschinen und Anlagen werden entwickelt, erprobt und umgesetzt. 19 Fachabteilungen arbeiten interdisziplinär, koordiniert durch sechs Geschäftsfelder, vor allem mit den Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronik und Mikrosystemtechnik, Energie, Medizin- und Biotechnik sowie Prozessindustrie zusammen. An der wirtschaftlichen Produktion nachhaltiger und personalisierter Produkte orientiert das Fraunhofer IPA seine Forschung.



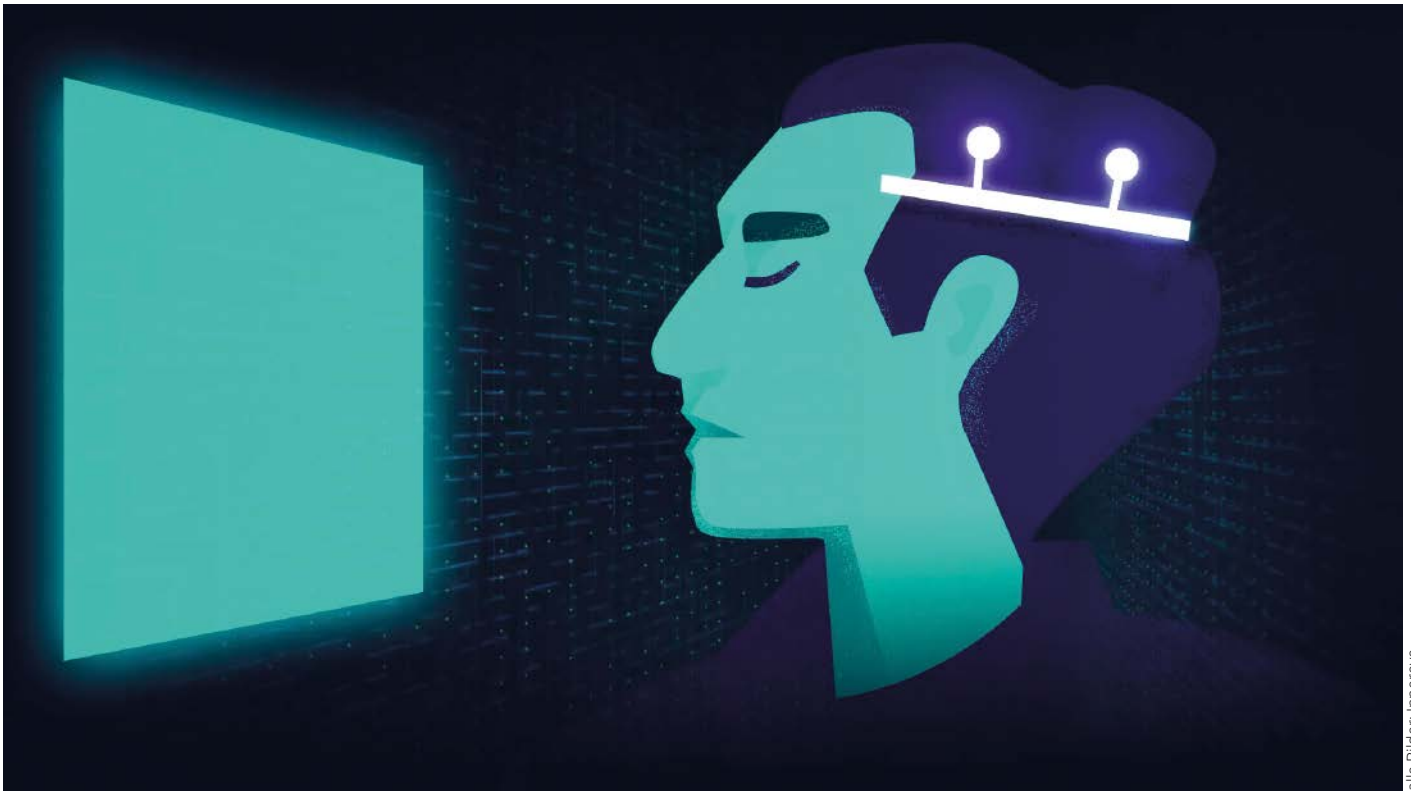
# SCANNEN SIE GROSSE TEILE

**GESCHWINDIGKEIT | GENAUIGKEIT  
VIELSEITIGKEIT | EINFACHHEIT**

Durch die Kombination der starken Vorteile des **HandySCAN 3D** ist die **MAX-Serie** für die Erfassung hochpräziser 3D-Messungen an großen und komplexen Teilen optimiert, ohne dass eine Oberflächenvorbereitung (Spray) erforderlich ist. Beschleunigen und vereinfachen Sie noch heute die Produktentwicklung, 3D-Inspektion und Reverse-Engineering-Prozesse für große Teile und Baugruppen!

[creaform3d.com](http://creaform3d.com) | +49 711 1856 8030

**CREAFORM** / **AMETEK**



alle Bilder: Immereye

Durch das Aufzeichnen und Dekodieren der Gehirnaktivität wendet Innereye eine Methode an, die die Annotationszeit erheblich verkürzt und die Genauigkeit erhöht, während gleichzeitig menschliches Expertenwissen in die KI-Modelle einfließt.

# Gehirnsignale trainieren eine künstliche Intelligenz

Automatisches Labeln von KI-Trainingsbildern

Um das Training einer künstlichen Intelligenz zu beschleunigen, nutzt ein israelisches Unternehmen die Gehirnsignale eines Experten. Dieser schaut sich die zu kategorisierenden Bilder an, statt sie händisch zu sortieren. Die Software ermittelt aufgrund der Gehirnaktivitäten, ob sie OK oder NOK sind.

Künstliche Intelligenz (KI) ist als Lösung für das rasend schnelle Erkennen von Anomalien und Fehlern inzwischen verbreitet. Zum Training von KI-Modellen werden jedoch umfangreiche markierte Datensätze benötigt, was teuer und zeitaufwändig sein kann. Das israelische Unternehmen Innereye nutzt die menschliche Fähigkeit, Muster fast reflexartig zu erkennen. Durch das Aufzeichnen und Dekodieren der Gehirnaktivität wendet Innereye eine Methode an, die die Annotationszeit erheblich verkürzt und die Genauigkeit erhöht, während gleichzeitig menschliches Expertenwissen in die KI-Modelle einfließt.

## Gehirnbasierte Bildklassifizierung

Dazu zapfen Brain-Computer Interfaces (BCI), also Schnittstellen vom menschlichen Gehirn mit Computern, die Gehirnsignale von Experten an, um die Annotierung von Bildern zu beschleunigen und zeichnen gleichzeitig die visuelle Verarbeitung und das Vertrauen des Nutzers in seine Entscheidung auf. Die Inne-

re-ye-Technologie zeichnet genau die Reaktion des Gehirns auf Reize auf, die für das Erkennen abnormaler Muster oder Bildklassen/-typen relevant sind. Eine entscheidende Rolle spielt bei diesem Prozess die Elektroenzephalographie (EEG). Das ist eine nichtinvasive, tragbare und erschwingliche Neurobildgebungstechnik, die sich für jede Art von praktischer Gehirn-Computer-Schnittstelle eignet. Bilder können in einer schnellen Abfolge präsentiert werden und anhand der vom Benutzer erzeugten Gehirnsignale werden diese Bilder mit Soft-Labels versehen und zum Trainieren oder Re-Trainieren eines KI-Modells verwendet.

Im Gegensatz zu harten Bild-Labels, die versuchen, das wahrscheinlichste Label zu erfassen, sind Soft-Labels in der Lage, auch die Wahrscheinlichkeit zu erfassen, die mit dem Label auf der Grundlage der Reaktion des Gehirnsignals verbunden ist, was die Überanpassung des Modells reduziert. Dieses Verfahren, das als Human-in-the-Loop bezeichnet wird, ermöglicht es, eine große Anzahl von Bil-

dern in relativ kurzer Zeit zu kennzeichnen. Es kann mit aktiven Lerntechniken kombiniert werden und die Menge der für das Training von KI-Modellen benötigten annotierten Daten erheblich verringern.

## Bilder labeln in 300 Millisekunden

Dieses Bildklassifizierungssystem bietet dabei eine Abkürzung in das Gehirn eines Experten. Das Gehirn ist in der Lage, visuelle Bilder sehr schnell zu verarbeiten und Entscheidungsfragen in der Grauzone zu bewältigen, wenn also die Entscheidung für ein Label nicht ganz klar ist. Der Entscheidungsprozess, mit dem ein Experte feststellt, ob sich in einem komplexen Bild ein gesuchtes Zielobjekt befindet, dauert etwa 300 Millisekunden. Was dagegen viel mehr Zeit in Anspruch nimmt, sind die kognitiven und motorischen Prozesse, die nach der Entscheidungsfindung ablaufen. Dazu gehören die Planung einer Reaktion (zum Beispiel etwas sagen oder eine Taste drücken) und die anschließende Ausführung



Mit dem EEG kann die Software von Innereye direkt auf die Ergebnisse der visuellen Verarbeitungs- und Entscheidungsfindungssysteme des Expertengehirns zugreifen, was die Bilderkennungsaufgabe massiv beschleunigt.

dieser Reaktion. Wenn der Anwender diese Planungs- und Ausführungsphasen überspringen und stattdessen das EEG nutzen kann, um direkt auf die Ergebnisse der visuellen Verarbeitungs- und Entscheidungsfindungssysteme des Gehirns zuzugreifen, lassen sich Bilderkennungsaufgaben viel schneller durchführen und auch das Konfidenzniveau des Experten mit erfassen.

### Expertenwissen fließt in Trainingsdaten mit ein

Innereye verwendet Deep Learning, um EEG-Signale in Reaktionen zu klassifizieren, die „Targets“ und „Non-Targets“ anzeigen. Targets können alle Anomalien sein, die ein trainiertes menschliches Gehirn erkennen kann. Die Anwendung der Technologie erfordert allerdings Training und Konzentration. Die Benutzer müssen Experten für die jeweilige Aufgabe sein, die gut darin geschult sind, eine bestimmte Art von Ziel zu erkennen. Während sich der Experte auf einen kontinuierlichen Strom von Bildern konzentriert, der je nach Komplexität drei bis zehn Bilder pro Sekunde umfasst, kann ein kommerzielles EEG-System in Kombination mit der Software von Innereye die charakteristische Gehirnreaktion des Experten unterscheiden, wenn er ein Ziel erkennt. Das System liefert Ergebnisse, die ebenso genau sind wie die eines Menschen, aber viel informativer als

die manuelle Klassifikation von Bildern. Zudem beschleunigt diese Abkürzung zum Gehirn der Person die Bildklassifizierung entscheidend.

Die Experten müssen dabei immer darauf achten, was sie sehen und können die Bilder nicht einfach an sich vorbeiziehen lassen. Daher gibt die EEG-Technik auch Einblicke in den Aufmerksamkeitszustand des Experten und ermöglicht bei Bedarf Unterbrechungen und Ruhephasen. Der Brain-in-the-Loop-Ansatz ist besonders hilfreich für die Klassifizierung von Daten, die möglicherweise interpretationsfähig sind. Menschliche Experten können etwas Ungewöhnliches erkennen, auch wenn sie nicht genau wissen, was es ist. Die Technologie ist in der Lage, diese Unsicherheit in den Gehirnströmen zu registrieren. Da Menschen die einzigartige Fähigkeit besitzen, Neues zu erkennen und zu kontextualisieren, ist dies ein wesentlicher Vorteil des Systems gegenüber reinen KI-Bildklassifizierern.

Die Software zeichnet jede vom Gehirn erzeugte Nuance auf und speist sie in die verknüpften KI-Modelle zurück. So trainiert sie die KI nicht nur mit Eins oder Null. Vielmehr wird auch der menschliche Faktor der Unsicherheit mit einbezogen, um das System zu verbessern, indem jedes Bild von Computer Vision und einem menschlichen Gehirn klassifiziert wird.

### KI-Trainingsaufbau

Das Grundprinzip eines Brain-in-the-Loop-Aufbaus lässt sich in fünf Schritte unterteilen:

1. **Training des Basismodells:** Ein erstes KI-Modell wird anhand eines kleinen Datensatzes mit markierten Beispielen trainiert.
2. **EEG-basiertes Modell-Training:** EEG-Daten von Experten des jeweiligen Anwendungsbereichs werden gesammelt, während sie unauffällige Bilder und welche mit abnormalen Merkmalen bewerten.
3. **Soft-Label-Zuweisung:** Aus EEG-Daten generierte Soft Labels werden in einem größeren Trainingsdatensatz zugewiesen.
4. **Modellverbesserung:** Das KI-Modell wird anhand des neuen Datensatzes, der mit EEG-basierten Soft-Labels versehen ist, für jeden einzelnen Experten neu trainiert.
5. **Aktives Lernen und Brain-in-the-Loop:** Ein aktiver Lernansatz wird in Kombination mit Brain-in-the-Loop-Konzepten angewandt, um die kontinuierliche Aktualisierung und Feinabstimmung des KI-Modells vorzunehmen.

### Zusammenfassung

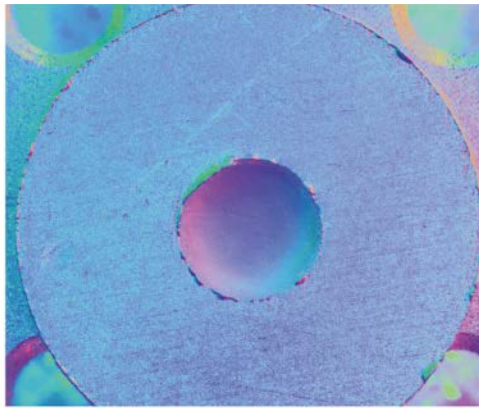
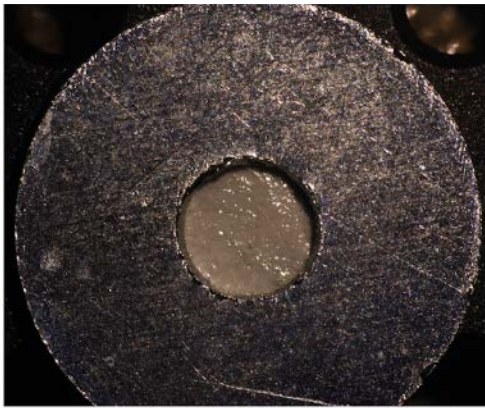
Der Brain-in-the-Loop-Ansatz der Innereye-Technologie reduziert den Bedarf an gelabelten Daten erheblich. Das Einbeziehen von Gehirnsignalen und menschlicher Expertise ermöglicht es, die Genauigkeit und Robustheit von KI-Modellen zu erhöhen und gleichzeitig den arbeitsintensiven Labelling-Prozess deutlich zu reduzieren. Die möglichen Anwendungsfelder sind vielfältig. Bislang wird die Technologie zum Beispiel in der Produktion für das Erkennen von Produktfehlern eingesetzt. Ebenso in der Flughafensicherheit, um potenzielle Bedrohungen in Gepäckstücken zu identifizieren, sowie in der Medizin, um Tumore zu finden. Ein weiteres Anwendungsbeispiel kommt aus der Agrarindustrie und ermöglicht Landwirten mittels einer App, das Fachwissen von Pflanzenexperten beim Erkennen von Pflanzenkrankheiten direkt auf dem Acker anzuwenden. ■

#### AUTOR

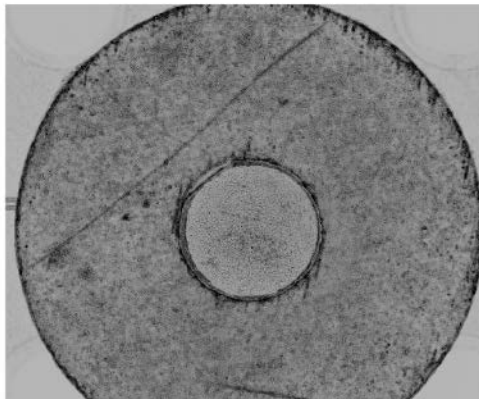
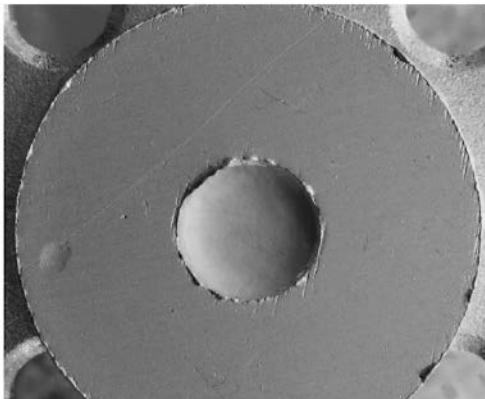
Andreas Breyer  
Vision Communications

#### KONTAKT

Innereye EU-Distributor: Macnica ATD Europe  
sales.mae@macnica.com  
www.macnica-atd-europe.com/innereye



alle Bilder: Opto



Es ist kritisch, zu jeder Zeit an jedem Ort ALLE relevanten Daten eines Produktes zu erfassen. Was nicht im Bild ist, kann auch keine KI klassifizieren. Die Opto-Imaging-Module wurden genau dafür entwickelt, um die relevanten Bildinformationen immer und immer wieder gleich aufzuzeichnen.

