

# inspect

WORLD OF VISION

23. JAHRGANG  
NOVEMBER 2022

6

Mit  
16-seitigem  
Beiliefer von  
**Edmund Optics**  
ab S.24

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

## Elektro- mobilität

Wie die Bildverarbeitung  
von der Verkehrswende  
profitiert

### Elektromobilität

Röntgenkameras: Technologie  
und Anwendungsmöglichkeiten  
**S. 11**

### Basics

Was bei Objektiven für  
Swir-Systeme zu beachten ist  
**S. 26**

### Vision

Miniaturcodes in großem  
Sichtfeld identifizieren  
**S. 40**

# WILEY

Partner von



WILEY

YOU **WHAT** YOU  
GET **WHAT** SEE

---

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

Wiley Industry News

**WIN**  **NEWS**

# Über den Erfolg von Elektroautos



Das Schöne an Plänen ist, dass das Aufstellen eines Plans stets Tatkraft und Initiative suggeriert, aber ansonsten überhaupt keine Mühe macht. Und je größer das Ziel, desto länger die Zeitspanne, in der man bei jeder Nachfrage auf das (noch weit) in der Zukunft liegende Ziel verweisen kann. Kein Wunder, dass sich solche ... sagen wir freundlich: „langfristig angelegten Projekte“ großer Beliebtheit in der Politik erfreuen, insbesondere bei gesellschaftlich essenziellen Themen wie der Mobilität. Erinnern Sie sich noch: Einst im Jahr 2008 gab die erste große Koalition das Ziel

aus, bis 2020 genau 1 Million Elektroautos auf deutsche Straßen zu bringen. Das war damals ungefähr so realistisch wie der Bau einer deutschen Mondrakete (womit man erst kurz vor knappen anfangen würde und ohne die wesentlichen Stellschrauben auch nur zu berühren). Aktuell gilt das Ziel von 10 Millionen Elektroautos bis 2030 und zusätzlich 1 Million öffentliche Ladepunkte. Derzeitiger Stand: Im vergangenen Jahr waren erstmals rund 540.000 rein batteriebetriebene Fahrzeuge in Deutschland gemeldet und 68.000 Ladepunkte installiert.

Es ist also noch ein weiter Weg zu gehen. Umso besser, dass unsere Branche davon profitiert und auch bereit dazu ist. Die Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung in der Elektromobilität explodieren regelrecht. Darum finden Sie in dieser Ausgabe den Sonderteil Elektromobilität. Dieser enthält unter anderem ein Interview mit Dr. Marc Wawerla, Leiter von Zeiss Industrial Quality Solutions, der über die Chancen für die Branche in diesem Bereich spricht.

Ebenfalls spannend ist der Artikel von Denis Lehmann über die Röntgentechnologie in der Elektromobilität. Er erklärt viele technische Details und gibt Einblicke in die Produktstrategie.

Nicht zu vergessen der wissenschaftliche Beitrag vom Fraunhofer IZFP in Saarbrücken. Dieser dreht sich um ein Prüfverfahren, das die Lotschichten sowie die Interkonnektor-Platten in Brennstoffzellen zerstörungsfrei mittels Thermografie untersucht.

Sie sehen also, in der industriellen Bildverarbeitung ist in Sachen Elektromobilität einiges los. Vielleicht färbt das ja auf die Politik ab.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen der Novemberausgabe der inspect.

**David Löh**

Chefredakteur der inspect



**Die industrielle Bildverarbeitung profitiert ganz erheblich vom Umstieg auf die Elektromobilität.«**

## OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



NEU

TECHSPEC®

### Athermische Bildverarbeitungsobjektive

- Hohe Auflösung über einen breiten Temperaturbereich
- Optothermische Stabilität durch passive Athermalisierung
- Robust gegen Stöße & Vibrationen
- Große Sensorabdeckung bis zu 1,1"

Erfahren Sie mehr unter:

www.edmundoptics.de/  
imaging



inspect  
award 2022  
winner

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

**EO** Edmund  
80 YEARS OF OPTICS





10 **Sonderteil  
Elektromobilität**



14 **Dr. Marc Wawerla, Zeiss:**  
„Für uns ist die Elektro-  
mobilität ein Riesenthema“

18 **Schichtdicken-  
prüfsystem für  
die Batteriezellen  
der BMW Group**



# Inhalt

## Topics

- 3 **Editorial**  
Über den Erfolg von Elektroautos  
David Löh
- 50 **Index / Impressum**

## Märkte & Management

- 6 **News**

## Sonderteil Elektromobilität

- 11 **Röntgenkameras: Technologie  
und Anwendungsmöglichkeiten**  
UV/Soft-Xray-Kameras in der  
Elektromobilität  
Denis Lehmann
- 13 **„Röntgenkameras identifizieren  
kleinste Abweichungen in den  
Aufbauschichten von Batterien“**  
Interview mit Denis Lehmann,  
Sales Engineer bei Ximea  
David Löh
- 14 **„Für uns ist die Elektromobilität  
ein Riesenthema“**  
Interview mit Dr. Marc Wawerla,  
Leiter Zeiss Industrial Quality Solutions  
David Löh
- 16 **Partikeldetektion in der Produktion  
und Montage von E-Auto-Batterien**  
Automatische Prüfsysteme erkennen  
kritische Verunreinigungen  
Kaan Fidan
- 18 **Schichtdickenprüfsystem für  
die Batteriezellen der BMW Group**  
Photothermisches Messverfahren  
in der Automobilindustrie
- 21 **Produkte**
- 22 **Fehler in Brennstoffzelelementen  
mit Thermografie ermitteln**  
Einblicke in die Forschung zu  
alternativen Antrieben  
Henning Walte, Dietmar Weber,  
Holger Neurohr
- 25 **Produkte**

## Basics

- 26 **Was bei Objektiven für  
Swir-Systeme zu beachten ist**  
Technische Grundlagen und  
Auslegungshinweise  
Ingo Foldvari

## Vision

- 30 **„Hauptaufgabe der KI-Anbieter  
ist jetzt, die Komplexität für den  
Anwender zu reduzieren“**  
Interview mit Kai Hartmann, Product  
Innovation Manager bei IDS  
David Löh
- 32 **Bildverarbeitungslösungen  
mit Deep Learning**  
2D- und 3D-Geräte für Inspektions-  
und Codelese-Anwendungen
- 34 **Cameralink HS Version 1.2 auf der  
Boston Vision Show vorgestellt**  
Bildverarbeitungsschnittstelle be-  
kommt mehr Bandbreite
- 35 **Produkte**

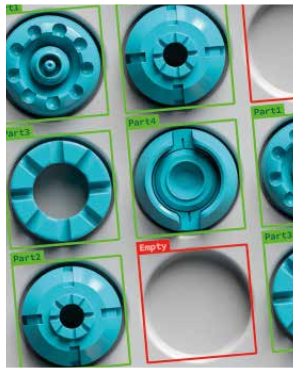


**Nutzen Sie  
unser kostenfreies  
ePaper!**

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

**Mit 16-seitigem Beihefter  
von Edmund Optics  
ab Seite 24**





30 „Hauptaufgabe der KI-Anbieter ist jetzt, die Komplexität für den Anwender zu reduzieren“

## Automation

- 38 Automatisches Lesen von Autokennzeichen**  
KI-gestützte Kennzeichenerkennung senkt Verwaltungsaufwand und reduziert Lagerbelegung  
Klaus Vollrath
- 40 Codelese-Komplettsystem identifiziert Miniaturcodes in großem Sichtfeld**  
Prüfen und Auslesen maschinenlesbarer Codes  
Laura Szabo
- 41 Produkt**
- 42 3D-Sensor mit hoher Reichweite in kompaktem Gehäuse**  
Time-of-Flight-Sensor für die Anwesenheits- oder Positionskontrolle

## Control

- 44 3D-Messtechnik verbessert Qualitätssicherung von Waschmaschinen**  
3D-Messsysteme in der Inspektion von Haushaltsgeräten
- 46 Auf den Spuren des Beutelwolfs**  
Evolutionärsbiologen nutzen 3D-Scantechnologie für die digitale Erfassung von 223 Schädeln von 57 Tierarten im Submillimeterbereich
- 48 Produkte**

Partner von:

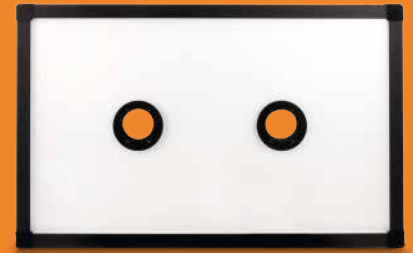


Willkommen im Wissenszeitalter. Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Gesellschaften und Einzelpersonen, um digitale Inhalte, Lernmittel, Prüfungs- und Zertifizierungsmittel zu entwickeln. Wir werden weiterhin Anteil nehmen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

WILEY

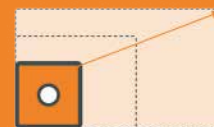


www.mbj-imaging.com



## Flex Auflicht für Machine Vision

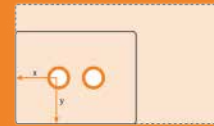
Die diffusen Auflichter der Flex Serie bieten viele Individualisierungsmöglichkeiten, um die Beleuchtungen an Ihre Bedürfnisse anzupassen:



Größe der Beleuchtung



Anzahl der Kameraöffnungen



Position der Kameraöffnungen



Größe der Kameraöffnungen



Jetzt scannen für mehr Infos.

## LED BELEUCHTUNGEN

Made in Germany





Bild: Turck

**Turck mit neuem Geschäftsführer**

Der 53-jährige Stefan Grotzke wird ab sofort gemeinsam mit Dr. Michael Gürtner die Werner Turck GmbH & Co. KG leiten. In der Geschäftsführung der Turck Holding wird Grotzke die Ressorts Produktion & Supply-Chain-Management (SCM) übernehmen, während Gürtner weiterhin für die Ressorts Entwicklung & IT verantwortlich ist. Die Geschäftsführer der Hans Turck GmbH & Co. KG, Christian Wolf und Christian Pauli, leiten in der Holding die Ressorts Vertrieb & Marketing sowie Finanzen, Personal & Recht. Stefan Grotzke verfügt über Erfahrung in den Bereichen Produktion und Supply-Chain-Management in internationalen Unternehmen. Nach seinem Studium der Fertigungstechnik und anschließendem Wirtschaftstudium an der Fachhochschule Bielefeld verantwortete er bei einem führenden Gas-Konzern den Aufbau verschiedener Produktionsstätten im In- und Ausland. Während der letzten vierzehn Jahre war Stefan Grotzke bei Murrelektronik als Geschäftsführer Operations verantwortlich für den Betrieb und die gesamte Supply-Chain der Produktionswerke.

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

**Visiconsult: Großer Andrang bei Vertriebskonferenz**

Mitte Oktober besuchten mehr als 60 Vertriebspartner Visiconsult zu einer Konferenz, um neue Themen rund um die NDT-Bereichsmarke VC-Xray zu entdecken. Die Gäste kamen aus fast 30 Ländern. Ziel war, sie über die Lösungen von VC-Xray im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung zu informieren.

Ein wesentlicher Bestandteil des Treffens war die Präsentation von XOS, der X-ray Operation Suite für die professionelle und umfassende Qualitätsprüfung. Sie deckt die Prozesse ab, die für die Rollen innerhalb

der Teileprüfung und des Qualitätsmanagements wichtig sind. Zudem gab es zahlreiche Präsentationen über weitere Röntgenlösungen und -technologien, Anwendungsberichte sowie Erfolgsgeschichten.