# Ersetzt KI die traditionelle Messtechnik?

## Künstliche Intelligenz in Messanwendungen

Wo sind die Grenzen von künstlicher Intelligenz? Ersetzt sie über kurz oder lang die regelbasierte Bildverarbeitung und Messtechnik? Oder misst sie doch nur Mist? Mit diesen Fragen hat sich Markus Riedi, Geschäftsführer von Opto, befasst. Seine Antwort auf die letzte Frage lautet: „Nein, KI misst nicht Mist. Sie misst überhaupt nicht.“ Dennoch kann auch die Messtechnik die KI nicht einfach ignorieren.

Was ist das grundlegende Problem, für das wir die Messtechnik brauchen? Ziel ist es doch, unsere Produkte schnellstmöglich umfassend und absolut zu messen beziehungsweise deren Qualität eindeutig bestimmen und vergleichen zu können. Es geht darum, das Risiko fehlerhafter Bauteile zu verringern oder besser ganz zu vermeiden. Aus diesem Grund haben wir Normen, welche uns einen Anhaltspunkt geben, um physikalische Größen als Funktion der Qualität abzuleiten und zu messen. Meistens reduzieren wir die Qualitätskontrolle auf Stichpunktprüfungen einzelner Eigenschaften, aber selten sind wir in der Lage, 100 Prozent der Produkte 100-prozentig zu prüfen.

Das heißt, wir messen meist manuell und hoffen, dass das, was wir messen, auch das Richtige ist. Jetzt soll KI das Messen überneh-

men, wie uns viele Angebote versprechen. Fünf Klicks und ein bisschen klassifizieren soll genügen.

### Die Messgeräteintegration durch fünf Klicks ersetzen?!

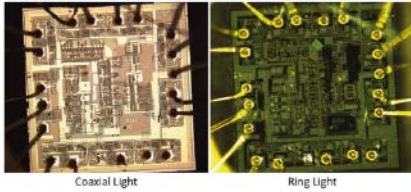
In der Schulung werden einer Kamera jeweils zehn Scheiben präsentiert. Eine ist Schwarz, die anderen Weiß. Nach den Klicks und etwas Lernen erkennt die KI immer und wiederholbar die schwarze Scheibe. Ein schwarzes Schaf, wird gefolgert, kann auch ein unterschiedliches Abmaß, ein Kratzer, ein Längenunterschied oder eine fehlende Bohrung sein; also alles, was wir messen können. Echt jetzt!

Ich bin verblüfft, dass solche Maschen immer noch ziehen: Sogar der hohe Preis für solche Lösungen schreckt nicht ab oder macht wenigstens stutzig. Nicht selten werden wir im Brustton der Überzeugung gefragt

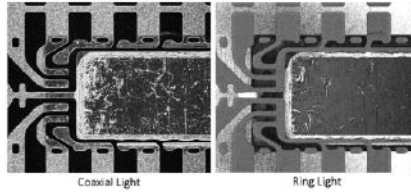
„Ja, wie misst denn ihre KI?“. Das impliziert, dem Fragesteller wurde schon oft erklärt, wie KI misst. Wenn ich dann sage: „Unsere KI misst Mist. Und eigentlich brauchen wir gar keine, um ihr tatsächliches Problem zu lösen“, ist der Kunde meist weg. Es war schnell klar, dass alles braucht seine Zeit.

Qualität an sich ist eine Funktion der Herstellungsverfahren beziehungsweise ein Prozessparameter, genauso wie die eingesetzten Materialien, Umgebungsbedingungen und letztendlich die Anforderungen an die Produkte selbst. Da die Prozesse heute ausgereift sind, gibt es auch kaum Fehler und wenn, dann sind sie meist unterschiedlich, klein und schwer zu finden, gerade bei Stichprobenprüfungen. Da kann auch keine KI helfen. Denn was die KI nicht sieht, kann sie auch nicht klassifizieren beziehungsweise „Maßanomalien erkennen“.

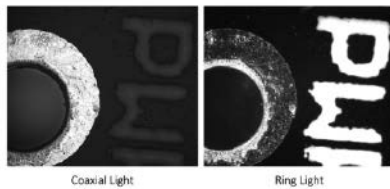
Single die with wires with IM compact M



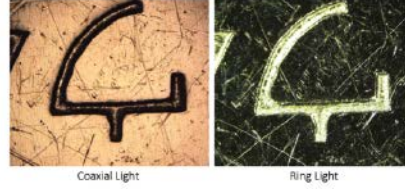
Leadframe with IM compact M



Hole in a PCB with IM compact M



Engraving with IM compact M



Für jede Nische ist ein einzigartiges Imaging Modul verfügbar, da die Kombination aus Optik, Beleuchtung, Kamera und Bildbearbeitung immer optimal auf die Applikation abgestimmt sein muss.

### KI ist kein Messmittel

Anstatt KI als neues Messmittel zu sehen, kann durch automatisierte Produktionsschritte ein frühzeitiges Erfassen all dieser Parameter mit entsprechenden Sensoren prinzipiell die endgültige Qualitätsprüfung entfallen, nach dem Motto: „Wenn alle Fertigungsschritte eingehalten wurden und alle Parameter bei der Produktion stabil waren, kann nur gute Qualität entstehen“.

### Fragen, die sich Messtechnikhersteller heute also stellen müssen lauten:

- Ersetzt „Predictive Maintenance“ kombiniert mit einer umfassenden Sensorik in der Herstellung die traditionelle Messtechnik?
- Funktioniert das jetzt schon?
- Spielen Deep Learning und KI hier eine wichtige Rolle?
- Verändert das unser Marktumfeld?
- Funktioniert das überall?

Die Antworten lauten: JA – JA – JA – JA – NEIN

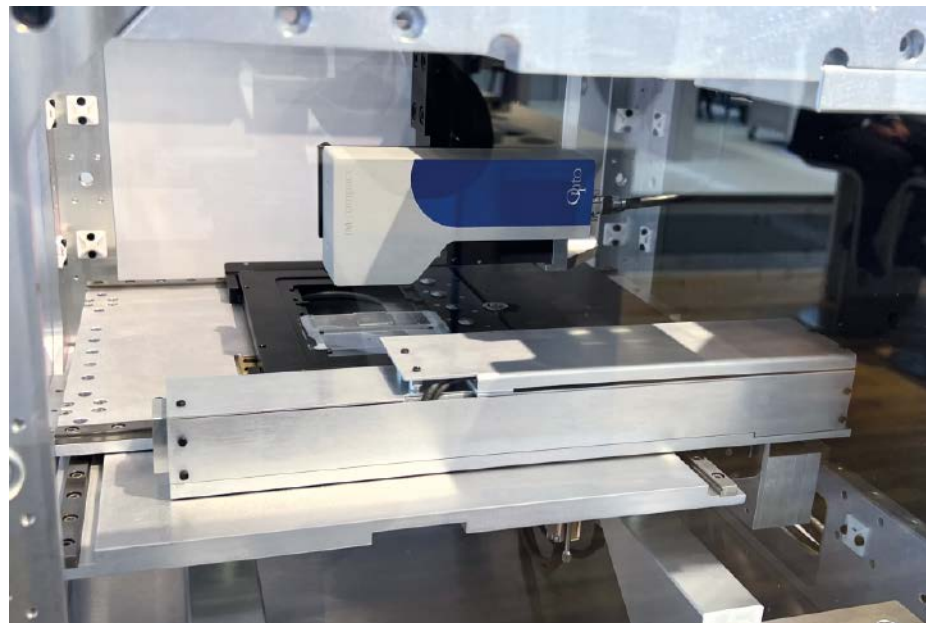
Klar ist: Ein „Weiter so“ wird es definitiv nicht mehr geben. Wer als Hersteller von Messgeräten nicht seinen Weg findet mit KI zu leben, wird es nicht überleben!

### KI ersetzt schon heute manche Messungen

Die meisten am Markt befindlichen KI-gestützten Lösungen helfen dabei, die Genauigkeit, Geschwindigkeit und Effizienz zu erhöhen. Bei hochstandardisierten und wiederholbaren Messungen ersetzen sie als vollautomatisierte Prozesse bereits traditionelle Messverfahren.

Voraussetzung, damit diese KI-Systeme besser funktionieren als traditionelle Messtechnik, ist die Rückführbarkeit der Produktklassen und Qualitäten auf digitale Informationen über den Produktzustand, der Eigenschaften, der Herstellungsschritte und so weiter: Big Data also.

Im Umkehrschluss bedeutet das, dass bei Firmen, die schon jetzt kontinuierlich Daten in der Produktion erfassen können, mit dem Einsatz vergleichender Statistikfunktionen (Deep Learning) traditionelle Messverfahren durch eine KI-gestützte Prozesskontrolle ersetzt werden. Interessanterweise sprechen diese Firmen nie von einer messenden KI. Sie sprechen eigentlich gar nicht über KI, sondern verkaufen Lösungen. Heißt: KI funktioniert meist dort, wo man sie nicht sieht.



Die gewinkelten Imaging Module Compact M sind Digitalmikroskope zur direkten Integration in Produktionsmaschinen oder Systemen.

Für Anbieter von Messgeräten bedeutet es, sie müssen sich mit den Kunden mehr um das Erfassen von Prozessparametern kümmern als absolute Messwerte zu liefern. Diese Entwicklung hin zu einem Systempartner/integrator gelingt meist nur großen Firmen, die auch schon seit langem angefangen haben, ihre eigens auf ihren Plattformen gewonnenen Daten zu nutzen und damit eine enge Bindung zu ihren Kunden zu

bekommen. Dadurch entstehen immer größere proprietäre Lösungsplattformen, denen die KI ermöglicht, ihre Marktstellung auszubauen, bis hin zu neuen Businessmodellen („Sale per Test“). Das können sich allerdings nur wenige leisten.

### Auf in die Nische!

Was heißt das für kleinere Firmen, sich in diesem Umfeld zu behaupten? „Auf in die Nische“, ist hier die Lösung. Hier kann jeder seinen Weg finden, um sich eigenes Daten-Know-how aufzubauen. Aber Software, Datenerfassung und neue Klassifizierungsmethoden anstatt absoluter Messtechnik ist auch in der Nische das Kredo.

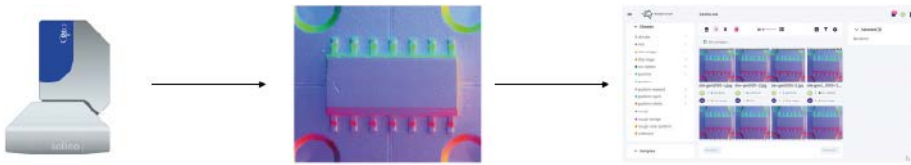
### Unternehmenserfolg hängt heute von folgenden Faktoren ab:

- Bedingungslose Kundenorientierung
- Extrem schnelle Reaktionszeiten
- Time to market & ultraschnelle Entwicklung
- Verfügbarkeit über Nacht (24 Stunden)
- Lösungen mit simpler Bedienbarkeit
- Geringe Produktionskosten

Diese Unternehmensplanung kombiniert mit KI-gestützter Datenerfassung in der Produktion und bei der Produktbewertung und Klassifizierung ist die Erfolgsformel der Zukunft.

### Einfache Bedienbarkeit und offene Schnittstellen

Wir bei Opto haben frühzeitig in eigene bildgestützte Software-Lösungen zu unseren Messsensoren investiert. Zudem haben wir auf offene Hardware und Software-Schnittstellen gesetzt und uns in der Nische der Mikroskopie als Automatisierungsspezialist positioniert. Die neuen Imaging Module sind folgerichtig Mikroskopsensoren, die



Solino sensor makes 64 single Images with 64 different light angles plus processing

Pre processed cleaned Anomaly Image 1HZ

Labeling

Solino erstellt 64 Bilder einer jeden Probe in Millisekunden, prozessiert diese auf Basis einer BRDF-Algorithmik und liefert somit verlässliche, qualitätsrelevante Daten für eine direkte Klassifizierung.

als Datengeneratoren wiederholbare Bildinformationen liefern. Mit der firmeneigenen Bildverarbeitungsalgorithmik gekoppelt beziehungsweise mit Schnittstellen zu KI-Plattformen und eigene Embedded-Lösungen mit integrierten Convolutional neural networks (CNN) werden aus normalen Imaging-Modulen IoT-Sensoren.

Zu der Vielzahl an Digitalmikroskopen (Imaging-Module) für Industrie und Biomedizin haben wir auch eigene KI-Lösungen in

Entwicklung, die auf unserer Solino-Sensorik basieren und über die Streulichtauswertung von Informationen eine großflächige, schnelle, umfassende und 100-prozentige Anomalieauswertung von Oberflächen ermöglicht.

Solino erfüllt alle Voraussetzungen, um KI-lose Messtechnik in speziellen Nischen abzulösen. Dann gilt „KI misst keinen Mist mehr“. Das kann aber nur über eine enorme Datenmenge funktionieren. 64 analysierte

Einzelbilder einer einzigen Probe werden zu einem zu klassifizierbaren Anomaliebild herangezogen oder gleich aussortiert. Solino ersetzt 80 Prozent einer KI-Lösung. Zusammen mit einer passenden Plattform kann die Technologie superschnell an Applikationen angepasst werden oder auch existierende Messzyklen ersetzen. Aber auch hier gilt: KI misst nicht und misst somit auch nicht Mist. ■

**AUTOR**

**Markus Riedi**

Geschäftsführer von Opto

**KONTAKT**

Opto GmbH, Gräfeling  
Tel.: +49 89 898055 0  
E-Mail: info@opto.de  
www.opto.de



# Jetzt Newsletter abonnieren

Nachrichten für Entscheider und Führungskräfte in Sachen Sicherheit



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

Ihre Nr. 1 seit mehr als 30 Jahren

DIE BESTEN KONZEPTE, PRODUKTE UND LÖSUNGEN FÜR SICHERHEIT





### Neue Möglichkeiten zur Beleuchtungssteuerung

Basler stattet nahezu alle Kameras mit dem firmeneigenen SLP Feature zur Beleuchtungs-Steuerung aus und bietet ab sofort mehrkanalige Lighting Controller an. SLP Controller können entweder bereits in den Beleuchtungen integriert sein, wie bei den Camera Lights der Premium-Produktlinie, oder sie können als externe Controller mit Standard Lights des Herstellers verwendet werden. Mit dem SLP-Feature kann die Beleuchtung in mehreren Modi betrieben werden, etwa Dauerlicht, Blitzbetrieb oder Overdrive. In Kürze werden auch die Vis-Swir-Kameras Ace 2 X von Basler mit dem SLP-Feature ausgestattet.

Darüber hinaus erweitert Basler sein Portfolio durch zwei kostengünstige Lighting Controller. Sie sind mit zwei (2C) oder vier (4C) Kanälen erhältlich.

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



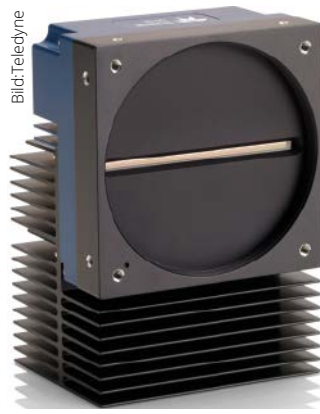
### GigE-Kameras ab sofort mit RDMA

Lucid Vision Labs hat die Datenübertragungstechnologie Remote Direct Memory Access (RDMA) in die gesamte Reihe seiner Atlas10-10GigE-Kameras integriert.

Die Kameras mit RDMA bieten eine optimierte Bildübertragung ohne Kopien über eine 10GigE-Schnittstelle. Der Atlas10 mit RDMA streamt 1,2 GB/s Daten direkt in den Hauptspeicher und umgeht dabei CPU und Betriebssystem. Dies erhöht den Durchsatz, verringert die Latenz und eliminiert die CPU-Auslastung, die für zuverlässige Multi-10GigE-Kameraanwendungen erforderlich ist. Die RDMA-Implementierung von Lucid umfasst eine aktualisierte Arena-SDK-Version mit RDMA-Unterstützung, ein kostenloses Firmware-Upgrade für alle vorhandenen Atlas10-Kameramodelle und eine Auswahl von zwei kompatiblen, kostengünstigen Dual-Port-1G/10G-PoE+-RDMA-fähigen Netzwerkschnittstellenkarten.

Die Atlas10-10BASE-T-Kamera bietet Power over Ethernet (PoE+), M12- und M8-Anschlüsse, eine aktive Sensorausrichtung und einen großen Umgebungstemperaturbereich von -20 bis 50 °C.

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



### Kamera für ultraviolett und sichtbaren Bereich

Teledyne Dalsa produziert ab sofort die TDI-Kamera Linea HS 16k mit Backside Illumination (BSI). Mit ihrer CLHS-Schnittstelle bietet diese Kamera eine erhöhte Empfindlichkeit und eignet sich für Anwendungen zur Bildaufnahme im Nah-Ultraviolett- (NUV) und im sichtbaren Wellenlängenbereich, wie die Inspektion von Wafern, Flachbildschirmen und elektronischen Verpackungen.

Die Kamera verwendet den CMOS-TDI-16k-Sensor von Teledyne Dalsa mit einer Pixelgröße von 5 x 5 µm und liefert eine maximale Zeilenrate von 400 kHz. Im Vergleich zur Front-Side-Illumination (FSI) verbessert das BSI-Modell die Quanteneffizienz im nahen Ultraviolett und im sichtbaren Wellenlängenbereich erheblich und steigert das Signal-Rausch-Verhältnis in lichtarmen Umgebungen.

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



### Smartkamera für die Qualitätskontrolle

Cognex hat die Smartkamera In-Sight Snapp vorgestellt. Sie eignet sich für eine Reihe gängiger Herausforderungen in der Qualitätskontrolle, wie Prüfungen auf Vorhandensein/Fehlen, Bestückungs- und Montageüberprüfungen sowie das Erkennen von Fehlern. Die Kamera wird anhand von nur wenigen Beispielen trainiert und erfordert keine Programmier- oder Bildverarbeitungskenntnisse des Benutzers. Darüber hinaus können die Kunden den In-Sight Snapp mit der webbasierten Benutzeroberfläche über einen Standard-Webbrowser starten, ohne eine extra Software zu installieren.

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

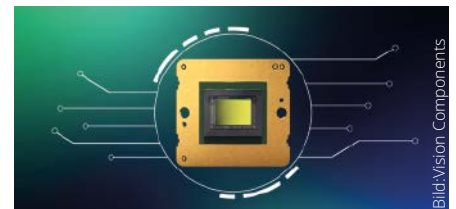


### Ringlichter mit präzisen Farben

Das RGBW Ringlicht von MBJ bietet stufenlose präzise Farbeinstellungen über vier individuelle Kanäle: rot, grün, blau und die zusätzliche weiße LED. Neben den einzelnen Farbkanälen in Rot (625 nm), Grün (535 nm) und Blau (465 nm) ist Weiß (4000 K) als separater Kanal verfügbar und somit nicht nur additiv erzeugbar. Damit ist für weiß eine gleichmäßige spektrale Verteilung gewährleistet und sorgt für zusätzliche Helligkeit.

Gleichzeitig bieten die RGBW-Beleuchtungen die bekannten Vorteile von Ringlichtern, wie die Vermeidung harter Objektschatten oder den platzsparenden Einbau. Natürlich ist auch für dieses Ringlicht Zubehör, etwa Diffusoren, erhältlich. MBJ Imaging bietet mit dem Controller CTR-52 einen externen 4-Kanal-Controller, der sich für die Steuerung der RGBW Ringlichter eignet.

[www.mbj-solutions.com](http://www.mbj-solutions.com)



### Mipi-Kameramodul für Bildqualität

Vision Components hat ab sofort das VC Mipi IMX585 im Programm, das mit 4K-Bildauflösung und hohem Dynamikumfang eine ideale Bildqualität bei allen Lichtverhältnissen bietet. Außerdem kündigt das Unternehmen an, dass die Bildverarbeitungs-Software VC Lib in Kürze allen Kunden frei zur Verfügung stehen wird.

Die Kamera VC Mipi IMX585 mit dem Sony Starvis-2-Bildsensor IMX585 bietet eine Bildauflösung von 8,4 Megapixel, 4K- und HDR-Unterstützung. Der Sensor verfügt über größere Pixel als vergleichbare Module und liefert mit seinem Dynamikumfang von 88 dB bei allen Lichtverhältnissen eine hohe Bildqualität. Die Kamera mit Mipi-CSI-2-Schnittstelle eignet sich damit für AI-basierte Medizinanwendungen und andere anspruchsvolle Einsatzgebiete. Sie ist als Farb- oder Monochromkamera konfigurierbar und gegen Ende des Jahres in Serie erhältlich.

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



# „Die Energiewende zu meistern, ist die größte und wichtigste Aufgabe der Menschheit“

Im Gespräch: Frank Stührenberg, CEO von Phoenix Contact

Welche Rolle Phoenix Contact sowie jeder einzelne von uns auf dem Weg hin zu einer All Electric Society spielt, wo auf dem Weg dorthin Handlungsbedarf besteht und warum Deutschland mehr Selbstbewusstsein in Sachen Digitalisierung braucht, darüber sprechen wir mit dem Geschäftsführer von Phoenix Contact, Frank Stührenberg.

**inspect:** Phoenix Contact, gegründet 1923, feiert dieses Jahr sein 100-jähriges Bestehen. Mit Blick auf die zahlreichen wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen, die in den vergangenen Jahrzehnten bewältigt werden mussten – bei welchem Wert auf einer Skala von 1 bis 10 stufen Sie die Energiewende ein?

**Frank Stührenberg:** Ganz klar bei 10! Die Energiewende zu meistern, ist die größte und wichtigste Aufgabe der Menschheit. Wie bringt es Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhu-

ber, emeritierter Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung auf den Punkt: „Der Unterschied zwischen 2 °C und 4 °C ist die menschliche Zivilisation. So einfach ist das.“

**inspect:** Seit dem 1. September 2023 kann sich jeder in Ihrem All Electric Society Park in Blomberg anschauen, wie wir mit regenerativer Energie eine nachhaltige Zukunft erreichen können. Obwohl die Investitionssumme für das Vorhaben enorm war, haben Sie zugestimmt. Warum?

**Stührenberg:** Für diese Investition funktioniert keine klassische Return-on-Investment-Rechnung (ROI). Trotzdem haben wir das mit Zustimmung des Beirats sowie der Gesellschafterinnen und Gesellschafter entschieden. Neben den vielfältigen technischen Beispielen im All Electric Society Park, die demonstrieren, wie die Energiewende umgesetzt werden kann, möchte Phoenix Contact insbesondere aufzeigen, dass die Energiewende als Zielbild der All Electric Society eine lebenswerte Welt darstellt, die nicht auf Verzicht basiert. Vielmehr ist nachhaltiger

Wohlstand für alle möglich. Neben der regenerativen Energiegewinnung, -verteilung, -speicherung und ihrem Verbrauch kommt im Park auch die Landschaftsgärtnerei nicht zu kurz, wobei die Pflanzen automatisch bedarfsgerecht bewässert werden, um Ressourcen zu sparen. Unsere Besucherinnen und Besucher jeden Alters sollen sich wohlfühlen. Es soll Spaß machen, Lösungen für eine nachhaltige, CO<sub>2</sub>-freie Welt von morgen zu besichtigen.

**inspect:** Wo sehen Sie die Rolle von Phoenix Contact hin zu einer All Electric Society, das heißt einer Welt, in der regenerativ erzeugte elektrische Energie als primäre Energieform weltweit in ausreichendem Maße und vollständig wirtschaftlich zur Verfügung steht?

**Stührenberg:** Phoenix Contact hat sich schon seit seiner Gründung 1923 – damals mit den ersten Reihenklammern und Fahrleitungsklammern für die elektrischen Straßenbahnen – mit der Elektrifizierung der Welt beschäftigt. Später kamen viele Produkte und Lösungen zur Vernetzung und Automatisierung hinzu. Damit haben wir ein umfangreiches Portfolio inklusive der benötigten Technologien aufgebaut, um Lösungen im Sinne der All Electric Society zu realisieren. Das ist der größte Hebel, den Phoenix Contact in Bezug auf Nachhaltigkeit hat. Mit dem Leitbild „Empowering the All Electric Society“ wollen wir ausdrücken, dass wir gerne und bewusst Wegbereiter sind, Partner und Kunden auf dem Weg mitnehmen und zum Mitmachen anregen wollen, damit wir gemeinsam nachhaltige Lösungen für eine lebenswerte, nachhaltige Welt erzeugen.

**inspect:** Woher stammt der Begriff All Electric Society (AES)?

**Stührenberg:** Um es gleich vorwegzunehmen: Der Begriff der All Electric Society wurde originär nicht von Phoenix Contact erfunden. Wir haben ihn seit Anfang 2019 als Überschrift über ein ganzheitliches und umfassendes technisches und wissenschaftliches Konzept zur klimaneutralen Transformation unserer Energiesysteme ausgeprägt und zum Leitbild unserer strategischen Unternehmensausrichtung entwickelt. Damit hat Phoenix Contact das heutige Verständnis der All Electric Society als Zukunftsbild eines alle Sektoren unserer Gesellschaft und Wirtschaft umfassenden klimaneutralen und nachhaltigen Energiesystems mitgeprägt – und das sicher frühzeitig und maßgeblich in einer Vorreiterrolle. Wie man dem entsprechenden Artikel in Wikipedia entnehmen kann, wurde der Begriff wohl bereits in den 70er Jahren in den USA verwendet: nach unserem Verständnis aber eher als Beschreibung der damaligen umfassenden Elektrifizierung und ihrer Möglichkeiten, denn als Erläuterung der Transformation unserer Energiesysteme hin zu regenerativer Elek-

trizität. Erst in den vergangenen Jahren beobachten wir im Kontext der Überlegungen zur globalen Energiewende eine breitere Verwendung des Begriffs in diese Richtung, die auch über reine Fachtexte hinausgeht. Eine aus unserer Sicht sehr relevante Quelle, in der unter dem Begriff der All Electric Society die zumindest teilweise Transformation der Energiesysteme weg von fossilen Energieträgern und hin zu regenerativer Elektrizität verstanden wird, ist die 2016 von BDEW, GIZ und PwC herausgegebene Delphi-Energy-Future-2040-Studie. In dieser stimmen unter anderem 75 Prozent der befragten 350 Experten der folgenden These zu: „Im Jahr 2040 ist die All Electric Society Realität geworden. Strom vor allem aus erneuerbaren Quellen sorgt auch für Mobilität und Wärme und hat Erdöl und Erdgas in vielen industriellen Prozessen ersetzt.“

**inspect:** Wo stehen wir aktuell auf dem Weg hin zu einer AES und wo besteht dringend Handlungsbedarf, um diese zu erreichen?

**Stührenberg:** Eine Vielzahl von technischen Lösungen, aber auch notwendige Technologien stehen heute schon zur Verfügung, um Lösungen im Sinne einer All Electric Socie-

zeugende Sektoren intelligent miteinander zu verbinden. Das Ziel ist ein höchsteffizienter Energietransfer, -verbrauch und -speicherung. Das erreichen wir nur, wenn Systemgrenzen zwischen den Sektoren – zum Beispiel dem Gebäudesektor und der industriellen Produktion – überwunden werden. Es geht um ein möglichst holistisches Bild über alle Sektoren. Hier sind offene und standardisierte Lösungen gefragt, unterschiedliche Systeme müssen übergreifend und problemlos miteinander kommunizieren können. Zudem gilt es Vorbehalte abzubauen, etwa dass die All Electric Society nur funktionieren kann, wenn die Welt genügend elektrifiziert ist. Nehmen wir den Mobilitätssektor: Ausreichende Ladeinfrastruktur erzeugt höhere Akzeptanz und Nachfrage nach vollelektrischen Fahrzeugen. Es ist heute schon technisch möglich, dass die bidirektionale Nutzung von Autobatterien in der Sektorkopplung einen wichtigen Beitrag leistet, wenn die hohen Fahrzeugbatterie-Kapazitäten zwischenzeitlich ausbalancierend auf die Energienetze einwirken könnten. Leider gibt es dazu noch keine gesetzliche Regelung, weil eine Autobatterie in der deutschen Rechtsprechung eben nicht gleichzeitig Verbraucher und Versorger sein kann.



**Natürlich kann Phoenix Contact eine nachhaltigere Welt nicht allein maßgeblich gestalten, das wäre anmaßend. Ob der Staat, die Gesellschaft, Organisationen oder Unternehmen: Jeder muss seinen Beitrag leisten, damit wichtige Veränderungen möglich werden.**

ty zu realisieren. Hier müssen wir nicht auf zukünftige Entwicklungen warten. Dringenden Handlungsbedarf sehe ich einerseits in den staatlichen Regulierungen, die es allen einfacher machen müssen, beispielsweise Solar- und Windparks zu errichten. Andererseits gilt es Vorbehalte zum Beispiel in der Industrie abzubauen und Unsicherheiten entgegenzuwirken. Die deutschen und europäischen Technologieunternehmen verfügen über die notwendigen Stärken, stehen sich allerdings manchmal selbst im Weg. Man muss nicht immer alles neu entwickeln, sondern sollte vorhandene Lösungen optimieren, etwa in puncto Energieeffizienz, Sicherheit und Datenschutz.

**inspect:** Sie sagen, die Voraussetzung für die globale Energiewende sei die Sektorkopplung. Sie vernetzt die Bereiche Industrie, Energie, Infrastruktur und Mobilität elektrisch und datentechnisch zu einem Gesamtsystem. Klingt einfach, woran hängt es?

**Stührenberg:** Die Sektorkopplung ist dafür da, energieverbrauchende und -er-

**inspect:** Prof. Tobias Teich von der Westsächsischen Hochschule Zwickau sagte in einer Diskussionsrunde zum Thema Digitalisierung, Deutschland habe eine enorme Innovationskraft, hänge aber hinsichtlich der Digitalisierung hinterher. Wo sehen Sie Deutschland hinsichtlich Digitalisierung?