Ein weiteres Highlight war das Kennenlernen mit dem neuen Geschäftspartner Di-ondo und einem entsprechenden Vortrag zum Portfolio, das VC-Xrays bisherige Lösungen um High-end-CT-Systeme ergänzen wird.

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



Bild: Visiconsult

**VDMA prognostiziert Wachstum für deutsche Bildverarbeitung**

Die industrielle Bildverarbeitung in Deutschland wird 2022 voraussichtlich einen Umsatz von 3,3 Milliarden Euro erzielen – das entspricht einem Plus von 8 Prozent im Vergleich zum Vorjahr.

Die deutschen Hersteller industrieller Bildverarbeitung erzielten im vergangenen Jahr 97 Prozent ihrer Umsätze in den beiden Segmenten „Komponenten“ (50 Prozent) und „Systeme“ (47 Prozent). Die Exportquote dieser Geschäftszweige ist hoch. So erwirtschafteten die Hersteller von Bildverarbeitungs-komponenten 66 Prozent ihres Umsatzes im Ausland: Die Ausfuhren in asiatische Länder trugen hier mit 30 Prozent zum Umsatz im Jahr 2021 bei – stärkster Einzelmarkt war China mit einem Marktanteil von 56 Prozent am Asienexport. Die Ausfuhren ins Reich der Mitte stiegen 2021 um 20 Prozent. Größter Wachstumsmarkt in der Region war Indien mit plus 89 Prozent. Die Ausfuhren nach Nordamerika wuchsen 2021 um 15 Prozent. Die Exporte in andere europäische Länder trugen 22 Prozent zum Umsatz bei. Der

Umsatz in Europa insgesamt wuchs um 15 Prozent.

Die Hersteller von Bildverarbeitungssystemen erzielten 74 Prozent ihres Umsatzes auf Auslandsmärkten. Die asiatischen Länder trugen 33 Prozent zum Umsatz bei – die Ausfuhren stiegen 2021 um 22 Prozent. Das Chinageschäft machte 38 Prozent der Asienexporte aus und stieg um 16 Prozent. Größter Wachstumsmarkt war auch in diesem Segment Indien mit einem Zuwachs von 20 Prozent. Die Exporte in das europäische Ausland trugen mit 24 Prozent zum Umsatz bei. Die Erholung des europäischen Marktes schlägt sich in den Büchern mit einem Umsatzanstieg von 22 Prozent nieder. Auf die Ausfuhren nach Amerika entfielen 16 Prozent des Umsatzes. Die meisten dieser Exporte hatten das Ziel Nordamerika (95 Prozent). Der Umsatz stieg hier 2021 um 23 Prozent. Die Exporte nach Süd- und Mittelamerika konnten sich

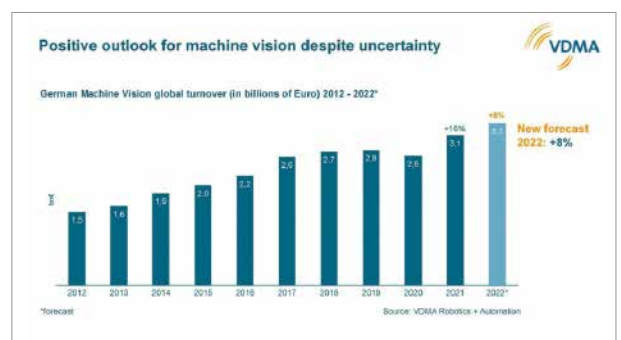


Bild: VDMA

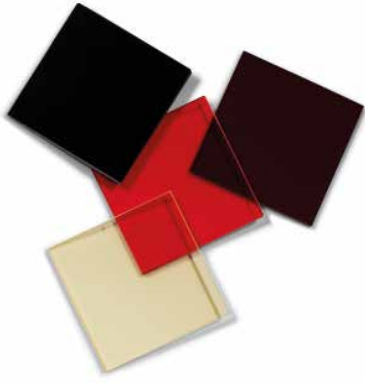
von ihrem Einbruch im Jahr 2020 – ein Rückgang um 63 Prozent – erholen und stiegen um 62 Prozent an.

Das produzierende Gewerbe ist die größte Kundenbranche der industriellen Bildverarbeitung aus Deutschland und kommt auf einen Marktanteil von rund 60 Prozent. Bei den Anwendungsfeldern von Bildverarbeitungs-komponenten und -systemen verzeichnen Objekterkennung (21 Prozent) und Qualitätskontrolle (20 Prozent) die größten Marktanteile.

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



Bild: Edmund Optics



### Edmund Optics und Schott weiten Partnerschaft auf China aus

Edmund Optics und Schott haben ihre strategische Partnerschaft erweitert, um Kunden in Asien einen einfacheren Zugang zu optischem Filterglas zu bieten. Das Inventar vor Ort verkürzt die Lieferzeit von standardmäßigen Filtertypen und -größen, der regionale Support vereinfacht den Beschaffungsprozess von anwenderspezifischen Filtern, die auf spezielle Anwendungen zugeschnitten sind. Edmund Optics und Schott gründeten ihre Partnerschaft im Jahr 2020, um in Europa einen schnelleren und einfacheren Zugang zu Materialien von Schott zu ermöglichen. Die jetzige Erweiterung der Partnerschaft eröffnet diese Vorteile auch den Kunden in China und Gesamtasien. Der Lagerbestand vor Ort und die flexiblen Lösungen bieten Designern von Optiksyste men stark verkürzte Lieferzeiten, die Auswahl aus vielen Standardprodukten sowie das einfache kundenspezifische Anpassen von Filtern auf die jeweiligen Anforderungen. Edmund Optics und Schott können durch die Partnerschaft die Lieferketten und das Distributionsnetzwerk der jeweils anderen Firma nutzen, was zu einer deutlich höheren Effizienz bei der Bedienung des Filterglasmarktes in China führt.

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

### Scanlab erweitert sein Firmengebäude

Scanlabs bestehendes Firmengebäude im Westen von München wird in einem vierten Bauabschnitt erweitert. Bis März 2024 entstehen rund 6.500 m<sup>2</sup> zusätzliche Flächen, die gesamte Geschossfläche erhöht sich dann auf etwa 18.700 m<sup>2</sup>. Viel Tageslicht, ein kommunikationsfreundliches Layout und die ergonomische Ausstattung der Arbeitsplätze sind dabei das Grundkonzept. Genug Platz für weitere

Laserlabore und die Erweiterung der Reinraumfertigung soll auch vorhanden sein.

Neben der Gebäudekühlung über Grundwasserwärmetauscher wird ein Wärmepumpensystem für die Heizung zum Einsatz kommen. Die neue Anlage wird so leistungsstark ausgelegt, dass Gaskessel, die bisher bei Bedarfsspitzen noch nötig waren, ausgemustert werden können. Der neue Gebäude trakt wird zudem mit einer

Photovoltaikanlage ausgestattet, die einen Großteil des zukünftigen Strombedarfs abdecken wird. Die integrierte Dachbegrünung sorgt dafür, dass sich der Anbau optisch nahtlos in den terrassierten Gebäudekomplex einfügt.

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



Bild: Scanlab

# EMBEDDED VISION OHNE UMWEGE!

## Neue PCI Express Kameramodule für High-Performance Anwendungen

- mvBlueNAOS Serie mit direktem Datentransfer (DMA) in den Host-Speicher
- Skalierbare Bandbreite mit bis zu 4 Lanes PCIe Gen 2
- Plattformunabhängig: ARM, NVIDIA, x86
- Standardisiertes GenICam Interface



A brand of Balluff

We Change Your Vision.

[www.matrix-vision.de](http://www.matrix-vision.de)





Bild: IFM

### Anlage für chemisches Recycling in Deutschland geplant

Der Iigus-Partner Mura Technology plant die erste Anlage für chemisches Recycling in Deutschland. Im sächsischen Böhlen sollen bis zu 120.000 Tonnen Kunststoffabfall pro Jahr wieder zu Rohöl recycelt werden. Sie verwandelt auch mehrschichtige Mischkunststoffe, die bislang als nicht trennbar gelten und in der Verbrennung landen, in Rohöl für die Herstellung neuer Produkte. Die Besonderheit der Anlage in Böhlen: ein neuartiges chemisches Recycling namens Hydrothermal Plastic Recycling Solution (Hydro PRS). Allein mit Wasser, Hitze und Druck verwandelt Hydro PRS Kunststoffe in Rohöl – in nur 30 Minuten. Aus diesem Öl lässt sich dann wieder hochwertiges Kunststoffgranulat für die Herstellung fabrikneuer Produkte herstellen. Dabei lässt sich dasselbe Material wiederholt recyceln.

Iigus hatte Anfang 2020 rund fünf Millionen Euro in Mura Technology investiert, um der Technik zum Durchbruch zu verhelfen. Rund anderthalb Jahre später kam KBR, ein führender internationaler Anbieter von wissenschaftlichen, technologischen und Engineering-Lösungen, als weiterer Partner hinzu. Inzwischen sind weitere Partner wie Dow, Chevron Phillips Chemical und LG Chemical hinzugekommen. Erst vor kurzem erhielt Mura zudem ein zusätzliches, strategisches Investment von Dow, um die Entwicklung weiterer Hydro-PRS-Anlagen in den USA und Europa voranzutreiben. Ziel der Partnerschaft ist es, bis 2030 zusätzlich 600.000 Tonnen Recyclingkapazität zu schaffen.

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

### AMA Innovationspreis 2023: Bewerbungen können ab sofort eingereicht werden

Die AMA lobt den Innovationspreis 2023 aus: Gesucht werden innovative Forschungs- und Entwicklungsergebnisse aus der Sensorik und Messtechnik. Bewerben können sich Einzelpersonen und Entwicklerteams mit Forschungs- und Entwicklungslösungen aus der Sensorik und Messtechnik mit erkennbarer Marktrelevanz. Der AMA Innovationspreis ist mit einem Preisgeld von 10.000 Euro dotiert. Zusätzlich können sich Unternehmen um den Sonderpreis „Junges Unternehmen“ bewerben, wenn sie nicht länger als fünf Jahre am Markt sind, weniger als 50 Mitarbeiter beschäftigen und einen Jahresumsatz unter 10 Millionen Euro erwirtschaften. Der Gewinner in dieser Kategorie erhält einen kostenlosen Messestand auf der Sensor + Test 2023. Einsendeschluss ist der 26. Januar 2023.

Der renommierte AMA Innovationspreis wird seit 23 Jahren an die Entwickler selbst verliehen und nicht an die Firmen



Bild: AMA

oder Institutionen dahinter. Besonderen Wert legen die Juroren aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrie auf die wissenschaftliche Leistung, den Innovationsgrad der Entwicklung und die zu erwartenden Chancen im Markt.

[www.ama-sensorik.de](http://www.ama-sensorik.de)

### IIoT-Technologien für nachhaltiges Wachstum

Zum Beginn der Innovation Summit World Tour 2022 hat Schneider Electric ein Modell für zukunftsfähiges industrielles Wirtschaften vorgestellt. Dieses ist nicht länger einseitig auf Gewinn fokussiert, sondern stellt den Menschen und die Umwelt in den Mittelpunkt. Die Quintessenz: Nachhaltiges Wachstum auf einem lebenswerten Planeten lässt sich nur dann realisieren, wenn Wirtschaft und Industrie einen rücksichtsvollen Umgang mit Mensch und Umwelt pflegen. Sämtliche IIoT-Technologien, Software-Lösungen und Serviceleistungen von Schneider Electric sind darauf ausgelegt, dieser Art des Wirtschaftens zum Erfolg zu verhelfen.

Eine Besonderheit des Industrieportfolios von Schneider Electric ist der herstellerunabhängige und Software-zentrierte Automatisierungsansatz nach IEC61499. Durch wiederverwendbare Software-Objekte, eventbasierte Ausführung und verteilte Intelligenz ist dieser Ansatz explizit auf Engineering und Betrieb von wandelbaren und energieeffizienten Anlagen ausgelegt. Damit Industrieunternehmen und Anlagenbauer schon heute von diesem offenen Automatisierungsansatz profitieren können, steht mit Ecostruxure Automation Expert ein Software-zentriertes Automatisierungssystem für die Industrie zur Verfügung. Ab sofort ist davon auch Version 22.1 auf dem Markt, die eine erweiterte Integration mit der System-Plattform von Aveva leistet.

[www.schneider-electric.de](http://www.schneider-electric.de)

### Siemens und Hilscher werden Partner

Mit der Integration der cifX-PC-Kartentechnologie von Hilscher in die IPCs von Siemens ermöglichen die beiden Unternehmen ab sofort Kunden einen flexiblen Zugriff auf alle relevanten Feldbus- und Echtzeit-Ethernet-Systeme – die Technologie für die Kommunikation zwischen Geräten und den Datenaustausch zwischen Maschinen und Anlagen in der bestehenden, sehr heterogenen IIoT-Welt.

PC-Karten im M.2-Format aus Hilschers cifX-PC-Kartenfamilie lassen sich durch einfaches Plug-and-Play und schnelle Aktivierung in die IPCs von Siemens integrieren. Der intelligente netX-Netzwerkcontroller von Hilscher ermöglicht dann die Integration von 19 verschiedenen Feldbussen und Echtzeit-Ethernet-Protokollen in die M.2-PC-Karte. Anwender profitieren zudem von einheitlichen Gerätetreibern, einem Konfigurationsstool sowie einer konsistenten API für alle Protokolle.

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

## Optatec: Re-Start im Herbst

Die 15. Optatec – internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme – vom 18. bis 20. Oktober 2022 in Frankfurt am Main war laut Veranstalter ein voller Erfolg. 255 Aussteller aus dreißig Ländern zeigten auf rund 4.500 Quadratmeter in Halle 8 den insgesamt 3.481 Besuchern aus 37 Ländern ein umfassendes Bild über das weltweite Angebot an Produkten, Detail- und Systemlösungen sowie Anwendungen der Optotechnik – optische Bauelemente, Optomechanik, Optoelektronik, Faseroptik, Lichtwellenleiter, Laserkomponenten, digitale Mikroskopie sowie Bearbeitungsmaschinen und Fertigungssysteme zur Herstellung von Optik. Zwölf Aussteller waren aus China angereist, neun aus den USA, acht aus Frankreich und sieben aus Großbritannien.

Von der ersten Stunde an wurde deutlich, wie wichtig das persönliche Fachgespräch ist; es ist durch kein anderes Kommunikationsformat ersetzbar. Viele begeisterte Stimmen haben dies bestätigt. „Auf der Optatec in Frankfurt sind wir immer gern, um neue Produkte zu präsentieren und um Kunden und Partner zu treffen“, sagte Dr. Christoph Seibel von Hamamatsu Photonics Deutschland. „Es ist einfach wichtig, präsent zu sein und offline zu sein – das ist unersetzlich.“

### Aussteller und Veranstalter zufrieden

„Wir sind begeistert, tolle Veranstaltung, interessante Gespräche“, so fasste Axel Haunholter von Optosigma Europe aus München die für das Unternehmen zweite Optatec-Teilnahme zusammen.



Bild: P. E. Schall

me zusammen. Wer Interesse an Optik hat, finde mit der Optatec die richtige Fachmesse, so sein Statement.

Dr. Jürgen Bode von Satisloh, weltweit führendes Unternehmen für Brillen- und Präzisionsoptik, zeigte sich erfreut über das hohe Besucherinteresse unter anderem an der neuen Coatingmaschine, die das Unternehmen als Messehighlight für dieses Jahr mitgebracht hatte.

Die Themen der Optatec gewinnen in allen industriellen und nichtindustriellen permanent an Bedeutung. Treiber der optischen Technologien sind wachsende Qualitätsanforderungen, aber auch die steigende Automatisierung und Digitalisierung. Projektleiter Fabian Krüger vom Messeveranstalter P. E. Schall resümiert: „Nachdem die Messe mehrmals verschoben werden musste und von der Branche jetzt endlich erwartet wurde, haben diese drei Tage den weltweiten Stellenwert dieser Fachmesse einmal mehr unterstrichen.“

[www.optatec-messe.de](http://www.optatec-messe.de)



Bild: Deutsche Messe

## Karierekongress Women Power startet Call for Papers

Im kommenden Jahr feiert der Karierekongress Women Power zwanzigjähriges Bestehen. Der Jubiläumskongress wird im Rahmen der Hannover Messe am 21. April auf dem Messegelände ausgerichtet. Alle, die sich aktiv am Kongress beteiligen möchten, sind eingeladen, am Call for Papers teilzunehmen.

Neben dem Programm aus Vorträgen, Podiumsdiskussionen und Workshops bietet Women Power Unternehmen, Verbänden, Netzwerken, Organisationen und Trainerin-

nen die Möglichkeit, in der begleitenden Ausstellung über Karriereperspektiven, Studien, Coaching- und Mentoring-Angebote sowie weitere arbeitspolitische Themen und Trends zu informieren.

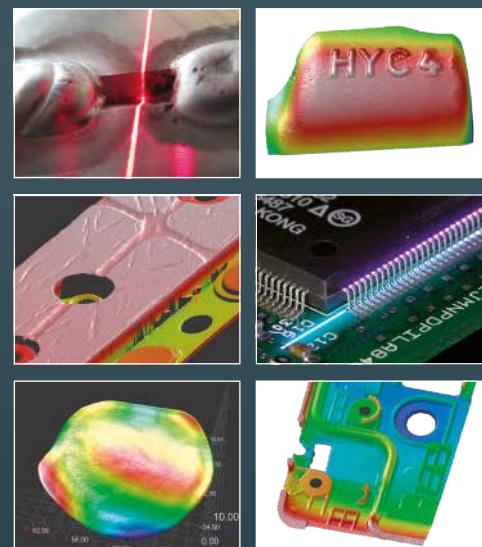
Abgabetermin für die Einreichungen ist der 7. Dezember 2022. Die Vorträge sollten den Themenblöcken „Entrepreneurship“, „Leadership“, „Career“ sowie „New Work“ zugeordnet sein.

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



## Präzise 3D-Sensoren für Geometrie und Oberflächeninspektion

- Präzise Geometrie-, Form- und Oberflächenprüfung
- $\mu\text{m}$ -Genauigkeit zur Erkennung feinsten Details
- Ideal zur Inline-Überwachung in Fertigungsprozessen
- Leistungsstarke Software zur Lösung von 3D-Messaufgaben und Inspektionsaufgaben



Kontaktieren Sie unsere  
Applikationsingenieure:  
Tel. +49 8542 1680

[micro-epsilon.de/3D](http://micro-epsilon.de/3D)



# inspect

SONDERTEIL  
ELEKTROMOBILITÄT

Bild: Blue Planet Studio - stock.adobe.com

---

**11 Röntgenkameras: Technologie und Anwendungsmöglichkeiten**  
UV/Soft-Xray-Kameras in der Elektromobilität

---

**13 „Röntgenkameras identifizieren kleinste Abweichungen in den Aufbausichten von Batterien“**  
Interview mit Denis Lehmann, Sales Engineer bei Ximea

---

**14 „Für uns ist die Elektromobilität ein Riesenthema“**  
Interview mit Dr. Marc Wawerla, Leiter Zeiss Industrial Quality Solutions

---

**16 Partikeldetektion in der Produktion und Montage von E-Auto-Batterien**  
Automatische Prüfsysteme erkennen kritische Verunreinigungen

---

---

**18 Schichtdickenprüfsystem für die Batteriezellen der BMW Group**  
Photothermisches Messverfahren in der Automobilindustrie

---

**21 Produkte**

---

**22 Fehler in Brennstoffzelelementen mit Thermografie ermitteln**  
Einblicke in die Forschung zu alternativen Antrieben

---

**25 Produkte**

---



Röntgenkameras kommen unter anderem in der Qualitätssicherung von Batteriezellen zum Einsatz.



# Röntgenkameras: Technologie und Anwendungsmöglichkeiten

## Xray-Kameras in der Elektromobilität

**Zu den derzeit am stärksten wachsenden Anwendungsfeldern der industriellen Bildverarbeitung gehört die Elektromobilität. Etwa bei Batterieprüfungen kommen häufig Röntgenkameras zum Einsatz. Wie genau funktioniert eine Röntgenkamera und welche Klassen von Röntgenstrahlen gibt es?**

Photonen mit einer Wellenlänge von 0,01 bis 10 nm werden als Röntgenquanten beziehungsweise -strahlung (Xray) bezeichnet. Die genaue Klassifizierung in „weiche“ (soft-X-ray) und „harte“ (hard-X-ray) Strahlung erfolgt dabei entsprechend ihrem Energielevel in Elektronenvolt (eV). Während sogenannte weiche Röntgenstrahlen im Allgemeinen im Bereich von 0,1 bis 5 keV liegen, sind harte Röntgenstrahlen im Bereich von 5 bis 100 keV angesiedelt. Die Art und Weise, wie diese Röntgenquanten mit der Materie interagieren, hängt von ihrer Wellenlänge ab und finden auf unterschiedliche Weise Anwendungen in Wissenschaft und Industrie.

Abhängig vom Energieniveau der Röntgenstrahlung werden zwei Nachweismethoden eingesetzt. Der Nachweis lässt sich dabei durch direkte oder durch indirekte Detektion erbringen.

Während der direkte Nachweis, äquivalent zur herkömmlichen Digitalkamera/digi-

talen Fotografie, den fotoelektrischen Effekt (Nobelpreis Einstein 1929) mithilfe eines Silizium-basierten Sensors nutzt, wird bei indirekter Detektion die Röntgenstrahlung zunächst in langwelligere Photonen konvertiert. Bei dem sogenannten Konversionsmaterial (Szintillator) handelt es sich um spezielle

Halbleiter, die unter Röntgeneinstrahlung sichtbares Licht erzeugen, das anschließend eine Standardkamera erfassen kann.

**Direkte Detektion für niedrige Energien**  
Erst auf Basis des fotoelektrischen Effektes konnten CCD- und CMOS-Kameras realisiert werden. Durch die Implementierung und Funktionalisierung von Halbleitermaterialien (Silizium) als Energie-Konversionsmaterial werden die detektierten Photonen in den einzelnen Pixeln der Digitalkamera in elektrische Signale umgewandelt, durch nach-



Aufbau einer Röntgenkamera

Technik im Detail

**Kameramodelle für hohe Volumina und Objekte**

Ein typischer Vertreter mit besonders großem Siliziumsensor ist die Ximea-MX377-Kamera. Sie ist mit einem 61,1 x 61,1 mm großem Sensor (Gpixel GSENSE6060) ausgestattet und erreicht eine Auflösung von 37,7 Megapixel bei 45 Bildern pro Sekunde. Zudem verfügt der Sensor über eine hohe Auslesegeschwindigkeit, Full-Well-Kapazität (FWC) und ein geringes Rauschen (read noise).