**Stührenberg:** Deutschland braucht diesbezüglich mehr Selbstbewusstsein. Es mag sein, dass wir in manchen Disziplinen anderen Ländern hinterherlaufen, aber wir sollten uns auf die Fähigkeiten deutscher und europäischer Technologieunternehmen besinnen und uns weniger mit Hyper-Skalern aus dem europäischen Ausland vergleichen. Phoenix Contact ist beispielsweise Spezialist in der OT-Welt: Wir wissen zum Beispiel genau, wie man mit kritischer Infrastruktur umgehen muss, wie sie geschützt und in IT-Welten eingebunden werden kann. Bereits 2008 haben wir mit Innominate Security Technologies einen Spezialisten auf diesem Gebiet akquiriert. Es lohnt sich, eigene Kompetenzen rund um OT-Security zu entwickeln und auszubauen, zumal sich dabei Know-how und Lösungen



Alle Bilder: Phoenix Contact

**Frank Stührenberg, CEO von Phoenix Contact: „Phoenix Contact möchte insbesondere aufzeigen, dass die Energiewende als Zielbild der All Electric Society eine lebenswerte Welt darstellt, die nicht auf Verzicht basiert“**

ergeben, die auch für Kunden interessant sind. Für uns gilt das im Besonderen, da wir unser Wissen rund um die Cyber Security zusätzlich mit unserer Expertise im Bereich der funktionalen Sicherheit kombinieren können – Stichwort: neue Maschinenverordnung. Genau darum geht es uns bei Phoenix Contact: Dieser Zugewinn an Know-how macht nicht nur unser eigenes Produktionsfeld sicherer, unser Portfolio an OT-Security-Lösungen soll ebenfalls davon profitieren.

**inspect: Die Sektorkopplung setzt die Digitalisierung voraus. Heißt das: Keine Digitalisierung, keine Energiewende?**

**Stührenberg:** Ja, so ist es. Ohne das Vorliegen und Auswerten aller relevanten Daten aus den einzelnen Sektoren können Prozesse nicht energiedienlich gesteuert und optimiert werden. Aber wie schon oben beschrieben, sind wir aus meiner Sicht auf einem guten Weg. Es müssen weiter Anreize geschaffen werden, dass Unternehmen und auch der Staat die Digitalisierung weiter vorantreiben und ausbauen.

**inspect: Inwieweit ist die Industrie bereit, sich für eine Zusammenarbeit mit anderen Industrieunternehmen respektive dem Wettbewerb zu öffnen?**

**Stührenberg:** Natürlich kann Phoenix Contact eine nachhaltigere Welt nicht allein maß-

geblich gestalten, das wäre anmaßend. Ob der Staat, die Gesellschaft, Organisationen oder Unternehmen: Jeder muss seinen Beitrag leisten, damit wichtige Veränderungen in dieser Welt möglich werden. In dieser Hinsicht hat Phoenix Contact erkannt, dass wir tun wir bereits seit langem, etwa durch die Gründung des Interbus Clubs, die Mitarbeit in der Profibus Nutzerorganisation, ODVA, 5G-Acia, Plattform Industrie 4.0, Industrial Twin Association und SPE Alliance, um nur einige zu nennen. Zudem sind mit dem PLC Next Store und dem Protiq Marketplace offene Plattformen geschaffen worden, auf denen auch andere Unternehmen ihre Produkte vertreiben können – oftmals im Wettbewerb mit Phoenix Contact. Wir bauen weiterhin Netzwerke auf oder beteiligen uns an diesen. Als jüngstes Beispiel sei die All Electric Society Alliance der Westsächsischen Hochschule Zwickau genannt, deren Gründungsmitglied wir sind. Der Klimawandel lässt sich zudem nur mit den großen Playern dieser Welt beherrschen. Ohne China, Indien und den globalen Süden werden wir die gesteckten Ziele nicht erreichen. Und das geht nur durch Zusammenarbeit und die Identifikation gemeinsamer Ziele.

**inspect: E-Autos, PV-Anlagen, Ökostrom – alles hat seinen Preis. Heißt das im**

**Umkehrschluss, Nachhaltigkeit muss man sich leisten können?**

**Stührenberg:** Wir müssen Lösungen finden, damit Energie für alle Menschen weltweit verfügbar und bezahlbar ist. Beispielsweise erzeugen Solarfelder in Dubai schon heute regenerative Energie für 2 bis 3 Cent/kWh. Das sind unschlagbar günstige Energiepreise, die noch weiter sinken können. Genau dieses Szenario steckt im Zielbild der All Electric Society: bezahlbare und verfügbare regenerativ erzeugte elektrische Energie für alle. Natürlich müssen diese Preise hier in Deutschland ankommen. Vor allem muss die Elektrifizierung sämtlicher Lebensbereiche weiter vorangetrieben werden. Phoenix Contact wird mit seinen Lösungen einen Beitrag dazu leisten.

**AUTORIN**

**Anke Grytzka-Weinhold**  
Produktmanagerin bei Wiley-VCH

**KONTAKT**

Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg  
Tel.: +49 (0) 5235-3 12000  
E-Mail: [info@phoenixcontact.de](mailto:info@phoenixcontact.de)  
[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)



**Präziser Long-Range Lasersensor für große Messabstände**

Micro-Epsilon hat neue Long-Range-Lasersensoren im Programm. Das Modell Opto NCDT 1760-1000 misst auch bei Entfernungen bis 2 m genau mit bis zu 7,5 kHz. Der Sensor verfügt zudem über eine Echtzeit-Oberflächenkompensation, die genaue Ergebnisse auf einem breiten Oberflächenspektrum ermöglicht.

Parametriert wird der Opto NCDT 1760-1000 über das bedienerfreundliche Webinterface, worüber sich auch Messwerte und Videosignale anzeigen lassen.

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



**Kapazitiver Sensor und Multicode-Leser**

Baumer hat auf der SPS neue Produkte vorgestellt. Dazu gehörte auch der kapazitive Sensor PL240. Er sorgt für eine zuverlässige Grenzstanddetektion. Egal ob Kunststoff- oder Glasbehälter, der Sensor zeigt sich bei Wandstärken bis 6 mm unbeeindruckt von Anhaftungen und Kondensat. Eine weitere Neuheit ist der kamerabasierte Multicode-Leser IDC200, der alle gängigen 1D- und 2D-Codes identifiziert. Er ermöglicht es damit, Bauteile und Produkte effizient zu identifizieren und zu tracken. Das kompakte Gerät ist in wenigen Sekunden einsatzbereit: per USB-C Kabel anschließen, IP-Adresse ins Webinterface eintragen und Auto-Setup drücken.

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

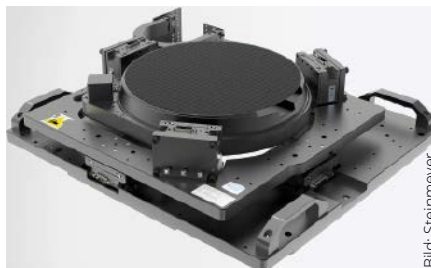


**Maschinensteuerungen flexibel einrichten**

Die Bewegungssteuerungsplattform Automation1 von Aerotech erhält ein Update: Version 2.6 wartet mit einer neuen Socketschnittstelle auf und bietet den Anwendern einen intelligenteren Arbeitsbereich für Maschineneinrichtung und -konfiguration. Daneben gibt es zusätzliche Machineapps-Anpassungsoptionen sowie diverse API-Verbesserungen.

So verfügt der Assistent für die Maschinenkonfiguration jetzt über weitere intelligente Konfigurationstools für System-Upgrades und Konfigurationsänderungen. Nach der Ersteinrichtung verfolgt das Machine Setup Tool alle Änderungen und aktualisiert nur die entsprechenden Elemente, die die Anwendung zusätzlich unterstützen und Fehler reduzieren. Zudem sorgt eine verbesserte Power-User-API nun dafür, dass auch lange Programmdateien mit der neuen Befehlswarteschlange für die .NET- und C-APIs problemlos an den Controller übertragen werden können. Für den Labview-Gerätetreiber wurde außerdem eine Controller-Hilfedokumentation hinzugefügt.

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



**6-Achs-Manipulator für die Halbleiterinspektion**

Der neue 6-Achs-Manipulator von Steinmeyer Mechatronik besteht aus einem Kreuztisch in der Horizontalen sowie einem Tripod für Vertikalhub und zwei Kippungen und kombiniert damit die Stärken kartesischer und parallelkinematischer Konstruktionen in einem System. Die kartesische XY-Verstellung realisiert Verfahrenswege von  $\pm 15$  mm, die Vertikalachse des Tripods ist für Hübe von  $\pm 10$  mm ausgelegt. Die rotatorischen Achsen Rx und Ry ermöglichen Kippungen um  $\pm 2^\circ$ , die Drehung um die Vertikale Rz beträgt  $360^\circ$ . Durch die Wiederholgenauigkeit von  $\pm 2,5$   $\mu$ m beziehungsweise  $\pm 0,005^\circ$  lassen sich sehr präzise Alignment-Ergebnisse erzielen – bei Lasten bis 15 kg.

Der Manipulator verfügt über eine zentrale Durchlichtöffnung von 250 mm und kann für das Ausrichten von Wafern und Optiken bis 300 mm/12 Zoll eingesetzt werden. Für größere 450 mm/18 Zoll-Wafer und -Optiken sind Sonderausführungen erhältlich.

[www.steinmeyer-mechatronik.de](http://www.steinmeyer-mechatronik.de)

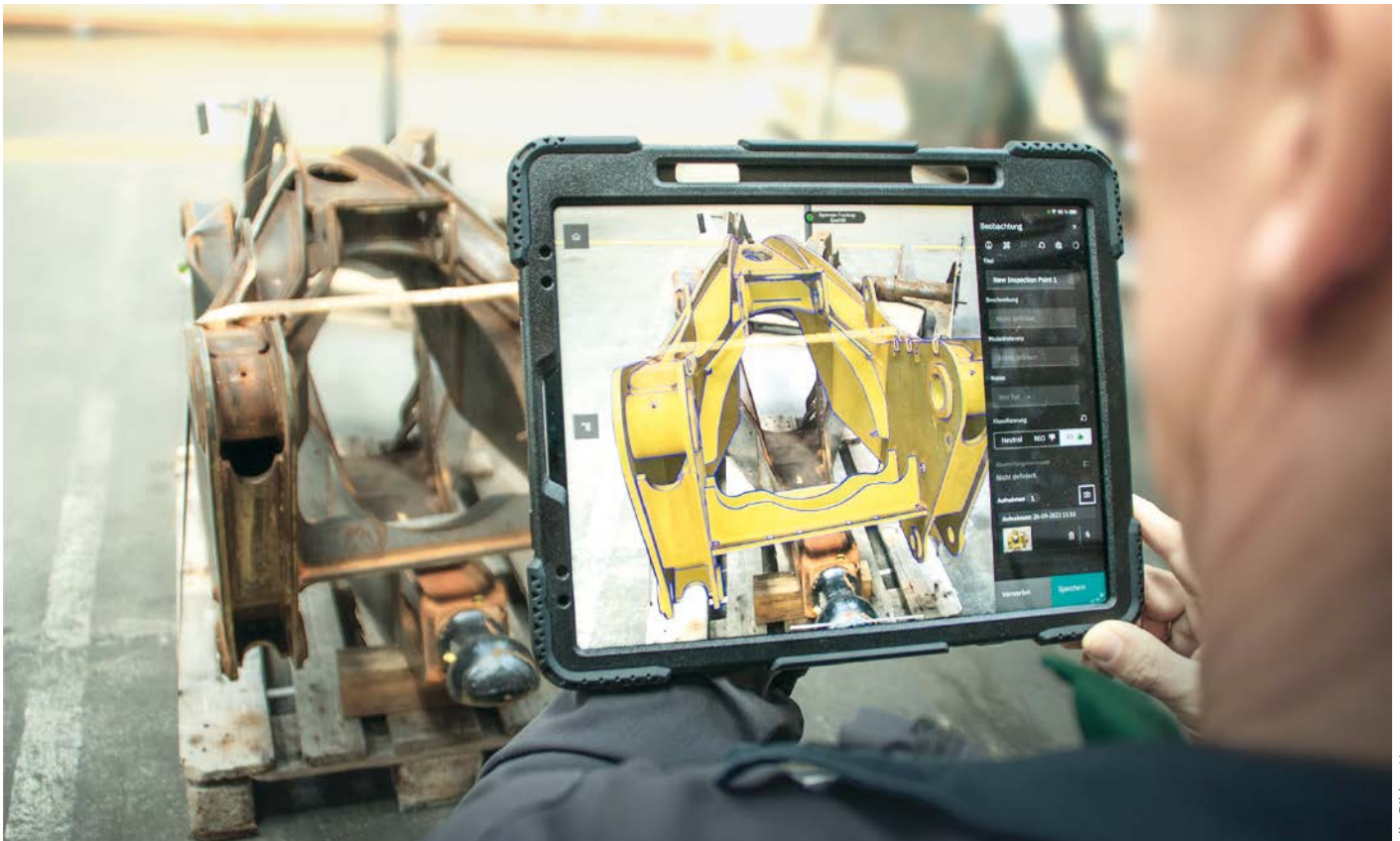
Jetzt  
**LESER**  
werden!

Lesen Sie die inspect oder messtec drives Automation jederzeit und überall.

Registrieren Sie sich auf:  
[www.wileyindustrynews.com](http://www.wileyindustrynews.com)



© bliemphotoz/stockphoto.com



alle Bilder: Krone

Die AR-Software Twyn gleicht die Bauteile und die CAD-Datensätze visuell ab, sodass Abweichungen hervorgehoben und vom Mitarbeiter direkt erkannt werden.

# Mit Augmented Reality Prozesse beschleunigen

Mobile AR-Lösung in der Agrarindustrie

**Landmaschinenhersteller Krone nutzt die Augmented Reality in der Qualitätsprüfung. Aber auch weitere Prozesse hat das Unternehmen damit optimiert, vom Wareneingang bis zur Montage komplexer Maschinen. Das Ergebnis: effizientere Logistik- und Fertigungsprozesse, ein höherer Durchsatz und weniger Fehler sowie Stillstandszeiten.**

Das Innovationspotenzial von AR in der Qualitätskontrolle ist enorm. Augmented Reality (AR) und digitale Zwillinge ermöglichen es, Fertigungsprozesse zu beschleunigen und flexibler zu gestalten. Der Landmaschinenhersteller Krone gehört hier zu den Pionieren. Neben bereits bestehenden Systemen, zu denen unter anderem Koordinatenmesssysteme (taktile und optische) gehören, schließt die Augmented-Reality-Inspektions-Software Twyn von Visometry die Lücke zwischen 2D-Zeichnung und den genannten herkömmlichen Systemen. Bei Krone ist Twyn täglich im Einsatz, um die Qualität von Eigenfertigungs- und Lieferantenartikeln zu überprüfen und Abweichungen von CAD-Daten schneller und effizienter zu erfassen und zu dokumentieren.

Die Einführung von Twyn und AR war bei Krone einfach: Nach einer kurzen initialen Schulung konnte das Unternehmen Twyn schnell in die alltäglichen Prozesse einbinden: die Lösung ist intuitiv und einfach zu bedienen.