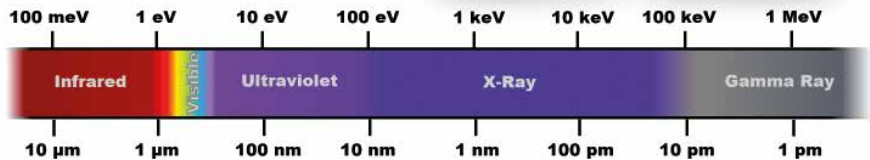
Da Röntgenstrahlen in den meisten Leuchtstoffen und Szintillatoren eine hohe Anzahl an sichtbaren Photonen erzeugen (Photonenkaskade, hohes Detektorsignal), ist das Ausleserausuchen in der Regel kein limitierender Faktor. Das Ausleserausuchen von 3e- und das hohe Signal-Rausch-Verhältnis (FWC von 110 ke-), das eine lineare Quantisierung eines größeren Bereichs von Helligkeitsintensitäten ermöglicht, charakterisieren im Wesentlichen die Empfindlichkeit der MX377-Kamera und ermöglichen somit ein breites Anwendungsspektrum der Kamera.

**Neueste Sony-Sensoren und entkoppelter Sensorkopf**

Neben der hohen Sensorempfindlichkeit ermöglicht der große Sensor Applikationen, bei denen große Proben volumina untersucht werden müssen, ohne dass ein großer Glasfaserkonus den Lichtdurchsatz beeinträchtigt. Die Kamera ist daher ideal für Röntgen- oder CT-Anwendungen bei größeren Objekten.

Neben der Erweiterung des Xiray-Portfolios um weitere hochauflösende Sensoren wie beispielsweise die neuesten Sony-Pregius-S-Sensoren (Sony IMX 455, IMX 411), eröffnet die Entkopplung des Sensors von der Rechen-/Steuereinheit (FPGA) eine effizientere Kühlung der Sensoreinheit und damit eine bessere Empfindlichkeiten („Detached Sensor Heads“). Mit diesem Gehäusekonzept kann der Sensorkopf auch aus dem Strahlengang entnommen werden, was höhere Energielevel bei harten X-Ray ermöglicht. Dieses Konzept wird bei Ximea die Weiterentwicklung maßgeblich beeinflussen. Zudem ermöglicht es höhere Individualisierungsgrade für die Anwender.

**xiRay camera**



Photonen mit einer Wellenlänge von 0,01 bis 10 nm werden als Röntgenstrahlung bezeichnet. Die Klassifizierung in „weiche“ und „harte“ Strahlung erfolgt dabei entsprechend ihrem Energielevel in Elektronenvolt (eV). Während weiche Röntgenstrahlen im Bereich von 0,1 bis 5 keV liegen, sind harte Röntgenstrahlen im Bereich von 5 bis 100 keV angesiedelt.

geschaltete Elektronik im Sensor (Kamera) quantifiziert, in eine digitale Zahl konvertiert (ADC) und schlussendlich von einem Computer als Bild dargestellt.

Während für sichtbares Licht die Konversionsrate bei 1 liegt, spricht: ein Fotoelektron wird pro einfallendem Photon erzeugt, liegt die Konversionsrate für Röntgenquanten deutlich oberhalb von eins. Dementsprechend lösen unterschiedlich energetische Röntgenquanten eine unterschiedliche Anzahl an Fotoelektronen frei. Da viele höher energetischen Röntgenstrahlen das Silizium der Sensoren irreversible schädigen, sind bei hohen Energien weitestgehend alternative und indirekte Xray-Nachweismethoden erforderlich.

**Indirekte Detektion: herkömmliche Kamera mit Lichtleiter**

Während bei vielen Anwendungen der Nachweis von Röntgenphotonen im Vordergrund steht, geht es erst in zweiter Linie um den Schutz und somit die Langlebigkeit der kostspieligen Hardware (Siliziumsensoren und Elektronik). Diese lassen sich auf mehrere Arten vor Strahlungsschäden schützen. Hierfür werden häufig Kombinationen aus Glasfasern und Leuchtstoffen oder Szintillatoren verwendet. Ein geeignetes Material wie Gadoliniumoxid (GadOx) oder Cäsiumiodid sendet Photonen im UV/VIS-Bereich aus, wenn es mit höher energetischen Photonen (zum Beispiel Röntgenstrahlen) beschossen wird. Diese sichtbaren Lichtquanten können dann eine herkömmliche Kamera erfassen.

Aufgrund der hohen Energie der Röntgenstrahlen können sie sowohl Szintillatoren als auch die Leuchtstoffe durchdringen und die nachfolgende Sensorik/Elektronik beschädigen. Um dieses zu verhindern/reduzieren, werden zusätzlich Lichtleiter eingesetzt, die eine räumliche Entkopplung der Elektronik von dem Szintillator ermöglichen ("aus der

Schusslinie nehmen"). Dabei handelt es sich um Lichtleiter (Glasfasern), deren eines Ende mit dem Siliziumsensor verbunden und deren anderes Ende mit einem Röntgenstrahlen-emittierenden Material wie GadOx beschichtet ist. Da die Lichtleiter die Strahlung absorbieren, gleichzeitig aber emittiertes Licht leiten, wird eine Entkopplung des Siliziumsensoren aus dem Röntgenstrahlengang erreicht. Damit sind also Sensor und Elektronik geschützt.

**Faseroptik als Lichtleiter**

Als Lichtleiter eignen sich viele Materialien, die Photonen im sichtbaren Bereich zum Siliziumsensor übertragen können und gleichzeitig schädigende Röntgenstrahlen abschirmen. Lichtleiter können dieses Licht von der emittierenden Stelle zum Sensor über 1:1-Glasfasern oder über Fasern-Verjüngung übertragen. Letzteres bedeutet, dass die Eingangsgröße der Glasfaser für die Röntgenstrahlung größer ist als das Ende, die das Licht an den Sensor abgibt. Das Vergrößerungsverhältnis kann dreimal höher oder mehr sein (abhängig von den Materialparametern). Die Vergrößerung, M, hat jedoch den Nachteil, dass nur ein Teil des ausgestrahlten Lichts den Sensor erreicht. Folglich steigt die Erkennungseffizienz erheblich, wenn größere Siliziumsensoren verwendet werden, anstatt den Grad der Verjüngung zu erhöhen. ■

**AUTOR**

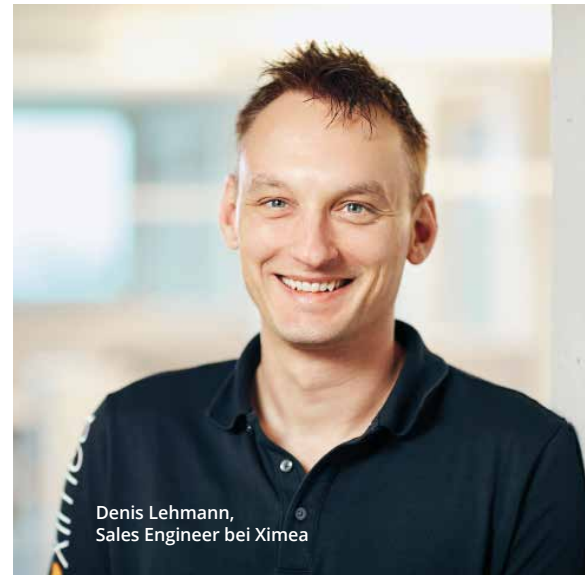
**Denis Lehmann**  
Sales Engineer bei Ximea

**KONTAKT**

Ximea GmbH, Münster  
Tel: +49 251 202 408 0  
Fax: +49 251 202 408 99  
E-Mail: sales@ximea.com  
www.ximea.com

# „Röntgenkameras identifizieren kleinste Abweichungen in den Aufbauschichten von Batterien“

Interview mit Denis Lehmann, Sales Engineer bei Ximea



Denis Lehmann,  
Sales Engineer bei Ximea

**Ximea hat auf der Vision neue gekühlte UV/Soft-X-ray-Kameras mit USB3 für das UV- und weiche Röntgenspektrum vorgestellt, die unter anderem den Sensor GSENSE400BSI Pulsar von GPixel verwenden und in der Elektromobilität ihren Einsatz finden könnten. Die inspect hat sich mit Denis Lehmann, Sales Engineer bei Ximea, über die Anwendungsmöglichkeiten unterhalten.**

**inspect:** Für welche konkreten Anwendungen im Bereich der Elektromobilität kommen sie infrage?

**Denis Lehmann:** Unsere Kameras finden im Bereich der Elektromobilität nicht nur im Röntgenbereich vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Sie werden beispielsweise als Sensoren für das Autonome Fahren oder die Wildtiererkennung eingesetzt. Im Bereich Röntgenkameras fördern wir die Elektromobilität im Bereich der Inspektion und bei der Fertigung zentraler Komponenten.

Unser Beitrag zur Elektromobilität ist insofern indirekter Art: Während die Elektromobilität primär auf die Verwendung von elektrischen Antrieben auf Basis nachhaltigen und erneuerbaren Energien basiert, werden Steuer- und Kontrollelemente sowie Energiespeicher immer weiter miniaturisiert. So erreichen wir bei der Chipfertigung bereits Fertigungsgrößen, bei der wenige nm oder gar µm relevant sind. Und genau da können wir unterstützen. Um die Qualität dieser Bauelemente und somit die Sicherheit der Fahrzeugführer sicherzustellen, liefert Ximea hochauflösende, ultraschnelle und kompakte Kamerasysteme für nahezu jeden Spektralbereich. Während unsere neusten Extrem-UV-/Soft X-Ray Kameras für die Prozessüberwachung im Bereich der Extrem-UV-Lithografie eingesetzt werden, erkennen unsere X-Ray Kameras für harte Röntgenstrahlung schon kleinste Defekte an der Batteriezelle im Fertigungsprozess. Diese Defekte können innerhalb der einzelnen Schichten der Batterie liegen, sodass sie durch eine reine Oberflächenbetrachtung nicht zu sehen sind.

**inspect:** Was genau wird bei der Batterieinspektion geprüft?

**Lehmann:** Mit Röntgenkameras werden kleinste Abweichungen oder Schäden in den Aufbauschichten von Batterien identifiziert. Diese Schäden können schwerwiegende Folgen gerade bei sich bewegenden Elektroautos haben, beispielsweise wenn sie durch Vibrationen beim Fahren verstärkt werden. Aus diesem Grund ist die fehlerfreie und saubere Verarbeitung bei der Herstellung entscheidend und kann durch unsere Kameras maßgeblich beeinflusst werden.

**inspect:** Wo liegen die größten Stärken der Xiray-Kameraserie aus Anwendersicht?

**Lehmann:** Röntgenkameras machen für das menschliche Auge unsichtbare Dinge sichtbar. Somit können sie in hochkomplexen Anwendungsbereichen die Arbeit erleichtern und die Qualität verbessern.

Unsere Röntgenkameras bieten ein hohes Maß an Individualisierbarkeit und können somit auf die Bedürfnisse unserer Kunden optimal angepasst werden. Wir bieten ein breites Spektrum an Wahlmöglichkeiten in Bezug auf Energielevel, Fenstergrößen, Sensoren und Dateninterfaces. Unsere neue Entwicklung im

Bereich der „Detachable Sensor Heads“, oder zu Deutsch: abnehmbare Sensorköpfe, bei denen Kameraelektronik und Sensor räumlich voneinander getrennt werden können, bieten wir auch bei unseren Röntgenkameras an. Dadurch kann die Kameraelektronik außerhalb des Strahlengangs positioniert werden, wodurch weniger physische Abschirmung gegen schädliche Strahlung erforderlich ist und somit höhere Energien dargestellt werden können. Unterschiedliche Szintillatoren wie CSI oder GadOx, die je nach einzusetzendem Sensor und anhand der erwarteten Energielevel ausgewählt werden, runden das Portfolio ab.

**inspect:** Wie sieht es mit den Lieferzeiten aus?

**Lehmann:** Die Lieferzeit unserer Kameras ist vom Grad der Individualisierung und derzeit auch von der Lieferbarkeit der Komponenten abhängig. Kameras mit GadOx-Szintillator können wir bereits innerhalb von 8 bis 16 Wochen liefern, bei CSI dauert es aufgrund der notwendigen Beschichtung und Zulieferern etwas länger. In Bezug auf unsere neuen XUV-Kameras haben wir vor kurzem die erste Kamera ausgeliefert. ■

**AUTOR**

**David Löh**

Chefredakteur der inspect

Made in Germany  
**LED-Beleuchtungen...**  
[www.beleuchtung.vision](http://www.beleuchtung.vision)

IMAGING LIGHT TECHNOLOGY  
**BÜCHNER**





Dr. Marc Wawerla, Leiter Zeiss Industrial Quality Solutions, mit einer Batteriezelle vor dem Computertomografen Zeiss Metrotom, mit dem unter anderem diese Komponente vermessen wird.

# „Für uns ist die Elektromobilität ein Riesenthema“

Interview mit Dr. Marc Wawerla, Leiter Zeiss Industrial Quality Solutions

**Welche Chancen eröffnet die Elektromobilität für Zeiss und welche Bereiche profitieren davon am meisten? Diese und weitere Fragen beantwortet Dr. Marc Wawerla, Leiter Zeiss Industrial Quality Solutions, im Interview mit der inspect.**

**inspect:** Die größte öffentliche Aufmerksamkeit bei Elektrofahrzeugen bekommt stets der Akku. Ist das hinsichtlich der Qualitätssicherung ebenso?

**Marc Wawerla:** Für uns ist Elektromobilität insgesamt ein Riesenthema. Wir haben vor ein paar Jahren angefangen, das für uns als Fokus zu definieren und innerhalb des Themas schauen wir uns den gesamten elektrischen Antriebsstrang an. Es geht los bei dem Akku, geht aber weiter in den Antriebsstrang, also Motor, Getriebeteile, Leistungselektronikkomponenten und so weiter. Aber natürlich die Batterie ist DAS große Thema, das die Fahrer der Elektroautos umtreibt, aber natürlich auch uns. Nicht zuletzt auch, weil es sicherheitsrelevantes Bauteil ist. Das betrifft übrigens auch mechanische Bauteile. Zum Beispiel die Batteriewanne, die die Batterie umgibt. Gerade wenn es zu einem Unfall kommt, muss sie die Kräfte aufnehmen und die Batterie schützen.

**inspect:** Inwiefern ändern sich die Anforderungen an die Messtechnik beim Umstieg vom Verbrennungs- auf den Elektroantrieb?

**Wawerla:** Die Verbrennertechnologie hat sich ja über 100 Jahre lang weiterentwickelt.

Und die Probleme, die wir vor Jahren noch hatten mit den Autos, etwa Kolbenfresser etc., die gibt es heute praktisch nicht mehr. Und diese Analogie sehen wir auch im elektrischen Antriebsstrang. Auch dieser wird sich weiterentwickeln, und auch die Batterietechnologie muss und wird noch reifen. Das gilt für die heutige Lithium-Ionen-Technologie. Aber ebenso für Feststoffkörperbatterien, Brennstoffzellen und allem, mit was sich die Forschung in diesem Bereich beschäftigt. Hier gibt es viel Bewegung in der Forschung und Entwicklung.

Um die Frage konkret zu beantworten: Gerade bei den heutigen Batterien ändern sich die Anforderungen an die Qualitätssicherung in der Produktion dahingehend, dass zunehmend 100 Prozent der Zellen gemessen, geprüft werden müssen. Das geschieht einfach aus Sicherheitsgründen, um die Risiken für die Verbraucher zu minimieren.

Im Gegensatz dazu arbeiten die Autohersteller beim Verbrennungsmotor mit statistischer Prozesskontrolle. Das heißt, es wird jedes x-te Teil aus der Produktion geprüft. Weil die Verschleißmechanismen beispielsweise des Werkzeugs bekannt sind, lässt sich daraus

vorhersagen, was mit den nächsten 100 Stück qualitativ passiert.

**inspect:** Heißt das, man wird perspektivisch auch bei der Elektromobilität auf die 100-Prozent-Kontrolle verzichten können?

**Wawerla:** Stand heute, rechnen wir nicht damit. Einfach weil die Verschleißmechanismen im elektrischen Antriebsstrang andere sind. Aber natürlich sehen wir auch, dass man die Produktionstechnologie immer besser in den Griff bekommen wird. Und vielleicht kommt man ja doch irgendwann dorthin, dass man auf statistische Prozesskontrolle setzen kann. Wer weiß.

**inspect:** Wo liegen die größten Herausforderungen bei Messaufgaben für E-Autos im Vergleich zum Verbrenner?

**Wawerla:** Ganz klar in der Taktzeit: Wenn ich 100 Prozent messen muss von der Produktion, muss ich entsprechend in der Taktzeit, etwa in unter zehn Sekunden, eine Batterie messen können. Und das ist heute eine Herausforderung in der Messtechnik, die spannend ist, und die nicht jeder erfüllen kann.

**inspect:** Der Elektromotor ist im Vergleich zum Verbrenner-Pendant weniger komplex. Sinkt daher beim Elektroauto der messtechnische Aufwand insgesamt?



Der Drehteller im Computertomografen Zeiss Metrotom ermöglicht es, ein dreidimensionalen CT-Scan zu erstellen, um so beispielsweise eine Batteriezelle (blaues Teil in der Bildmitte) zu prüfen.

**Wawerla:** Zusätzlich wird oft gesagt, dass der elektrische Antriebsstrang aus weniger Teilen bestehen würde. Stattdessen sind vor allem mehr Gleichteile verbaut als im Verbrennungsmotor, der aus vielen verschiedenen mechanischen Bauteilen unterschiedlicher Natur besteht, die gemessen werden müssen.

Daher ist die Qualitätssicherung beim Elektroantrieb zwar einerseits leichter wegen der vielen Gleichteile. Andererseits müssen diese aber alle in sehr kurzer Taktzeit zu 100 Prozent gemessen werden. Insofern ändert sich die Messtechnik hier natürlich gewaltig. Aber der Qualitätssicherungsaufwand wird nicht geringen.

**inspect:** Profitiert Zeiss durch sein umfassendes Messtechnikportfolio vom Umstieg auf die E-Mobilität?

**Wawerla:** Was uns tatsächlich entgegenkommt, ist, dass man für den elektrischen Antriebsstrang wirklich alle Technologien braucht. Also von der taktilen Messtechnik, zum Beispiel für Batteriewannen, den Motor und Getriebeteile; über die optische Messtechnik, auch zum Beispiel für sogenannte Hair Pins oder die Wicklung im Elektromotor; bis hin zur Batteriemesstechnik, die dann vor allem Röntgenmesstechnik nutzt. Außerdem gehören auch Elektronenmikroskope dazu, um zum Beispiel das Elektrolyt der Batterien zu analysieren.

Wir sind der Anbieter, der die komplette Strecke anbieten kann.

**inspect:** Dadurch erhöht sich das Umsatzpotenzial in der Automobilindustrie?

**Wawerla:** Davon gehen wir aus.

**inspect:** Auf der Control haben Sie angekündigt, das CT-Geschäft zu stärken. Auf welche Anwendungsbereiche zielen Sie damit insbesondere?

**Wawerla:** Ich glaube, man sieht, dass weltweit extrem investiert wird in Batterieproduktionskapazitäten. Wir rechnen damit, dass der Anstieg an Batterieproduktionskapazität im Bereich 20 bis 30 Prozent pro Jahr liegt. Und entsprechend möchten wir natürlich davon profitieren. Im letzten Jahr haben wir eine Wachstumsrate von 50 Prozent gehabt in diesem Bereich. Dieses Wachstum wird sich auf Dauer nicht durchhalten lassen. Aber wir rechnen durchaus mit zweistelligen Zuwachsraten in diesem Bereich.

**inspect:** Wie verteilen sich die Wachstumsraten auf die verschiedenen Technologien?

**Wawerla:** Das bleibt ein bisschen abzuwarten. Es wäre verwerflich, hier eine Voraussage zu machen. Die Batterie und damit die CT-Technologie sehe ich hier allerdings in einer günstigen Ausgangslage. Hierbei geht es nicht nur um Inline-, sondern auch Atline-Lösungen. Dabei wachsen

Laborgeräte übrigens genauso mit wie Produktionslösungen.

**inspect:** Wo sind die lokalen Schwerpunkte beim Geschäft mit der Elektromobilität?

**Wawerla:** Für uns sind die drei klassischen, drei großen Märkte, Amerika, vor allem USA, Europa und Asien, vor allem China, wichtig. In Asien ist das neben China vor allem Korea. Aber, und das muss man schon sagen, wenn man auf den globalen Batteriemarkt schaut, stehen Dreiviertel der installierten Erzeugungskapazität für Batterien in China.

Derzeit gibt es natürlich viele Investitionen in ganz Europa. Daher wird sich das Verhältnis sicher ein wenig verschieben. Aber in den nächsten Jahren rechnen wir damit, dass China ein wichtiger Markt in der Batterieproduktion bleiben wird.

**inspect:** Welche Neuheiten dürfen die Leserinnen und Leser von Zeiss hinsichtlich der Elektromobilität als nächstes erwarten?

**Wawerla:** Wir arbeiten natürlich kontinuierlich an Innovationen. Wir investieren dieses Jahr so viel in diesen Bereich, wie noch nie. Und wir werden nächstes Jahr unsere Forschungs- und Entwicklungsausgaben noch zusätzlich steigern. Das heißt, unsere Kunden können sich sicher freuen auf weitere Innovationen, die den Markt erreichen. Mehr kann ich dazu im Moment noch nicht sagen.

**inspect:** Machine Learning/KI: Wie steht Zeiss dazu und wo sehen Sie da Ihre Stärken?

**Wawerla:** Aus unserer Sicht wird Software zunehmend wichtiger in der Qualitätssicherung. Weil sie die automatisierte Auswertung ermöglicht und die Auswertung an sich vereinfacht.