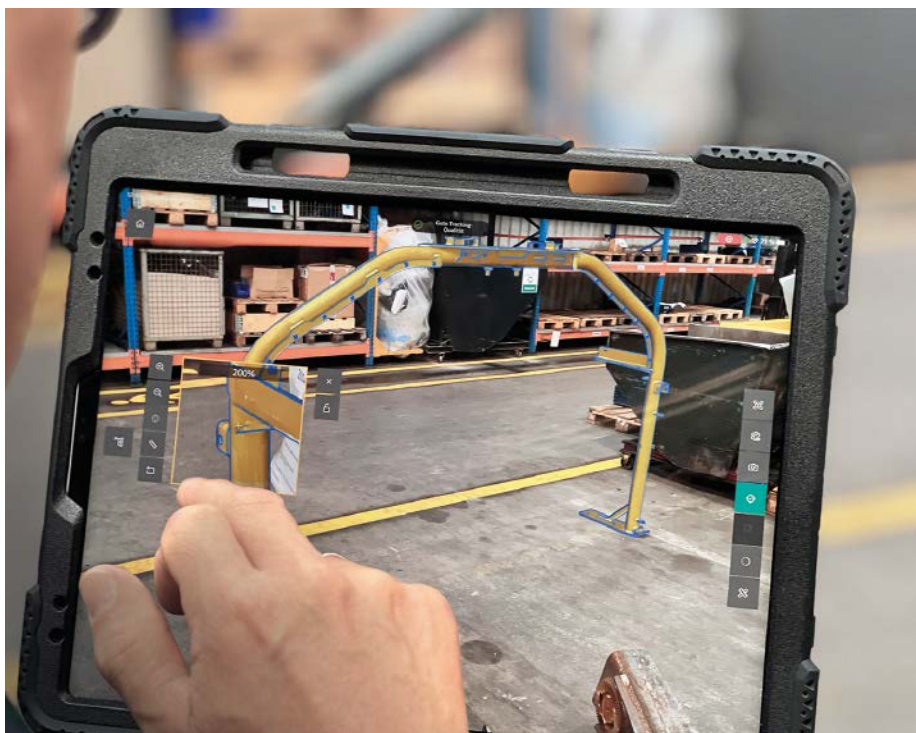
Der erste Einsatzbereich war der Wareneingang, wo die Logistikprozesse damit optimiert wurden: Nach der Einführung des AR-Systems war es nicht mehr nötig, die Teile in die Halle der Qualitätskontrolle zu bringen, weil die Mitarbeiter direkt am Bauteil die Inspektionen durchführen konnten. Dies ist besonders wertvoll für Krone, da viele Bauteile auf dem Außengelände gelagert werden.

Insbesondere beim Prüfen großer Teile – zum Beispiel das Chassis von Maschinen aus dem Bereich Transport- und Erntetechnik – war die Logistik vor dem Einsatz von Twyn

sehr aufwendig. Die AR-Lösung von Visometry ermöglicht eine Prozessoptimierung mit klaren Zeit- und Effizienzvorteilen.

## Abweichungen von Datensatz und Bauteil auf einen Blick erkennen

Mit AR und Twyn werden die Bauteile und die CAD-Datensätze visuell abgeglichen, sodass Abweichungen hervorgehoben und direkt erkannt werden. Vorher wurde dieser erste Kontrollschritt bei Krone mit 2D-Zeichnungen unterstützt und manuell durchgeführt. Des Weiteren ermöglicht es die Software, eine Abweichung anhand ihrer Merkmale einer vordefinierten Fehlerklasse zuzuordnen. Der Vorteil liegt in der Zeitersparnis und dem höheren Informationsgehalt, den Krone auf diese Weise generiert. Insbesondere der Wareneingangsprozess



Mit der AR-Software Twyn kann der Mitarbeiter auf dem Shopfloor direkt erkennen, ob das richtige Bauteil an der richtigen Stelle platziert wurde und kontrollieren, ob tatsächlich alle Bauteile montiert wurden.

lässt sich damit flexibel gestalten und die große Anzahl an Wareneingängen gezielter und intensiver prüfen.

### AR als Ergänzung für herkömmliche Messtechnik

Twyn ist bei Krone eine optimale Ergänzung zu bestehenden Messverfahren. Es hat kein anderes System ersetzt, aber es ermöglicht, schneller Entscheidungen zu treffen. Konkret heißt das, der Landmaschinenhersteller ist sehr früh in der Lage zu entscheiden, ob ein Bauteil mit einer zeitintensiven 3D-Messung bewertet werden muss oder es direkt für die Fertigung freigegeben wird.

Und auch bei einer notwendigen Messung des Objekts mit einem Koordinatenmess-

system kann Krone entscheiden, welcher Bereich von dem Bauteil genauer betrachtet werden soll. „Die eingesparte Zeit, die mit dem Einsatz des Visometry-AR-Systems gewonnen wurde, wird bei Krone genutzt, um andere Bauteile intensiver mit Metrologie-Systemen zu überprüfen“, bestätigt Thorsten Ahler, Leiter Zentrale Qualität bei Krone.

### Zeiteinsparung bedeutet einen höheren Durchsatz

Da bei Krone die gleichen Mitarbeiter die AR- und die Metrologiesysteme bedienen, können diese in derselben Zeit, mit denselben Ressourcen und Kapazitäten einen höheren Durchsatz an Bauteilen prüfen und freigeben. Denn die zeitintensiven Analysen mit komplexer Messtechnik sind nicht mehr von vorneherein notwendig.

Twyn wird seit 2021 an unterschiedlichen Produktionsstandorten der Gruppe eingesetzt. Die Software wird mit iPad oder iPhone-Geräten verwendet.

Den größten Nutzen liefert das System aktuelle in der Landtechniksparte in Spelle: neben der Wareneingangskontrolle auch in den frühen Phasen der Produktentstehung. Durch Twyn können die Partner und Lieferanten von Krone komplexe Bauteile mit den 3D-Daten abgleichen und kostenintensive Fehler in den folgenden Phasen der Herstellung vermeiden. Das reduziert auch die Transportkosten deutlich.

### Augmented Reality in der Problemanalyse

Ein weiterer Anwendungsbereich ist zum Beispiel die Problemanalyse: Hier hilft Twyn geometrische Abweichungen an komplexen

Schweißbaugruppen in montiertem Zustand zu lokalisieren. So lässt sich das fehlerhafte Bauteil schnell lokalisieren. Auch Probleme im CAD-Datensatz kommen so ans Licht.

Mittlerweile wird Twyn auch in den Vorserienprozessen implementiert: nicht nur bei den Lieferanten, sondern auch direkt bei Krone in der Vorserienmontage, wo das AR-System als Hilfsmittel für den Monteur zum Einsatz kommt: Die Software unterstützt hier bei der Kontrolle der Arbeitsschritte. Der Mitarbeiter kann auf dem Shopfloor direkt erkennen, ob das richtige Bauteil an der richtigen Stelle platziert wurde und kontrollieren, ob tatsächlich alle Bauteile montiert wurden.

Durch die intuitive und einfache Handhabung ist Twyn eine gute Unterstützung bei der richtigen Ausführung der manuellen Aufgaben. Es hilft dem Anwender durch die Visualisierung, das Endprodukt besser zu verstehen und präziser zu montieren.

Großes Unterstützungspotenzial bietet Twyn auch beim Schweißprozess und hier insbesondere beim händischen Heften: Die Bauteile müssen in einer vordefinierten Reihenfolge in eine Vorrichtung eingelegt werden: Mit der Software können die Mitarbeiter direkt prüfen und erkennen, ob und in welcher Reihenfolge die Spanner geschlossen wurden. Gerade weil es sehr ähnliche Bauteile sind, ist das System hier eine wesentliche Hilfe, um Verwechslungen zu vermeiden.

### Ein CAD-Datensatz reicht für den Einstieg in die Augmented Reality

Um Twyn zu nutzen, benötigt man lediglich ein CAD-Modell des zu prüfenden Objekts: Dazu werden die CAD-Daten einfach an einem PC ausgewählt, vorbereitet und auf das Tablet übertragen. Anschließend kann der Anwender direkt mit den Inspektionen beginnen, sodass er unterschiedliche Teile mit wenig Aufwand prüfen kann.

Die Mitarbeiter können auch vordefinierte Inspektionen durchführen. So lässt sich festlegen, aus welcher Perspektiven ein Teil betrachtet werden soll. Die Dokumentation erfolgt mit Bildern, sodass auch ungelernetes Personal einfach und fehlerfrei Inspektionen vollenden kann. Die Hürde für neue Mitarbeiter mit diesem System zu arbeiten, ist hierdurch sehr gering und bedarf nur einer sehr kurzen Einweisung. ■

#### AUTOR

Alberto Castiglioni  
Marketingleiter bei Visometry

#### KONTAKT

Visometry GmbH, Darmstadt  
info@visometry.com  
Tel.: +49 6151 155 274  
www.visometry.com

## Unternehmen im Detail

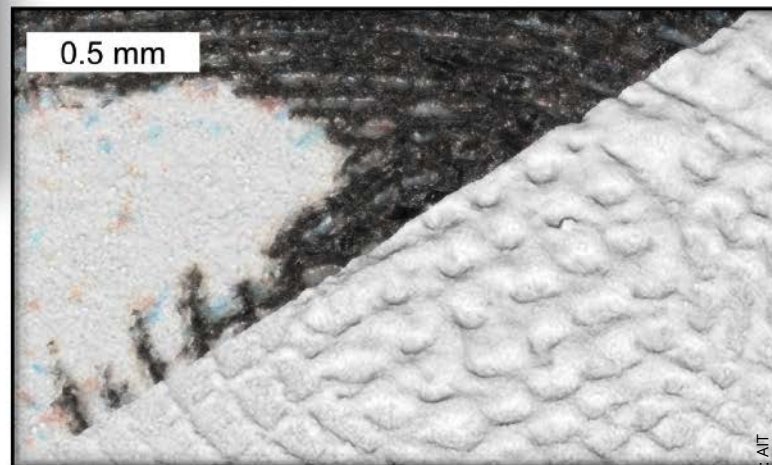
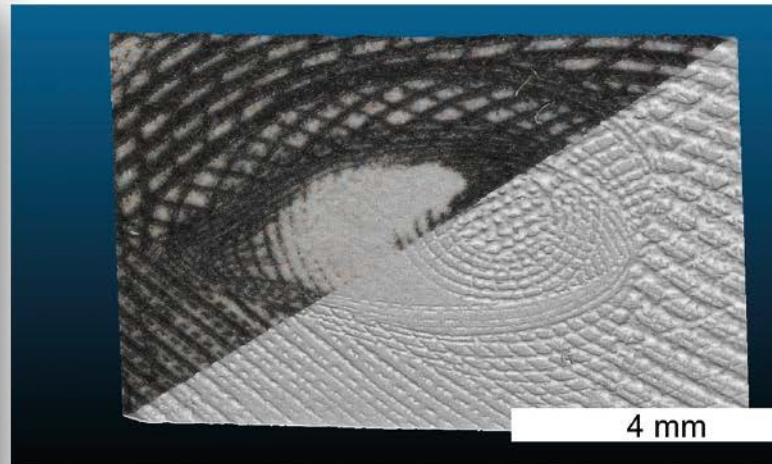
### Krone

Die familiengeführte Krone-Gruppe ist einer der größten Hersteller von Nutzfahrzeugen und Landmaschinen. Hierzu gehören Scheibenmäherwerke, Kreiseltzttwender, Kreiselschwader, Lade- und Dosierwagen, Rundballen- und Großpackenpressen sowie die beiden komplexen Selbstfahrer Big M (Hochleistungsmähaufbereiter) und Big X (Feldhäcksler). Zudem beschäftigen sich die Ingenieure mit der Entwicklung autonomer Landmaschinen. Der Konzern erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2021/2022 einen Umsatz von rund 2,5 Milliarden Euro und beschäftigt derzeit mehr als 5.700 Mitarbeitende.

BLICK IN DIE FORSCHUNG

# inspect

BLICK IN DIE FORSCHUNG



## Aktuelle Themen

- 50 Inline-3D-Mikroskopie für die Inspektion kleinster Details**  
Optische Qualitätssicherung für Elektronik- und Druckindustrie
- 52 Fraunhofer ITWM: Smartes Überwachen und Steuern von Prozessen mittels Edge-Computing**  
KI-gestützte, multisensorische und bildbasierte Datenverarbeitung

In Kooperation mit:



Bild: EMVA

Bild: AIT



# Inline-3D-Mikroskopie und Prozessüberwachung mit intelligenter Edge-Elektronik

In der letzten EMVA „Research meets Industry“-Rubrik dieses Jahres stellen wir nochmals zwei spannende Forschungsprojekte mit konkretem industriellem Anwendernutzen vor.



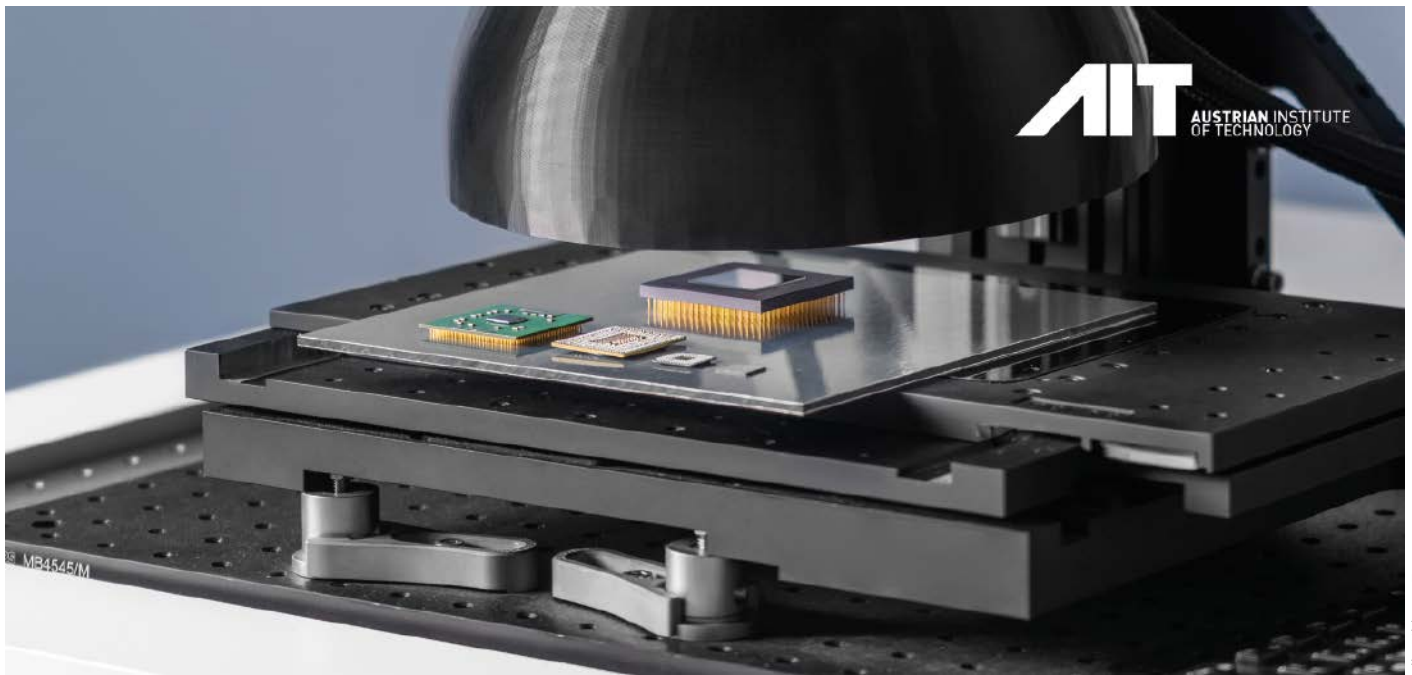
Bild: EMVA

Trotz zahlreicher Entwicklungen auf dem Gebiet der mikroskopischen 3D-Bildgebung gibt es bisher nur wenige inlinefähige Lösungen. Denn für gängige scannende Verfahren stimmt die Abtastrichtung mit der natürlichen Transportrichtung des Objekts in der Produktionslinie nicht überein, was diese Technologien in der Regel für schnelle Inline-3D-Prüfungen ungeeignet macht. Grund genug für das AIT Austrian Institute of Technology (AIT), mit ICI:Microscopy eine besonders hochauflösende Variante der ebenfalls am AIT entwickelten Technologie Inline Computational Imaging (ICI) vorzustellen. Bei ICI als Single-Sensor-Technologie besteht der Sensorkopf aus einer schnellen Flächenkamera, einem Objektiv und typischerweise vier oder sechs Beleuchtungen. Die natürliche Transportbewegung des Objekts wird für die simultane Erfassung genutzt. Mit bis zu 60 Millionen 3D-Punkten pro Sekunde eignet sich das 3D-Mikroskop vom AIT für die Qualitäts- und Prozesskontrolle mit hohen Durchsatzraten.

Im zweiten Beitrag steht das Verbundprojekt „Emilie“ als Abkürzung für Embedding Machine Intelligence Logic and IT Security into Edge Devices. Ein Ziel ist es, Daten auf Edge-Geräten sicher und robust zu erfassen und basierend auf einer Künstlichen Intelligenz (KI) zu verarbeiten, um mit den Informationen die Produktionsprozesse optimal steuern und überwachen zu können. Im Projekt wird eine industrielle Kamera weiterentwickelt und soll als Edge-Device zur Auswertung der Bilddaten genutzt werden. Die Hardware-Module der Kamera werden mit Bildverarbeitungs-Software und KI-Funktionalitäten zur intelligenten Datenverarbeitung erweitert. Dazu wird das am Fraunhofer ITWM entwickelte Bildverarbeitungstool Tool IP auf die Kamera-Hardware portiert. Im Gegensatz zu Beschleunigungs- oder wegmessenden Sensoren wird der bildgebende Ansatz auf einem definierten Abstand eingesetzt und ist weniger empfänglich für schwierige Umgebungsbedingungen.

Auch 2024 wird die „Research meets Industry“-Reihe wissenschaftlicher Beiträge zu Vision-Tech Themen mit konkretem Anwendernutzen fortgesetzt.

Thomas Lübckemeier, EMVA Geschäftsführer



Das Aufnahme-Setup des 3D-Inline-Mikroskops ICI Microscopy des AIT bestehend aus Kamera, Optik und Dombeleuchtung sowie mehrere Samples an der Prüfposition

alle Bilder: AIT

# Inline-3D-Mikroskopie für die Inspektion kleinster Details

Optische Qualitätssicherung für Elektronik- und Druckindustrie

Hohe Qualitätsstandards in der modernen Großserienproduktion und immer komplexer werdende Fertigungsprozesse verlangen nach einer leistungsfähigen Qualitätskontrolle direkt in der Produktionslinie. In vielen Bereichen wie der Elektronikfertigung oder im Verpackungs- und Sicherheitsdruck ist eine zerstörungsfreie optische Inline-Qualitätsinspektion mit gleichzeitig hochauflösender 2D- und 3D-Bildgebung unerlässlich. Ein österreichisches Forschungsinstitut hat für solche Anwendungen eine Technologie entwickelt, die photometrisches Stereo und Lichtfeld-Bildgebung vereint.

In den letzten Jahren haben neue Inline-Verfahren für die mikroskopische 3D-Bildgebung das Interesse von Wissenschaft und Industrie geweckt. Dennoch gibt es bisher nur wenige inlinefähige Lösungen. Gängige Methoden wie die Fokusvariation, konfokale Mikroskopie und Weißlichtinterferometrie sind scannende Verfahren, für die die Abtastrichtung mit der natürlichen Transportrichtung des Objekts in der Produktionslinie nicht übereinstimmt. Daher sind diese Technologien in der Regel ungeeignet für schnelle Inline-3D-Prüfungen. Das AIT Austrian Institute of Technology (AIT) setzt genau hier an und stellt mit ICI Microscopy eine hochauflösende Variante der – ebenfalls am AIT entwickelten – Inline-Computational-Imaging-Technologie (ICI) vor.

## Simultane 2D- und 3D-Aufnahme mit Inline Computational Imaging

Inline Computational Imaging (ICI) ist eine Single-Sensor-Technologie, die photometri-

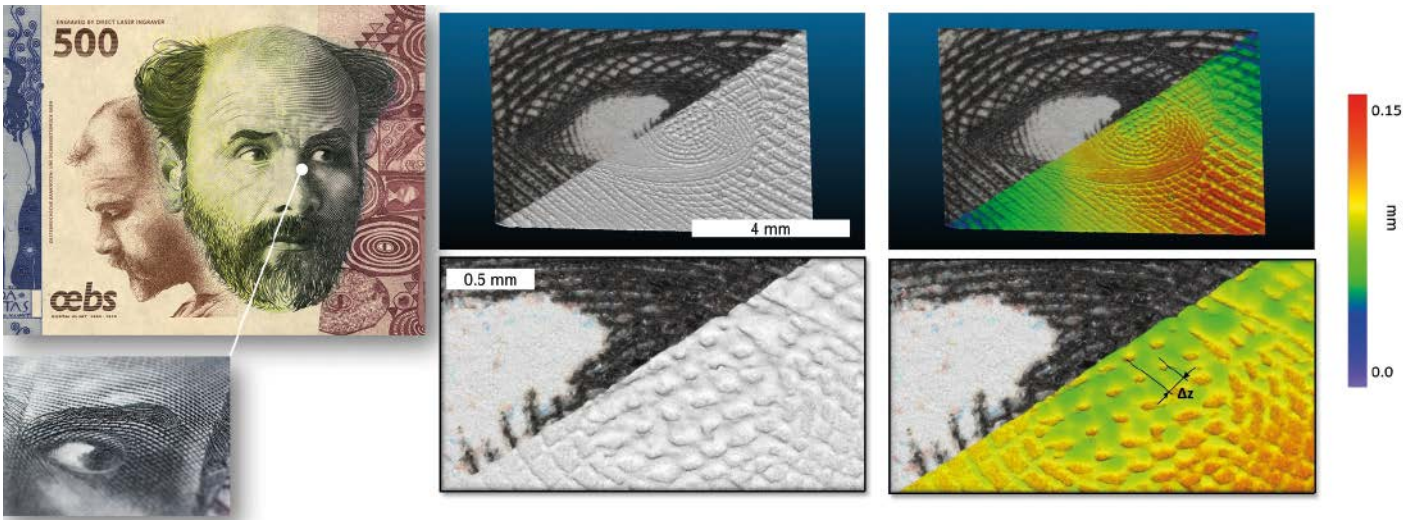
sches Stereo (PS) und Lichtfeld-Bildgebung (LF) vereint. Der Sensorkopf besteht dabei aus einer Flächenkamera, einem Objektiv und typischerweise vier oder sechs Beleuchtungen. ICI nutzt die natürliche Transportbewegung des Objekts für das simultane Erfassen aus verschiedenen Betrachtungs- und Beleuchtungsrichtungen. Während sich das Objekt unter der Kamera vorbeibewegt, nimmt das System eine Bildsequenz auf. Die Algorithmen kombinieren für jeden Bildpunkt die Tiefenschätzung aus dem Lichtfeld mit der Oberflächenrekonstruktion aus der photometrischen Stereoanalyse und erreichen damit eine hohe Rekonstruktionsgenauigkeit. Die 3D-Rekonstruktion wird dann als Punktwolke und Tiefenmap jeweils mit und ohne Konfidenzwerten bereitgestellt. Die ICI-Algorithmen berechnen daneben High-Dynamic-Range-, All-in-focus-, Hellfeld-, Dunkelfeld-, und Oberflächengradienten-

Bilder. ICI liefert somit nicht nur 3D-Daten, sondern auch pixelrekifizierte, hochwertige Farbbilder.

Seine Stärke kann das System dort am besten zeigen, wo hohe Genauigkeits- und Geschwindigkeitsanforderungen mit der Prüfung von komplexen Geometrien und schwierigen Oberflächeneigenschaften zusammentreffen, etwa in der Elektronikfertigung oder bei metallischen Oberflächen sowie im Verpackungs- und Sicherheitsdruck.

## Inline-3D-Mikroskopie mit Inline Computational Imaging

Bis vor kurzem war ICI auf die Prüfung von makroskopischen Merkmalen größer 15 µm pro Pixel beschränkt. Die Weiterentwicklung dieser Technologie ermöglicht nun auch ihren Einsatz für die Inline-3D-Mikroskopie. ICI Microscopy erreicht bei einem lateralen Sampling von 700 nm/Pixel (x/y) ein Tiefenrauschen von 1 µm (z).



links: Ausschnitt aus dem Foto einer Test-Banknote mit Sicherheitsmerkmalen; rechts: Tiefdruck im Bereich des Klimt-Auges aufgenommen mit ICI Microscopy. Die Höhe des Tiefdrucks auf dem Augapfel beträgt 57  $\mu\text{m}$ .

Das System basiert auf der Kombination von photometrischem Stereo und Lichtfeld, wie im Patent EP3647851A1 [1] beschrieben, sowie auf der Annahme einer konstanten Transportgeschwindigkeit des Objekts. So kann die üblicherweise rechenintensive Posenschätzung aus Structure-from-Motion-Algorithmen entfallen [6]. Dies ermöglicht eine ebenso schnelle Tiefenschätzung wie die eigentliche Bildaufnahme und schafft ein vollständig inline-fähiges Hochgeschwindigkeits-Prüfsystem mit Scangeschwindigkeiten von 12 mm/s, was etwa 17.000 3D-Zeilenprofilen pro Sekunde entspricht.

### Parallaxeneffekte für eine schnelle und präzise Inline-3D-Rekonstruktion

Während herkömmliche mikroskopische Inspektionssysteme telezentrische Projektionsoptiken verwenden, um Parallaxeneffekte zu vermeiden, nutzen die 3D-Algorithmen von ICI diese Parallaxeneffekte für die schnelle und präzise Inline-3D-Rekonstruktion. Das Sensor-Setup verwendet daher ein um eine zusätzliche Blende erweitertes telezentrisches Standardobjektiv. Die dadurch ermöglichte hyperzentrische Projektion führt zu einem Parallaxeneffekt, der von der Tiefenposition der beobachteten Struktur abhängt. Öffnung und Position der zusätzlichen Blende bestimmen die erzielbare laterale und Tiefenauflösung. Dies erlaubt eine schnelle anwendungsspezifische Anpassung, ohne optische Komponenten tauschen zu müssen.

Mit bis zu 60 Millionen 3D-Punkten pro Sekunde (2D-Bildinformation und 3D-Tiefeninformation simultan) ist dieses System wesentlich schneller als andere 3D-Mikroskopieverfahren mit vergleichbarem Punkt-zu-Punkt-Abstand. Daher ist es möglich, hochauflösende 3D-Oberflächenmodelle von Objekten zu generieren, wobei die 2D- und 3D-Informationen während einer kontinuierlichen Bewegung aufgenommen werden.

Das AIT-3D-Mikroskop eignet sich für die Qualitäts- und Prozesskontrolle in Bereichen mit hohen Durchsatzraten. Durch den schnellen Scanvorgang können trotz der hohen optischen Auflösung niedrige Taktzeiten eingehalten werden.

### Inspektion von Ball Grid Arrays

Bei der Fertigung von Ball Grid Arrays (BGA) die exakte Position und die Höhe der Balls (Lötkekugeln) qualitätsrelevant. Dabei muss sichergestellt werden, dass alle im richtigen Raster angeordnet sind und exakt die gleiche Höhe haben. Eventuelle Schmutzpartikel sollen zusätzlich erkannt werden. ICI Microscopy kann diese mit einer lateralen Sampling-Rate von 700 nm und einer Inspektionsgeschwindigkeit von 12 mm pro Sekunde aufnehmen. Die Kugelstruktur der BGAs lässt sich dabei gut rekonstruieren und der Abstand und die Höhe exakt ermitteln.

### Inspektion von Druckplatten

Metallisch glänzende Oberflächen sind für die automatisierte optische Inspektion typischerweise eine große Herausforderung. Dies trifft auch auf die Inspektion von hochglanzpolierten und laserstrukturierten Druckplatten für die Banknotenproduktion zu. Die 3D-Rekonstruktion einer von der Oesterreichischen Banknoten- und Sicherheitsdruck GmbH (OeBS) zur Verfügung gestellten Platte enthält Laserschnitte zwischen 25 und 350  $\mu\text{m}$  Tiefe. Trotz der sehr geringen Textur wird die Tiefenstruktur der Laserschnitte gut rekonstruiert und ist exakt messbar. [4]

### Inspektion von 3D-Strukturen auf Banknoten

Sicherheitsdokumente wie Banknoten oder Reisepässe werden mit sehr hohen Qualitätsstandards produziert. Die darin enthaltenen Sicherheitsfeatures sollen das Fälschen erschweren oder sogar unmöglich machen. Zu den Sicherheitsmerkmalen gehören Tiefdruckelemente. Sie werden mit hohem Druck

aufgebracht und erzeugen einen dreidimensionalen, haptisch spürbaren Effekt, ähnlich einer Prägung. ICI Microscopy ermöglicht die Inline-Prüfung der 3D-Strukturen dieser Tiefdruckelemente. Eine ebenfalls von der OeBS zur Verfügung gestellte Klimt-Test-Banknote weist unterschiedliche Sicherheitsmerkmale auf. Der Tiefdruck um das Klimt-Auge wurde in einer Fläche von circa 8 x 6 mm aufgenommen. Die Höhe des Tiefdrucks im Augapfel konnte mit 57  $\mu\text{m}$  gemessen werden.

### Patente

[1] EP3647851A1, L. Traxler, S. Štolc; Microscopy device for producing three-dimensional images, European Patent Office 2019

[2] EP3985608A1, L. Traxler, S. Breuss, S. Štolc, B. Blaschitz; Computer-implemented method for creating multidimensional object data structures, European Patent Office 2021

### Literatur

[3] B. Blaschitz, S. Breuss, L. Traxler, L. Ginner, S. Štolc, „High-speed Inline Computational Imaging for Area Scan Cameras“, in *Electronic Imaging* 33, pp. 301/1-301/6, <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2021.6.IRIACV-301>

[4] L. Ginner, S. Breuss and L. Traxler, „Fast Inline Microscopic Computational Imaging“, in *Sensors* 22, 7038, 2022, <https://doi.org/10.3390/s22187038>

[5] L. Traxler, L. Ginner, S. Breuss and B. Blaschitz, „Experimental Comparison of Optical Inline 3D Measurement and Inspection Systems“, in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 53952-53963, 2021, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3070381

[6] L. Traxler and S. Štolc, „3D microscopic imaging using Structure-from-Motion“, in *Electronic Imaging* 31, pp. 1-6, 2019, DOI: 10.2352/ISSN.2470-1173.2019.16.3DMP-003

### KONTAKT

AIT Austrian Institute of Technology GmbH,  
Wien, Österreich  
Tel.: +43 664 8839 0002  
E-Mail: [petra.thanner@ait.ac.at](mailto:petra.thanner@ait.ac.at)  
[www.ait.ac.at/ici](http://www.ait.ac.at/ici)



Bild: Gebr. Pfeiffer

Im Projekt Emilie wird das Potenzial von intelligentem Edge Computing in der Praxis verdeutlicht: Mahlwerke von Gebr. Pfeiffer werden um smarte Edge-Geräte erweitert, damit sie automatisiert und energieeffizient betrieben werden können.

# Smartes Überwachen und Steuern mittels Edge-Computing

KI-gestützte, multisensorische und bildbasierte Datenverarbeitung

Eine mittelgroße Zementmühle hat allein für das Aufmahlen des Zementklinkers einen jährlichen Energiebedarf von etwa 20 GWh. Hier liegt ein riesiges Optimierungspotenzial, das sich mit einer KI-basierten Anlagensteuerung heben lässt. Da Kalksteinmahlwerke in der Nähe von Kalksteinbrüchen betrieben werden, also in entlegenen Gebieten, ist eine lokale Datenverarbeitung mittels Edge-Computing unumgänglich.

Im Forschungsvorhaben Emilie (Embedding Machine Intelligence Logic and IT Security into Edge Devices) entwickelt das Fraunhofer ITWM gemeinsam mit den Partnern Real-Time Systems, Mobotix, Gebr. Pfeiffer, Magnetic Sense und der Hochschule Bremen Lösungen auf Basis intelligenter Edge-Elektronik. Ziel ist es, Daten auf Edge-Geräten sicher und robust zu erfassen und basierend auf einer künstlichen Intelligenz (KI) zu verarbeiten, um mit den resultierenden Informationen im Schaltschrank die Produktionsprozesse zu steuern und zu überwachen.

## Smarte Sensorik und KI für effizientere Produktion

Im Projekt Emilie wird das Potenzial von intelligentem Edge Computing an zwei Prozessen aus der Praxis verdeutlicht: Mahlwerke von Gebr. Pfeiffer werden um smarte Edge-Geräte

erweitert, damit sie automatisiert und energieeffizient betrieben werden können. Erste Tests an den einzelnen Komponenten laufen an einer Versuchsmühle im Technikum von Gebr. Pfeiffer in Kaiserslautern. Die zweite Praxisanwendung sind Turbosätze, die von Hima betreut werden.