Für uns ist KI eben ein wichtiges Werkzeug, um die Automatisierung für unsere Kunden voranzutreiben. Wobei automatische Defekterkennung ein großes Stichwort darunter ist, natürlich. ■



**INNOVATIVE FILTER DESIGNS FOR INDUSTRIAL IMAGING**

**Optical Performance:** high transmission and superior out-of-band blocking for maximum contrast

**StableEDGE® Technology:** superior wavelength control at any angle or lens field of view

**Unmatched Durability:** durable coatings designed to withstand harsh environments

**Exceptional Quality:** 100% tested and inspected to ensure surface quality exceed industry standard



MIDOPT.COM

info@midopt.com  
+1-847-359-3550



**AUTOR**  
**David Löh**

Chefredakteur der inspect



Das Inspektionssystem prüft die Batteriefolien nachdem sie zugeschnitten und bevor sie gestapelt werden. Es macht gleichzeitig mehrere Aufnahmen aus unterschiedlichen Winkeln, mit jeweils unterschiedlicher Beleuchtung. Partikel werden ab einer Größe von zehn Mikrometern detektiert, automatisch vermessen und klassifiziert.

# Partikeldetektion in der Produktion und Montage von E-Auto-Batterien

Automatische Prüfsysteme erkennen kritische Verunreinigungen

**Partikelverunreinigungen stehen im Verdacht, Brände in Lithium-Ionen-Batterien auszulösen. Ein Spezialist für industrielle Bildverarbeitung hat deshalb mehrere Verfahren entwickelt, um solche Partikel zuverlässig zu detektieren.**

Es ist wortwörtlich keine große Sache, die Ingenieuren im Bereich E-Mobilität zunehmend Kopfzerbrechen bereitet: mikroskopisch kleine Rückstände in Batterien, sogenannte Partikelverunreinigungen. Hersteller vermuten, dass sie hinter einigen der (zum Glück seltenen) Brände von E-Fahrzeugen stecken. Die Teilchen können Kurzschlüsse auslösen und die Batterie blitzschnell erhitzen und entzünden. Im schlimmsten Fall, beim Thermal Runaway, brennt die Batterie komplett aus. Die Flammen werden über 1.000 °C heiß und sind nur von der Feuerwehr mit Spezialgerät zu löschen. Aber worin genau liegt die Ursache?

Partikelverunreinigungen werden hauptsächlich an zwei Stellen zum Problem: im Inneren der Batteriezellen sowie außen an den Zellen beziehungsweise am montierten Batteriemodul. Die Erklärung liegt jeweils im Aufbau und dem Produktionsprozess einer Batterie. Analysieren wir zunächst den ersten Problemherd: das Innere der Batteriezelle.

## Entstehen von Partikeln in die Batteriezellfertigung

Eine Batteriezelle besteht aus vielen hauchdünnen Elektrodenfolien, die aufeinander gestapelt oder gewickelt sind: jeweils eine Anode-

und eine Kathodenfolie, getrennt durch eine Separatorfolie. In die Zwischenräume wird Elektrolyt-Flüssigkeit gefüllt. Beim Entladen der Batterien fließen Elektronen über die Kontaktanschlüsse aus der Anode zur Kathode; beim Laden verläuft der Prozess genau umgekehrt.

Die Folien schneidet ein Laser in Stücke, um sie stapeln zu können. Dabei entstehen mikrometergroße Partikel. Weitere Partikel können durch Abrieb an den Transportvorrichtungen oder anderen mechanischen Teilen in der Fertigung entstehen. Zwar werden sie etwa durch Unterdrucklösungen entfernt, doch vereinzelt können sie auf den Folien hängenbleiben.

Bei einer Größe von zehn Mikrometern und mehr können solche Teilchen die zehn bis vierzig Mikrometer dicken Separatorfolien perforieren. Wenn die Lithium-Ionen dann direkt durch den Separator fließen statt über die Kontakte, entsteht ein Kurzschluss.

## Entstehen von Partikeln in der Batteriemodulmontage

Im zweiten Fall sieht es ganz ähnlich aus: bei Partikeln, die außen auf Batteriezellen hängenbleiben. Die einzelnen Zellen werden zu Batteriemodulen montiert, die später ins Batteriegehäuse eingesetzt werden. Jeweils

eine Lage Separatorfolie zwischen den Zellgehäusen verhindert, dass Strom zwischen den Zellwänden überspringen kann.

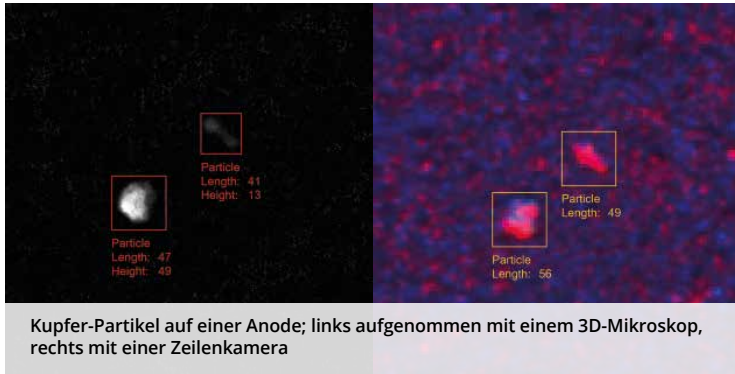
Die Modulmontage findet (im Gegensatz zur Zellfertigung) nicht im Reinraum statt, sodass leicht Schmutzpartikel eingetragen werden können: aus dem Fertigungsprozess, aus der Lieferkette oder aus der Umgebung. Durchdringen diese Partikel die Separatorfolie, lösen sie ebenfalls einen Kurzschluss aus. Der Stromfluss erhitzt die Batterie. Auch wenn sie nicht in Brand gerät, beeinträchtigt das die Leistung stark.

## Bisherige Lösungen für die Massenfertigung ungeeignet

Bisher bekannte Verfahren detektieren Partikelverunreinigungen nicht zuverlässig. Bei der Endkontrolle von Batteriezellen werden diese mehrmals geladen und entladen und auf ihre elektronischen Eigenschaften geprüft. Zu diesem Zeitpunkt ist die Separatorfolie jedoch noch intakt; es ist kein Kurzschluss festzustellen. Erst mit der Zeit können die Partikel Richtung Separator wandern, bewegt durch die Kräfte, die beim Laden und Entladen entstehen.

Mit industriellen Mikroskopen lassen sich zwar sehr kleine Partikel erkennen, doch diese Prüfung ist teuer und langsam. Mehr als Stichproben lassen sich damit nicht untersuchen. Praktikable Systeme für den Einsatz in der Massenfertigung ließen also bislang auf sich warten.





Kupfer-Partikel auf einer Anode; links aufgenommen mit einem 3D-Mikroskop, rechts mit einer Zeilenkamera

### Geringe Stückzahlen verdecken das Problem – noch

Dass es bisher trotzdem nur äußerst selten zu größeren Problemen gekommen ist, ist primär einer Tatsache zu verdanken: der bisher geringen Produktionsmenge. 2022 sind geschätzt 20 Millionen Elektrofahrzeuge weltweit auf den Straßen unterwegs. Zum Vergleich: Laut Umweltbundesamt waren im Jahr 2021 insgesamt rund 1,25 Milliarden Pkw unterwegs.

Zwar kann noch niemand sagen, wie hoch der Anteil an kritischen Partikelverunreinigungen in Batterien genau ist. Hersteller gehen jedoch davon aus, dass es nicht bei den Einzelfällen bleiben wird, wenn in einigen Jahren hunderte Millionen Batterien und Fahrzeuge vom Band rollen. Deshalb suchen sie nach Lösungen, um vorbereitet zu sein – und große Rückrufaktionen und schlechte Presse möglichst von vornherein zu vermeiden.

**Die Partikeldetektion ist anspruchsvoll**  
Partikelverunreinigungen zu detektieren ist allerdings kompliziert, aufgrund von zwei Faktoren. Erstens sind sie wie beschrieben winzig: Die relevanten Partikel haben eine Größe von zehn bis einigen hundert Mikrometern. Sie verstecken sich auf einem zerklüfteten Untergrund. Ein Bild, um sich die Größenverhältnisse eines Partikels zu einer Elektrodenfolie mit 10 cm Breite vorstellen zu können: Es entspricht etwa einem Blatt Papier in einer einen Quadratkilometer großen, hügeligen Landschaft. Zweitens bieten die Partikel kaum Kontrast zum Hintergrund. Sie bestehen teilweise aus den gleichen Materialien, aus denen die Batteriezellen selbst gefertigt sind. Bei ungünstigem Umgebungslicht lassen sich die Partikel praktisch nicht erkennen.

### Lösung: hochauflösende Kameras und perfekte Beleuchtung

Ein automatisiertes System benötigt also hochauflösende Kamerasensoren und eine perfekte Beleuchtung – und es muss schnell genug sein, um Folien, Batteriezellen und Module direkt in einer Fertigungslinie zu prüfen.

Vitronic, Spezialist für industrielle Bildverarbeitung, hat diese Problematik schon vor

längerem erkannt und an der Entwicklung neuer Verfahren gearbeitet. Bei dem Prüfverfahren für die Folien in der Zellfertigung nahmen sich die Ingenieure das menschliche Verhalten zum Vorbild: Wenn wir etwa eine Nadel auf dem Fußboden suchen, beleuchten wir ihn aus verschiedenen Winkeln und versuchen, die Nadel anhand der Reflexion zu erkennen.

So ähnlich funktioniert der Kamerasensor des Systems: Er prüft die Folien, nachdem sie zugeschnitten und bevor sie gestapelt werden. Er macht gleichzeitig mehrere Aufnahmen aus unterschiedlichen Winkeln, mit jeweils unterschiedlicher Beleuchtung. Partikel werden ab einer Größe von zehn Mikrometern detektiert, automatisch vermessen und klassifiziert. Zusätzlich erkennt das System weitere Fehler: etwa Lageabweichungen, Rand- und Schnittfehler oder durch den Transport veränderte Oberflächeneigenschaften der Elektroden.

Für die Partikeldetektion auf den Zellgehäusen und dem gesamten Batteriemodul kommen andere Kamerasensoren zum Einsatz; auch das Detektionsverfahren unterscheidet sich. Für diesen Bereich sind Partikelverunreinigungen erst ab einer Größe von etwa 100 µm relevant.

### Lückenlose, automatische Inline-Prüfung möglich

Neben der hohen Genauigkeit bringen diese Prüfsysteme einen entscheidenden Vorteil mit sich: Sie lassen sich direkt in der Fertigungs- und Montagelinie installieren. Die Sensoren machen die Aufnahmen während der Linearbewegung der Teile; der Transport muss nicht angehalten werden. ■

#### AUTOR

**Kaan Fidan**

Sales & Partner Manager bei Vitronic

#### KONTAKT

Vitronic Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH, Wiesbaden  
Tel.: +49 611 7152 0  
E-Mail: sales@vitronic.com  
www.vitronic.com

# Need faster 5 MP camera?

with Sony Pregius S IMX547

*Take a look!*



VC-5MC-M/C 110 H

CAMERA  
**Link**

- Sony Pregius S IMX547 BSI sensor
- Global shutter
- 5 megapixel resolution
- Up to 109.5 fps
- Camera Link interface
- Compact design with C-mount



Das Aluminiumgehäuse der Batteriezelle wird mit einer Beschichtung versehen, die die Oberfläche schützt und die notwendige Isolationsfunktion übernimmt.