Erreicht werden sollen ein messbar höherer Durchsatz, eine höhere Energieeffizienz und eine effektivere Abschätzung des verbleibenden Abnutzungsvorrats. Die Integration von KI-Verfahren in signalverarbeitende Analysen ermöglicht das sichere Überwachen von Betriebszuständen mit ressourcenschonender prädiktiver Instandhaltung, um geplante und ungeplante Ausfälle zu verringern, sowie die automatisierte, zustandsbasierte Prozesssteuerung der Anlagen in effizientere Bereiche.

Um auf sensorischer Ebene die hierfür erforderliche sichere, robuste und echtzeitnahe Überwachung von Schwingungen im

Produktionsprozess zu ermöglichen, wird die Elektronik folgender Sensoren und Edge-Geräten zur Ausführung intelligenter Datenverarbeitungen weiterentwickelt:

- Um die Abstands- und Temperaturkompensation zu verbessern, wird ein magnetostriktiver Sensor zur Kraftmessung von Magnetic Sense erweitert. Für die Sensorplatte werden intelligentere Algorithmen entwickelt, die es erlauben, neben Temperatur und Drehmoment auch Drehzahl und Drehwinkel der Welle zu berechnen, an der der Sensor angebracht ist.
- Eine Industriekamera von Mobotix wird zur Vibrationsüberwachung hard- und softwaretechnisch weiterentwickelt, um auf ihr direkt Gehäuseschwingungen von frei konfigurierten Bildpunkten zu extrahieren und die Amplituden als Wegsignale kanalbasiert zu jedem Punkt weiterzugeben.

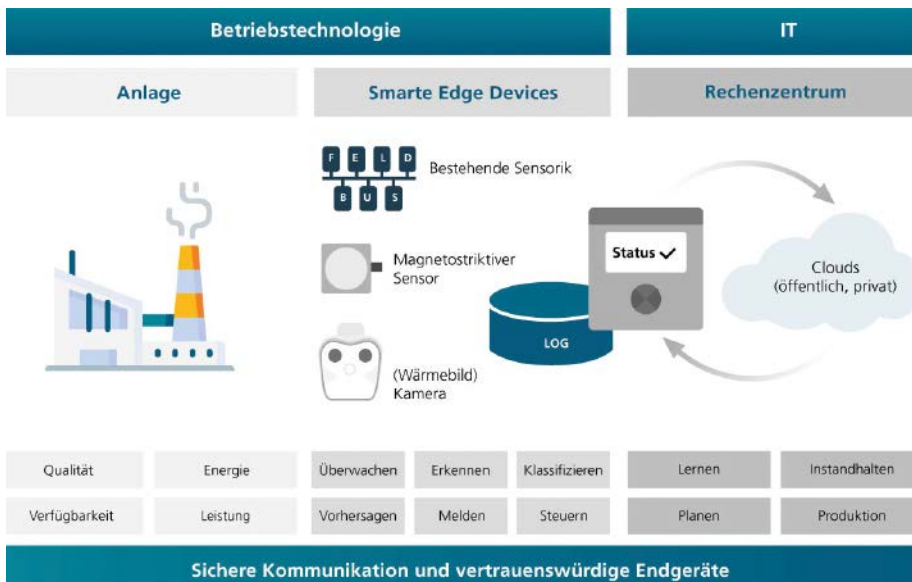


Bild: Fraunhofer ITWM

**Zusammenspiel und Querschnittsthemen des intelligenten Edge Computings in Produktionsprozessen: Das IOT Gateway ermöglicht hierbei eine Art galvanischer Trennung zwischen OT und IT.**

- Das IOT-Gateway Arendar von Real-Time Systems wird über Co-Prozessorkarten erweitert, die es ermöglichen, passend zur angebotenen Sensorik multivariate Analysen über mehrere Sensorkanäle zu bündeln, sodass umfassende Merkmale zur Maschinendynamik angeboten werden können. Auf dieser Basis bildet das Gateway die Grundlage für Anwendungen über Monitoring, Diagnose, Prognose und Optimierung.

Das Fraunhofer ITWM hat einen Demonstrator entwickelt, der diese drei Komponenten vereint. Daran können die Software-Komponenten von Emilie unter kontrollierten Bedingungen weiterentwickelt und getestet werden. Als Prüfobjekte dienen zwei Lüfter.

### Das Mehraugenprinzip für Produktionsprozesse

Im Projekt werden rotierende Elemente (zum Beispiel Spindeln oder Antriebswellen) und schwingende Gehäusekomponenten (zum Beispiel Lager, Kupplungen, Getriebe) von Maschinen sensorisch überwacht. Im Fokus stehen das instantane Drehmoment und Gehäuseschwingungen. Zum Einsatz kommen berührungsfreie Drehmomentensensoren von Magnetic Sense, Beschleunigungssensoren (Mems oder Piezo) und kamerabasierte Abstandsmessungen. Die Signale werden multisensorisch zeit-synchron erfasst und durch multivariate Analysen miteinander verschränkt, um Aufschluss über die Interaktion von zum Beispiel Torsions- und Gehäuseschwingungen in Form von Korrelationen, Kohärenzen, Hauptkomponenten etc. zu erhalten und in Form von Modellen zu repräsentieren. Auf diese Weise lassen sich komplexe Maschinendynamiken in Produktionsstrecken darstellen und Soll-Ist-Vergleiche von erwarteten und gemessenen Betriebszuständen bereitstellen.

Der Ansatz ist maschinenunabhängig, kann auf gängigen Industrie-PCs installiert werden und ermöglicht den flexiblen Aufbau von Condition-Monitoring- und Predictive-Maintenance-Systemen auch für Sonderanlagen.

### Intelligente bildbasierte Datenverarbeitung: Der Blick von außen hilft

Bildgebende Verfahren auf Basis hochauflösender Kameras ermöglichen es, erregte Vibrationen an beliebigen Punkten der Gehäusekomponenten global zu überwachen. Im Gegensatz zu Beschleunigungs- oder wegmesenden Sensoren kommt dieser bildgebende Ansatz nicht direkt an der Maschine, sondern mit einem definierten Abstand zum Einsatz. Hierdurch ist das System weniger empfänglich für schwierige Umgebungsbedingungen und ergänzt dadurch die anderen Sensoren.

Im Projekt wird eine Mobotix-Kamera weiterentwickelt und soll als Edge-Device zur Auswertung der Bilddaten genutzt werden. Hierzu sollen die Hardware-Module der Kamera mit Bildverarbeitungs-Software und KI-Funktionalitäten zur intelligenten Datenverarbeitung erweitert werden. Dazu wird die am Fraunhofer ITWM entwickelte Bildverarbeitungs-Software Tool IP auf die Kamera-Hardware portiert.

Um die Vibrationen anhand von Bildsequenzen abzuschätzen, existieren diverse Methoden. Um die bestmögliche Auswahl zu treffen, entwickelt das Fraunhofer ITWM derzeit mehrere Ansätze, die es mit dem Demonstrator testet und miteinander vergleicht.

Einige der prominentesten Methoden sind Optical Flow, Block Matching und Diffeomorphic metric mapping. In dieser ersten Projektphase werden zunächst die ersten beiden Verfahren näher betrachtet. Beide Verfahren verfolgen die Bewegung eines Objekts über

mehrere aufeinanderfolgende Videoframes hinweg. Der Optical Flow einer Bildsequenz stellt das Vektorfeld der Geschwindigkeit sich bewegender Punkte dar und wird approximativ mit differentiellen Verfahren berechnet. Beim Block Matching hingegen wird ein Bild in mehrere Blöcke unterteilt, die in den folgenden Videoframes lokalisiert werden.

Um die Qualität der Methoden verifizieren zu können, wurde eine Kantendetektion genutzt, bei der die Kanten der Lüfter extrahiert und ihre zeitliche Bewegung mithilfe statistischer Verfahren berechnet wurde. Für all diese Methoden ist zunächst eine Vorverarbeitung der Bilddaten nötig, bei der beispielsweise Rauschen unterdrückt wird und die Informationen eines Bildes auf die wesentlichen Elemente reduziert werden. Mit dem Demonstrator konnten Videosignale von schwingenden Lüftern erzeugt werden, die verschiedene Szenarien darstellen. Dieses Bildmaterial wird genutzt, um die verschiedenen Methoden zur Schwingungsschätzung zu implementieren, umfassend zu testen und anschließend optimal auf die konkreten Anwendungen übertragen zu können. ■

### Das Verbundprojekt Emilie

Emilie steht für Embedding Machine Intelligence Logic and IT Security into Edge Devices und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Ziel ist es, die Elektronik dezentraler, lokal an Industrieanlagen angebrachter Sensoren (hier magnetostruktive Sensoren und hochauflösende Kameras) und Edge-Gateways signifikant zu verbessern, um eine sicherere, KI-basierte Datenerfassung und -verarbeitung zu ermöglichen. Dabei haben die Forschenden unter anderem die Energieeffizienz großer Mühlen im Blick. Das Projekt läuft bis Mitte 2025.

#### AUTOREN

**Mark Maasland**

Projektleiter in der Abteilung „Bildverarbeitung“ des Fraunhofer ITWM

**Benjamin Adrian**

Stellvertretender Abteilungsleiter „Systemanalyse, Prognose und Regelung“ des Fraunhofer ITWM

**Paula Engl**

wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung „Bildverarbeitung“ des Fraunhofer ITWM

#### KONTAKT

Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern  
Tel.: +49 631 31600 4445  
E-Mail: mark.maasland@itwm.fraunhofer.de  
www.itwm.fraunhofer.de/emilie



Die WTR-Andretti-Fahrer gewannen das 24-Stunden-Rennen von Daytona 2023

Alle Bilder: Wayne Taylor Racing

# 3D-Scanner verbessert die Aerodynamik und den Fahrerkomfort von Langstrecken-Rennwagen

Optischer KMG-Scanner im Einsatz bei Rennteam

Um die Formveränderungen an der Unterseite eines Rennwagens zu testen, um Abtrieb und Aerodynamik zu erhalten, verwendet ein Rennteam einen optischen KMG-Scanner mit 15 Laserkreuzen und einer Messrate von 1,8 Millionen Messungen pro Sekunde. Er wurde auch eingesetzt, um die Ergonomie des Cockpits zu optimieren, damit sich der Fahrer besser konzentrieren und während des gesamten Rennens sein Bestes geben kann.

In ihrem unerbittlichen Streben nach dem Sieg suchen Tausende von Rennteams ständig nach Lösungen, um sich zu verbessern und einen Vorsprung vor der Konkurrenz zu erlangen, was zu Fortschritten in der Fahrzeugtechnik, der Aerodynamik, der Fahrerergonomie und der Implementierung von Spitzentechnologien führt. Ein solches Team, das im IMSA WeatherTech Sportscar Championship und der nordamerikanischen Lamborghini Super Trofeo Series angetreten ist, ist Wayne Taylor Racing mit Andretti Autosport (WTR Andretti). WTR Andretti mit Sitz in Indianapolis, Indiana, der Welthauptstadt des Motorsports, ist eine globale Motorsportorganisation, die bestrebt ist, Top-Langstreckenrennen und Meisterschaften zu gewinnen.

## Optimierung der Unterboden-Aerodynamik mit 3D-Messtechnik

Um die Aerodynamik seiner Sportwagen zu optimieren und den Fahrern mehr Komfort zu bieten, hat sich das Team mit Creaform zusammengetan, einem Geschäftsbereich von Ametek, einem Anbieter von tragbaren 3D-Messlösungen und Engineering Services, um dessen Geräte in das Engineering-Toolkit von WTR Andretti aufzunehmen. Aerodynamik ist der Schlüssel zur Gesamtleistung für Langstrecken-Rennwagen. Sie erhöht die Geschwindigkeit sowie die Stabilität des Fahrzeugs und verringert den Kraftstoffverbrauch.

Eine der Strategien, die das WTR Andretti-Entwicklungsteam zur Verbesserung der

Aerodynamik seiner Fahrzeuge einsetzt, ist die Unterboden-Aerodynamik. Der Unterboden ist entscheidend für die Erzeugung des Anpressdrucks und die Steuerung des Luftstroms auf der Rennstrecke. Außerdem optimiert sie die Haftung des Fahrzeugs. Aufgrund seiner Position kommt der Unterboden des Fahrzeugs immer wieder mit der Rennstrecke in Berührung, was zu Verschleiß und Abnutzung führt. Daher ist das Testen des Unterbodens auf diese Formveränderungen entscheidend für die Aufrechterhaltung des Anpressdrucks und der Aerodynamik.

Lange Zeit verwendete das Rennteam herkömmliche Werkzeuge wie Maßbänder oder Messschieber, um sämtliche Defekte und Verformungen an den Unterböden zu



WTR-Andretti-Ingenieur beim Scannen eines speziellen Teils mit dem Creafom Metrascan 3D.

analysieren und zu messen. Diese konnten jedoch die Komplexität dieser Verformungen nicht abbilden und nur sehr rudimentäre Messwerte liefern. Der gesamte Prozess konnte mehrere Stunden in Anspruch nehmen, was nicht optimal war. Um den Messvorgang zu beschleunigen und so viele genaue Daten wie möglich zu erhalten, griff das Team auf professionelle 3D-Scanner zurück.

Mit dem Metrascan 3D, einem optischen KMG-Scanner von Creafom, der rund 15 Laser-Fadenkreuze und eine Messrate von 1.800.000 Messungen pro Sekunde verfügt, können die Ingenieure von WTR Andretti nun innerhalb von Minuten genaue Messungen von komplexen Oberflächen durchführen. Durch das Erstellen eines exakten digitalen 3D-Modells des Fahrzeugunterbodens vor und nach dem Rennen können sie nun feststellen, wie stark der Unterboden des Fahrzeugs beschädigt und abgenutzt wurde, in welchem Verhältnis dies zu den aerodynamischen Verlusten steht und welche Teile besser geschützt werden müssen.

„Im Gegensatz zu anderen Rennserien kommt es bei Langstreckenrennen 24 Stunden lang zu Verschleiß und Abnutzung und es geht darum, diese Schäden zu verstehen und dann die entsprechenden Teile zu optimieren“, sagt Brian Pillar, Technischer Direktor bei WTR. „Die Creafom-Scantechnologie hilft uns, diesen Verschleiß zu erkennen und zu analysieren, welche Bereiche wichtig sind und welche ignoriert werden können, um weiterhin Spitzenleistungen auf der Strecke zu erzielen.“ Dank des Zugangs zu professionellen 3D-Scannern kann das Team alle Messaufgaben in der Werkstatt selbst durchführen, sodass diese nicht an andere Anbieter vergeben werden müssen, was ebenfalls wertvolle Zeit spart.

### Individuelles Cockpit-Design für einen hohen Fahrerkomfort

Aber nicht nur die Aerodynamik des Unterbodens konnte das Team mit der neuen

Messtechnik verbessern. Seit der Einbindung des 3D-Scanners in den Design-Workflow haben die Ingenieure zahllose, manchmal unerwartete Anwendungen in der Werkstatt gefunden. Eine davon ist die Optimierung der Cockpit-Ergonomie, damit sich die Fahrer während des Rennens wohler fühlen.



WTR-Andretti-Ingenieure scannen den Unterboden des Rennwagens Konica Minolta Acura ARX-06 mit dem Creafom Metrascan 3D.

Langstreckenrennen können mehrere Stunden oder sogar einen ganzen Tag dauern und sind eine enorme körperliche und geistige Belastung für die Fahrer. Eine optimale Cockpit-Ergonomie, zum Beispiel gut positionierte Bedienelemente, stützende Sitze und die richtige Platzierung der Pedale, trägt dazu bei, die Ermüdung und das Unbehagen des Fahrers zu verringern, sodass er sich konzentrieren und während des gesamten Rennens sein Bestes geben kann.

Ein gut durchdachtes, fahrerorientiertes Cockpit fördert auch die Konzentration und Wachsamkeit, sodass er schnell und effektiv auf sich ändernde Rennbedingungen reagieren kann, insbesondere bei schwierigen Wetterbedingungen oder in der Nacht. „Als Fahrer macht es einen großen Unterschied, ob du dich im Auto wohl fühlst oder nicht, besonders bei Sportwagenrennen“, fügt Ricky

Taylor, Fahrer bei WTR Andretti, hinzu. Darum beschloss das Team, eine digitale Nachbildung des gesamten Innenraums eines seiner technologisch fortschrittlichsten Autos, des Konica Minolta Acura ARX-06 mit der Startnummer 10, zu erstellen, um die Position des Fahrers sowie alle Komponenten im Cockpit zu bestimmen. Dazu wurde derselbe tragbare Scanner, der Metrascan 3D von Creafom, verwendet. Das Team war in der Lage, eine exakte digitale Kopie des Cockpits mit all seinen Elementen zu erstellen und zu sehen, welche Teile an die individuellen Eigenschaften und Vorlieben des Fahrers angepasst werden können. Auf Wunsch des Fahrers schuf das Team beispielsweise eine spezielle Halterung, die an das einzigartige Design des Rennwagens angepasst war, und montierte sie so, dass die Position des Fahrers und der Komfort im Cockpit nicht verändert wurden. Dank dieser einfachen Verbesserung fühlt sich der Fahrer im Auto wohler und ist besser vorbereitet.

Da Langstrecken-Rennwagen technologisch immer fortschrittlicher werden, benötigen sie ebenso schnelle und leistungsstarke Technologien, die es den Rennteams ermöglichen, an der Spitze ihres Sports zu bleiben.

3D-Scanner sind eines dieser technologischen Hilfsmittel, die nicht nur genaue Messungen und aerodynamische Analysen ermöglichen, sondern auch ein optimiertes Design leichtere Leistungsanalysen. Sie versetzen Rennteams in die Lage, datengestützte Entscheidungen zu treffen, Zeit im Designprozess zu sparen und letztlich die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Rennwagen auf der Strecke zu verbessern. ■

#### AUTOR

Jérôme-Alexandre Lavoie  
Produktmanager bei Creafom

#### KONTAKT

Creafom – Division der Ametek GmbH,  
Leinfelden-Echterdingen  
Tel.: +49 711 1856 8030  
E-Mail: [creafom.info.germany@ametek.com](mailto:creafom.info.germany@ametek.com)  
[www.creaform3d.com](http://www.creaform3d.com)



Bild: Polytec

Das Strainmaster-Portable-System ist modular aufgebaut. Es besteht aus Controller, Software, ein oder zwei Kameras, Beleuchtung sowie Mechanik und ist auch nachträglich erweiterbar.

# Spiegelnde Oberflächen mittels Bildkorrelation prüfen

Digitale Bildkorrelation (DIC) in der Qualitätssicherung

**Die digitale Bildkorrelation (DIC) in der Materialprüfung stößt an ihre Grenzen bei reflektierenden Bauteiloberflächen. Zwei neue DIC-Systeme lösen diese Aufgabe mit einem fluoreszierenden Speckle-Muster, das seine eigene Lichtemission erzeugt. Damit lassen sich zwei- oder dreidimensionalen Form-, Beanspruchungs-, und Deformationsanalysen durchführen, unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit.**

In der Materialprüfung gilt die digitale Bildkorrelation (Digital Image Correlation, DIC) als etabliertes Verfahren, um sehr genau und berührungslos Verformungen zu erkennen. Es gibt jedoch Anwendungen, bei denen sie mit dem üblichen Speckle-Muster aufgrund der Probenbeschaffenheit nicht funktioniert. Beispiele sind Abschattungen am Objekt, reflektierende sowie nasse Oberflächen oder wenn sich auf dem Untergrund keine Grundierung aufbringen lässt. Für solche Fälle gibt es jetzt eine Alternative: Das von Lavisision entwickelte „photogenic patterning“, das Polytec im Programm hat, kennt diese Schwierigkeiten nicht.

Auf der Oberfläche des Messobjekts wird dazu ein Speckle-Muster mit fluoreszierender Farbe aufgebracht, das seine eigene Lichtemission erzeugt. Da das emittierte Licht meist eine längere Wellenlänge als das zur Anregung eingesetzte hat, lässt sich das Fluoreszenzmuster isolieren und mit darauf abgestimmten Algorithmen zur digitalen Bildkorrelation auswerten. Eine Grundierung ist dazu nicht nötig und Abschattungen durch die Beschaffenheit der Probenoberfläche oder Geometrie sind nicht mehr kritisch.

Damit lässt sich auch das Verformungsverhalten von Materialien erforschen, bei denen die digitale Bildkorrelation bisher an Grenzen stieß.

## Digitale Bildkorrelationssysteme für die Bauteilanalyse

Polytec bietet gleich zwei DIC-Systeme an, die zur zwei- oder dreidimensionalen Form-, Beanspruchungs-, und Deformationsanalyse jetzt auch fluoreszierende Speckle-Muster nutzen können: Das modular aufgebaute Strainmaster-Portable-System besteht aus Controller, Software, ein oder zwei Kameras, Beleuchtung sowie Mechanik und ist auch nachträglich erweiterbar. Alle Prozessschritte der Messung von der Hardware-Steuerung über die Datenverarbeitung, Validierung, Darstellung und den Datenexport sind im System integriert. Parameter wie Auflösung, Field-of-View, Dehnungsbereich und Arbeitsabstand hängen von den verwendeten Beleuchtungen, Kameras und Optiken ab und lassen sich variabel an unterschiedliche Applikationen anpassen.

Beim digitalen Bildkorrelationssystem Strainmaster-Compact besteht der in einem

kompakten Gehäuse untergebrachte Messkopf aus zwei integrierten USB3-Kameras und einer LED-Lichtquelle. Der Vorteil des Systems liegt in seiner einfachen und schnell überschaubaren Bedienbarkeit sowie im einsteigerfreundlichen Preis. Vier Gerätevarianten mit unterschiedlichen Auflösungen und Sichtfeldern ermöglichen vorab eine Optimierung bezüglich der Anwendung. ■

## KONTAKT

Polytec GmbH, Waldbronn  
Tel.: +49 7243 604 0  
E-Mail: [info@polytec.de](mailto:info@polytec.de)  
[www.polytec.de](http://www.polytec.de)



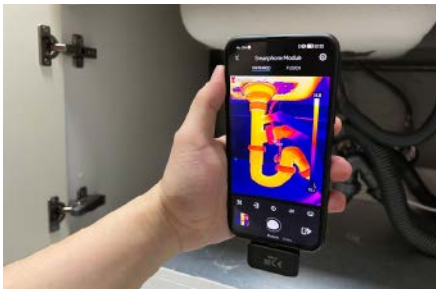


Bild: Hikmicro

### Thermografie fürs Smartphone

Wärmebildkamerahersteller Hikmicro stellt mit der Mini2 und der Mini2Plus zwei Module vor, die aus Android-Smartphones und -Tablets echte Wärmebildkameras machen. Im Vergleich zum Schwestermodell Mini1 steigt die Wärmebildauflösung auf 256 x 192 Pixel. Die Mini2 ist ein 20 g schweres, günstiges Wärmebildkameramodul für die Inspektion elektrischer Geräte im Haushalt und die Fehlerbehebung bei Problemen an Heizung, Kühlung, Lüftung oder im Sanitärbereich. Ausgestattet mit der funktionalen Viewer-App zeigt das Modul die Wärmebilder direkt auf Android-Smartphones und -Tablets. Angeschlossen wird das Modul über die USB-Typ-C Schnittstelle, über die auch die Stromversorgung läuft. Damit ist die Kamera immer sofort einsatzbereit, da sie nicht selbst aufgeladen werden muss. Außerdem ist der Anschluss über ein 40 cm langes Kabel möglich, was für größere Flexibilität bei der Inspektion sorgt.

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



Bild: Viscom

### Schnelle doppelseitige Inspektion

Viscom hat sein Inspektionssystem IS6059 Double-Sided Inspection vorgestellt. Es ist mit zwei Sensorköpfen ausgestattet, die auf separaten Verfahreinheiten Bilder und 3D-Höheninformationen aufnehmen, um ober- und unterseitige Fehler zuverlässig zu finden. Der Hintergrund: Wegen der hohen Ströme, die bei Anwendungen in Bereichen wie Elektrofahrzeuge, Ladeinfrastruktur oder erneuerbare Energien fließen, kommt insbesondere hier weiterhin die Durchsteckmontage zum Einsatz. Zusätzlich zur Bauteilprüfung auf der Oberseite muss auf der Unterseite entsprechend genauestens erkannt werden, ob ein Pin etwa komplett fehlt oder dieser vorhanden aber nicht verlötet ist. Auch lötfrei eingepresste Komponenten (Press-Fit) können mit dem Inspektionssystem geprüft werden.

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



Bild: Flir

### Kamera für thermografische Inspektionen

Teledyne Flir stellt die Wärmebildkamera Premium E8 Pro Edition für thermographische Inspektionen vor. Das Gerät verfügt über einen größeren 3,5-Zoll-Touchscreen und Cloud-Konnektivität mit Flir Ignite in demselben Formfaktor mit Pistolenriff wie herkömmliche Wärmebildkameras der E8-Serie. Über den Touchscreen kann der Anwender seine Aufnahmen über WLAN für Kollegen, Partner und Kunden freigeben, sogar mit Anmerkungen auf dem Bildschirm, um Ergebnisse hervorzuheben. Die Bilder können dann in die Ignite Cloud hochgeladen werden. Das erhöht die Effizienz und ermöglicht einen reibungsloseren Workflow. Das Multi-Spectral Dynamic Imaging (MSX) kombiniert eine 5-MP-Digitalkamera mit einer Wärmebildkamera. Die MSX-Funktion überlagert dazu die Konturen des sichtbaren Bereichs mit dem Wärmebild und bietet damit eine höhere Detailgenauigkeit und kontextbezogene Wahrnehmung ohne Einbußen bei den thermischen Daten. Das Werkzeug verfügt auch über eine integrierte LED-Lampe, um wichtige Details über MSX in Szenarien mit schwachem Licht zu erfassen und so die Entscheidungsfindung zu erleichtern.

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



Bild: Werth

### Multisensor-Koordinatenmessgerät in neuer Generation

Für Sensoren wie den Fiber Probe überarbeitete Werth Messtechnik das Gerätekonzept des Videocheck UA. Dies ermöglicht genauere Multisensor-Messungen mit den optischen, taktilen und taktil-optischen Sensoren des Herstellers. Bei der neuen genauigkeitsoptimierten Bauweise wurde die MPE für Euni auf (0,15 + L/2000 µm) reduziert. Die Videocheck-UA-Geräte verfügen über eine verbesserte Entkopplung von Umgebungsschwingungen, Langzeit-Temperaturstabilität und damit einen geringen Einfluss auf den Sensorversatz.

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

# Jetzt LESER werden!

Lesen Sie die inspect oder messtec drives Automation jederzeit und überall.

Registrieren Sie sich auf: [www.wileyindustrynews.com](http://www.wileyindustrynews.com)



# Index

FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE
<b>A</b> cced	21	Flir Systems	57	<b>O</b> pto	38
Aerotech	45	Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision	9	<b>Phil</b> -Vision	22
AIT Austrian Institute of Technology	50	Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen IIS	52	Phoenix Contact	42
AMD-Xilinx	21	Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA	9, 34	Polytec	56
Ametek	35, 54	Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM	52	<b>R</b> auscher	5, 28
AT – Automation Technology	3, 26	Fujifilm Electronic Imaging Europe	15	RCT Reichelt Chemietechnik	21
Autovimation	33	<b>H</b> ikmicro	57	<b>Seco</b> Northern Europe	21
<b>B</b> alluff	6	<b>IDS</b> Imaging Development Systems	15, 32	Smart Vision Lights	15
Basler	41	IIM	Titelseite, 10	Steinmeyer Mechatronik	45
Baumer	45	Innereye	36	<b>T</b> amron Europe	2. Umschlagseite
Büchner Lichtsysteme	23	Instrument Systems	9	Teledyne e2v	18
<b>C</b> hromasens	16	<b>L</b> aser Components	8	Teledyne Dalsa	41
Cognex Germany	41	Lucid Vision Labs	41	TQ-Systems	24
Creaform	8, 54	<b>M</b> BJ	15, 41	<b>V</b> ero Software	17
<b>D</b> i-Soric	30	Mesago	6	Vieworks	9
<b>E</b> dmund Optics	7, 27	Micro-Epsilon Messtechnik	45	Viscom	57
Emergent	21	MVTec Software	15	Vision Components	41
EMVA – European Machine Vision Association	6, 49			Visometry	46
Excelitas	8			<b>W</b> erth Messtechnik	57
<b>F</b> alcon Illumination	14, 19			<b>Z</b> ebra	9

# Impressum

## Herausgeber

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

## Geschäftsführer

Sabine Haag  
Dr. Guido F. Herrmann

## Publishing Director

Steffen Ebert

## Product Management

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

## Chefredaktion

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

## Redaktion

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

## Technical Editor

Sybille Lepper  
Tel.: +49/6201/606-105  
sybille.lepper@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.: +49/3603/893565  
leising@leising-marketing.de

## Herstellung

Jörg Stenger  
Kerstin Kunkel (Sales Administrator)  
Julia Reichelmann (Design)  
Ramona Scheirich (Litho)

## Wiley GIT Leserservice

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

## Sonderdrucke

Patricia Reinhard  
Tel.: +49/6201/606-555  
preinhard@wiley.com

## Bankkonto

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

Zurzeit gilt die Anzeigenpreislise vom 1. Oktober 2023

2023 erscheinen 9 Ausgaben  
„inspect“  
Druckauflage: 18.000 (3. Quartal 2023)

## Abonnement 2023

9 Ausgaben EUR 53,00 zzgl. 7 % MWSt  
Einzelheft EUR 17,00 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  
widerrufen 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 redaktionellen  
Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter  
Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu  
nutzen oder Unternehmen, zu denen gesell-  
schaftsrechtliche 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/Datenträger  
gen 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

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany  
ISSN 1616-5284



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Substantiven die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.



Mikroskopie



Spektroskopie



Separation



Ausrüstung



Laborautomation

# Bleiben Sie informiert, mit unseren themenfokussierten Newslettern.

Zusätzlich zu den deutsch- und englischsprachigen „Digest“-Newslettern, die einen Gesamtüberblick über das breite Feld der analytischen Chemie und der Laborbranche geben, bieten wir passend zu unseren fünf Themengebieten englischsprachige Newsletter an. Diese informieren über aktuellen Trends und Techniken in den Feldern Mikroskopie, Spektroskopie, Separationstechniken, Ausrüstung und Laborautomation.

Registrieren Sie sich unter:  
<https://bit.ly/WAS-Registrierung-NL>



© Olivea/Fotolia.com; Julien Eichinger; Rostislav Sedlacek - stock.adobe.com

WILEY

WILEY

Industry  
Talks

ONLINE  
ONLY  
Live & On-  
Demand

Mit Profis, Macher\*innen  
und Entscheider\*innen  
in Sachen Sicherheit

Jetzt  
anmelden

Spannende Talks  
zu den Themen:

- KRITIS
- Perimeterschutz
- Brandschutz
- Gefahrstoffe
- Zutritt
- Industrial Security



<https://events.bizzabo.com/WileyIndustryTalks>

Kontaktieren Sie uns!



**Miryam Reubold**  
+49 6201 606 127  
miryam.reubold@wiley.com



**Jörg Wüllner**  
+49 152 2258 4972  
joerg.wuellner@wiley.com



**Dr. Michael Leising**  
+49 3603 89 35 65  
mleising@wiley.com

**GIT SICHERHEIT**

**GIT SECURITY** EMEA



**Dr. Heiko Baumgartner**  
+49 6201 606 703  
heiko.baumgartner@wiley.com