# Schichtdickenprüfsystem für die Batteriezellen der BMW Group

Photothermisches Messverfahren in der Automobilindustrie

**Eine fehlerbehaftete Batterieproduktion kann im Extremfall zu Selbstzerstörung und Brand der Batterie führen. Daher entwickelten drei Unternehmen gemeinsam ein Inspektionssystem für die isolierende Zellbeschichtung und leisteten so einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit der Elektroautobatterien der BMW Group.**

**B**atteriesysteme von Elektroautos bestehen aus Lithium-Ionen-Zellen, wie sie auch in Mobiltelefonen oder Notebooks eingebaut sind. Mehrere dieser Zellen werden zu Batteriemodulen zusammengefasst, deren Größe und Anzahl wiederum Leistung und Reichweite des Fahrzeugs bestimmen. Dabei liegen bis zu 800 Volt Spannung an – deutlich mehr als an der heimischen 230-Volt-Steckdose. Die Zellen müssen deshalb zuverlässig voneinander isoliert werden, um einen Kurzschluss und ein mögliches Abbrennen der gan-

zen Batterie zu verhindern. Dazu wird das Aluminiumgehäuse mit einer Beschichtung versehen, die die Oberfläche schützt und die notwendige Isolationsfunktion übernimmt. Die Beschichtungsdicke ist dabei ein sicherheitsrelevanter Parameter, den es in der Produktion sorgfältig zu überwachen gilt.

## **Beschichtungsdicke als sicherheitsrelevanter Faktor**

„Da die Beschichtungsdicke eine funktionskritische Kenngröße ist, müssen alle Arten von Beschichtungsfehlern wie ungleichmäßi-

ger Lackauftrag oder Lackverlauf, aber auch Beschädigungen, Kratzer, Risse oder eingeschlossene Fremdpartikel wie Staub oder Fussel zuverlässig erkannt werden“, erklärt Dr. Peter Scheibner, Leiter Projektmanagement von Sturm Maschinen- & Anlagenbau, einem der drei an der Entwicklung des Prüfsystems beteiligten Unternehmen. Dazu fährt jede Zelle direkt nach der Aushärtung auf einem Transportband in eine Messstation, die die Dicke der Beschichtung an mehreren Stellen berührungslos prüft.

## **Schichtdicke per photothermischem Messverfahren ermitteln**

Im Inneren kommen Paintchecker-Industrial-Systeme von Optisense zum Einsatz. Die Schichtdickenprüfgeräte verwenden das photothermische Messverfahren, um die Dicke von Beschichtungen berührungslos



und zerstörungsfrei zu ermitteln. Dabei werden die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von Beschichtung und Untergrund genutzt, um die absolute Schichtdicke zu bestimmen.

Die Oberfläche der Beschichtung wird mit einem kurzen, intensiven Lichtimpuls um einige Grad aufgewärmt und kühlt anschließend durch Ableitung der Wärme in tiefere Bereiche wieder ab. Dabei sinkt die Temperatur umso schneller, je dünner die Beschichtung ist. Der zeitliche Temperaturverlauf wird mit einem schnellen, hochempfindlichen Infrarotsensor aus der Distanz erfasst und in eine entsprechende Schichtstärke umgerechnet. Durch den punktförmigen Messfleck lassen sich

dabei auch sehr kleine Bauteile präzise vermessen.

Allerdings brachten die kurzen Taktzeiten und die sehr beengten Platzverhältnisse bei diesem Projekt einige ganz besondere Herausforderungen hervor: Um die Qualität der Beschichtung insgesamt beurteilen zu können, muss an mehreren Stellen gemessen werden. Zudem lässt sich die Messzeit physikalisch bedingt nicht beliebig verkürzen. Das Anfahren mehrerer Messpunkte nacheinander dauert zu lange und bei vergleichbaren Anbietern sind die Sensoren für diese anspruchsvolle Messaufgabe schlichtweg zu groß.

#### Kurze Zykluszeiten erfordern Neuentwicklung des Messgeräts

Es wurde ein System benötigt, das mehrere Punkte gleichzeitig vermessen kann und dessen Sensoren klein genug sind, um sie im begrenzten Bauraum nebeneinander unterzubringen. So etwas war jedoch nicht am Markt verfügbar. „Nach intensivem Dialog zwischen der BMW Group und der Optisense-Entwicklung entstand in nur vier Monaten mit dem Paintchecker Industrial, ein photothermisches Messgerät zur berührungslosen, zerstörungsfreien Schichtdickenmessung, das mehrere Sensorköpfe gleichzeitig ansteuern kann“, freut sich Dr. Scheibner, „es eignet sich für feuchte und



**Die Zellen müssen zuverlässig voneinander isoliert werden, um einen Kurzschluss oder das Abbrennen der ganzen Batterie zu verhindern.«**

Dr. Peter Scheibner,  
Leiter Projektmanagement  
des Geschäftsbereichs Oberflächen-  
technik bei Sturm Maschinen-  
& Anlagenbau

trockene organische Beschichtungen wie Farben, Lacke und Pulver auf Metall, Gummi und Keramik.“

Das System besteht aus einem zentralen Controller, an den sich bis zu acht Sensoren über Kabel anschließen lassen. Zur Software-seitigen Integration in die Fertigungsanlage verfügt der Paintchecker Industrial über verschiedene Schnittstellen zur übergeordneten SPS.

Auch das Platzproblem wurde elegant gelöst: Indem der Strahlengang der Optik

### Unternehmen im Detail

#### Die BMW Group

Die BMW Group ist mit ihren Marken BMW, Mini und Rolls-Royce ein Premiumhersteller von Automobilen und Motorrädern. Nachdem die BMW Group ein Elektroantriebs-Kompetenzzentrum in Dingolfing und ein Batteriezentrum in China eröffnet hat, weitete der Autobauer die Batterieproduktion in Deutschland auf Leipzig aus. Gemeinsam mit Partnern will die BMW Group nun weitere Großfabriken für Elektroautobatterien aufbauen und eigene Batteriezellen produzieren.

Kamerashutzgehäuse - Montagelösungen - Zubehör



www.autoVimation.com





Nach intensivem Dialog zwischen der BMW Group und der Optisense-Entwicklung entstand in vier Monaten mit dem Paintchecker Industrial, ein photothermisches Messgerät zur berührungslosen, zerstörungsfreien Schichtdickenmessung, das mehrere Sensorköpfe gleichzeitig ansteuern kann.



Das Gehäuse wird mit einem hellblauen UV-Lack beschichtet. Da die Beschichtungsdicke eine funktionskritische Kenngröße ist, wird diese präzise und dokumentations-sicher gemessen.

um 90° gefaltet wurde, gelang es, den Sensorkopf soweit zu verkürzen, dass er in den verfügbaren Bauraum passt. Mit dem 150 g schweren Winkelsensor lassen sich bei 40 mm Bautiefe Schichtdicken bis 300 µm schnell, genau und reproduzierbar messen.

Die Beschichtungsanlage wurde mit den neuen Komponenten ausgestattet und lieferte sofort hervorragende Ergebnisse. Dabei unterliegt die Beschichtungsdicke als funktionskritische Qualitätskenngröße strengen Anforderungen an die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung. Nach sechseinhalb Stunden Dauertest mit über 2.900 Messzyklen lag die Standardabweichung der Messung unter einem halben Mikrometer und war damit weit genauer als das, was übliche Wirbelstrom- oder Magnet-induktive Messverfahren erreichen.

Damit war dieses Projekt abgeschlossen. Der erfolgreiche Ersteinsatz der photothermischen Messtechnik in der Batteriefertigung war aber erst der Anfang einer intensiven Kooperation zwischen der BMW Group und Optisense.

#### Fazit und Ausblick

Zunächst wurden die Paintchecker-Industrial-Angle-Sensoren mit Diffusoren ausgestattet, um den Abstandsbereich zwischen Sensor und Bauteil, in dem eine genaue Messung möglich ist, zu vergrößern. An den nachfolgenden Produktionsanlagen sahen die Entwickler mehr Platz vor, um leistungsfähigere, flexiblere Sensoren einsetzen zu können.

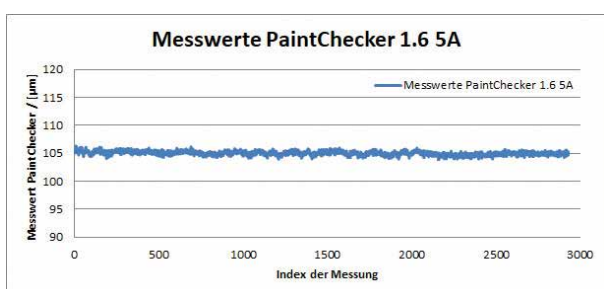
Der Abstand zwischen Sensorkopf und zu messendem Bauteil ließ sich so mehr als verdoppeln und der Toleranzbereich des Messabstands wurde noch einmal vergrößert. Damit lassen sich die Batteriezellen auch dann vermessen, wenn sie nicht ganz genau in die Messstation einfahren, ohne eine Beschädigung von Sensor oder Zelle zu riskieren.

Auch der messbare Schichtdickenbereich wurde mehrfach erweitert, da einerseits größere Zellen und höhere Spannungen eine dickere Beschichtung erfordern, man aber andererseits auch zu dünne Fehlbeschichtungen quantitativ präzise erfassen möchte. ■



**Durch den punktförmigen Messfleck lassen sich auch sehr kleine Bauteile präzise vermessen. Die photothermische Schichtdickenbestimmung liefert exakte, schnelle und reproduzierbare Ergebnisse.«**

Dr. Peter Scheibner



Nach sechseinhalb Stunden Dauertest mit über 2.900 Messzyklen lag die Standardabweichung der Messung unter einem halben Mikrometer und war damit weit genauer als das, was übliche Wirbelstrom- oder Magnet-induktive Messverfahren erreichen.

#### KONTAKT

OptiSense GmbH & Co. KG, Haltern am See  
 Tel.: +49 2364 50882 0  
 E-Mail: info@optisense.com  
 www.optisense.com

Alle Bilder: Optisense



Bild: Micro-Epsilon

### 3D-Gesamtlösung mit einheitlicher Software

Die Software ermöglicht die Parametrierung der Sensoren, aber auch die Erfassung der Messdaten. Die Werkzeugpalette reicht von der Ausrichtung der Punktwolken über Berechnungsprogramme für Abstand, Höhe, Winkel und Radius sowie eine einfache Ausgabemöglichkeit an die SPS und die anschließende Weiterverarbeitung der Messdaten.

Das 3D-Software-Paket von Micro-Epsilon ist mit den Surface Control 3D-Sensoren kompatibel. Diese werden zur schnellen 3D-Vermessung und Inspektion diffus reflektierender Oberflächen wie Metall, Kunststoff oder Keramik genutzt.

Für 3D Messungen auf spiegelnden und glänzenden Oberflächen wurde der Reflect Control Sensor konzipiert. Der Sensor kann für mikrometeregenaue Messungen stationär zur Überwachung der Fertigungslinie oder für die Inline-Inspektion beispielsweise am Roboter eingesetzt werden.

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

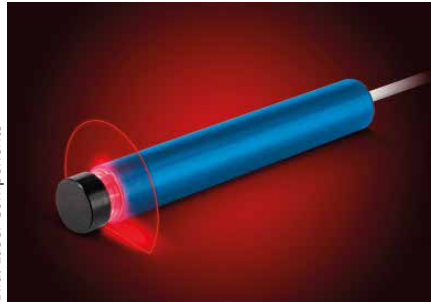


Bild: Laser Components

### Homogener Laserring ohne rotierende Teile

Mit dem Lasermodul Flexpoint Radial von Laser Components lassen sich die Innenseiten von Rohren exakt vermessen. Der feine, ringförmige Strahl weist eine Homogenität von 80 Prozent auf und erreicht bei einer Wellenlänge von 660 nm eine Ausgangsleistung von 50 mW. Das Laserlicht wird im Modul auf einen kegelförmigen Spiegel gelenkt und dort gleichmäßig in einem Winkel von 360° reflektiert. So kommt das Lasermodul ohne rotierende Elemente aus, die es anfällig für Störungen machen würden. Flexpoint Radial wurde in enger Zusammenarbeit mit der MSG-Maschinenbau entwickelt, um die Inspektion von Hochdruckpipelines zu erleichtern. Damit sie den immensen Beanspruchungen des täglichen Betriebs standhalten, müssen die Röhren einen perfekt runden Querschnitt haben. Mit dem Ringlasermodul können Vermessungsgeräte ein detailgetreues 3D-Modell der Rohrinne erstellen, sodass präzise Messungen möglich werden.

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



Bild: Dr. Heinrich Schneider Messtechnik

### Wellenmessmaschine mit Matrixkamera

Dr. Heinrich Schneider Messtechnik bietet für einfachere Anwendungen mit der WMX-Serie eine optische Wellenmessmaschine an. Sie verfügt über eine Matrixkamera, die Messdaten mit hoher Punktdichte erfasst; gleichzeitig werden 2D- und 3D Merkmale ausgewertet.

Der Gegenhalter ermöglicht das schnelle Einlegen und Fixieren der Welle, während die Granitbasis über eine hohe Eigensteifigkeit und Temperaturstabilität verfügt. Das Messvolumen der WMX-Serie beträgt je nach Modell zwischen 300 mm und 600 mm in der Länge sowie 40 oder 80 mm im Durchmesser.

Die Kombination aus der WMX, der Mess- und Auswerte-Software Saphir sowie der Bedienoberfläche Smart bildet ein vielseitiges Prüfmittel zur Qualitätssicherung. Saphir verfügt über viele Messfunktionen hinaus auch über eine Lernprogrammierung am gestitchten Bild, der DXF-Datei oder dem 3D-Modell.

[www.dr-schneider.de](http://www.dr-schneider.de)



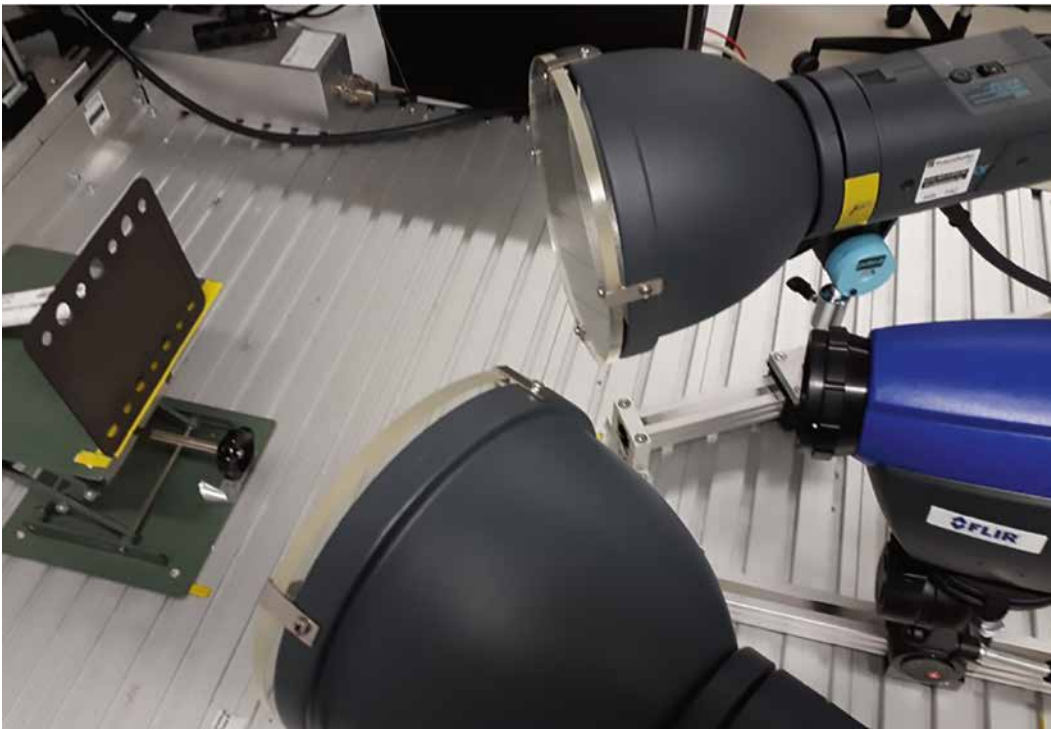
## Optische Filter

Für Imaging- und Sensor-Systeme

Kundenspezifische Designs · OEM-Lösungen

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





Der experimentelle Aufbau für die blitzlichtangeregte Thermografie mit einem Brennstoffzelelement (links) und der Infrarotkamera Flir SC5200

# Fehler in Brennstoffzelelementen mit Thermografie ermitteln

Einblicke in die Forschung zu alternativen Antrieben

**Die Inspektion von Brennstoffzellen hatte ein Forschungsprojekt im Fokus. Dieses testete ein produktionstaugliches Verfahren, um die Lotschichten sowie die Interkonnektor-Platten zerstörungsfrei mittels Thermografie zu prüfen.**

**B**rennstoffzellen sind hocheffiziente elektrochemische Energiekonverter, die elektrischen Strom bei niedrigen Schadstoffemissionen erzeugen. In diesem Artikel stehen die Festoxid-Brennstoffzellen (solid oxide fuel cells, SOFC) im Vordergrund, die derzeit besonders für den Einsatz in LKWs, Bussen, Booten, Loks und Campingfahrzeugen geplant sind. Verglichen mit den Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen sind die SOFC weniger komplex und können mit unterschiedlichen Antriebsstoffen realisiert werden. Allerdings stellen die hohen Arbeitstemperaturen von 750 bis 1.000 °C große Anforderungen an die Werkstofftechnologie. Neben der Entwicklung von speziellen Glasloten ist die Anwendung von produktionstauglichen, zerstörungsfreien Prüftechniken für die Integrität der Glaslot-schichten zwischen den Interkonnektorplatten von Interesse. Es wurden thermografische und Ultraschalltechniken eingesetzt. Im Folgenden werden die thermografischen Techniken beschrieben.

Einer der kritischsten Bereiche in SOFCs ist die Versiegelung zwischen dem metallischen Interkonnektor und dem Elektrolyt. Der Interkonnektor ist in diesem Fall aus ferritischem Stahl, wohingegen der sauerstoff-durchlässige Elektrolyt aus yttriumstabilisiertem Zirkonoxid besteht. An die Versiegelung werden einige Anforderungen gestellt. Sie muss gut am Stahl haften und gasdicht sein, um eine unkontrollierte Mischung des Sauerstoffs mit dem Arbeitsgas zu verhindern. Weiterhin muss sie elektrisch isolierend sein und den Temperaturzyklen im Betrieb widerstehen. Einzelne Zellelemente werden dann gestapelt, um die Brennstoffzelle zu bilden.

## Versuchsproben mit unterschiedlichen Fehlertypen

Die untersuchten Zellelemente haben äußere Abmessungen von etwa 13 x 15 cm und bestehen aus einer vierschichtigen Struktur aus einem Metallblech als Anodeninterkonnektor mit einer Dicke von etwa 0,5 mm, einer Glaslotschicht und zwei aneinander-

gefügteten Metallblechen mit 0,6 mm Gesamtdicke auf. Letztere bilden den Kathodeninterkonnektor.

Es wurden Testproben präpariert, bei denen vor dem Fügeprozess mehrere Fehlerarten im Glaslot eingebracht wurden. Dazu gehören metallische Einschlüsse, die aus einem Metallblech mit der Dicke der Glaslotschicht ausgeschnitten waren. Eine andere Fehlerart waren durchgehende Unterbrechungen und Luftpneinschlüsse in der Glaslotschicht. Diese wurden erzeugt, indem das Glaslot an bestimmten Stellen weggekratzt wurde. Die Fehlerpositionen wurden vor dem Hochtemperaturfügeprozess fotografisch dokumentiert. Danach sind die Fehler verborgen. Eine Verifikation der Fehlergrößen bei den Bereichen mit fehlendem Lot war mit der Röntgenradiographie wegen des geringen Kontrasts nicht möglich. Weitere künstliche Fehler waren Kurzschlüsse zwischen den Interkonnektoren sowie dünne Streifen von Metallfolie, die in dem Glaslot eingebettet waren. Zudem gehörten zu den eingebauten Fehlern teilgefüllte Fügespalte und Bereiche erhöhter Porosität des Glaslots.

## Blitzlichtangeregte Impulsthermografie

Durch die geringe Dicke der Interkonnektoren sind die zu erwartenden thermischen





## Zellelemente einer Brennstoffzelle lassen sich mit der aktiven, lichtblitzangeregten Thermografie auf Fehler im Glaslot prüfen.«

Diffusionszeiten kurz. Daher wurde die bekannte blitzlichtangeregte Impulsthermografie als schnelle thermische Prüftechnik ausgewählt. Der experimentelle Aufbau für die Thermografieprüfung bestand aus zwei Leistungsblitzlampen und der Infrarotkamera. Für die kurzzeitige Erwärmung wurden zwei Xenon-Blitzlampen mit je 6,4 kJ Energie verwendet. Eine Flir-SC5200-Infrarotkamera mit gekühltem Detektor wurde eingesetzt. Die Kamera zeichnet bei einer Bildrate von 150 Hz einen Zeitraum von 2 s nach der Zündung des Blitzes auf. Gemessen wurde von der Anoden- und der Kathoden-seite des Zellelements.

### Nachweis künstlicher Fehler in Zellelementen

Mit der gepulsten Thermografie wurden die Proben mit den präparierten Fehlern untersucht. Die aufgezeichneten Bildsequenzen wurden mit der Technik der Puls-Phasen-Thermografie (PPT) vorausgewertet. Insbesondere die dabei entstehenden Phasenbilder sind von Störungen wie Variationen des Emissionsgrads der Oberfläche und inhomogener Blitzlichtausleuchtung befreit. Als Kompromiss zwischen maximalem Fehlerkontrast und hoher Schärfe der Fehlerbilder

wurde eine Analysierfrequenz von 2 Hz bei den Phasenbildern gewählt.

In den großen PPT-Phasenbildern, die von der Anodeninterkonnektorseite aufgenommen wurden, ist die mit Glaslot verlötete Zone immer am Rand des Bildes zu erkennen. Sie umgibt auch die Löcher für die Zu- und Abfuhr der Zelle mit Gasen. Bereiche mit fehlendem Glaslot erscheinen mit positivem Kontrast im thermografischen Rohbild und lassen sich dadurch von Metalleinlagen unterscheiden, die negative Temperaturkontraste liefern.

Insgesamt konnten die meisten Fehlstellen im Glaslot sowie die größeren Metalleinschlüsse detektiert werden. Kleinere Metallstücke und die Porosität im Glaslot waren dagegen nicht nachweisbar.

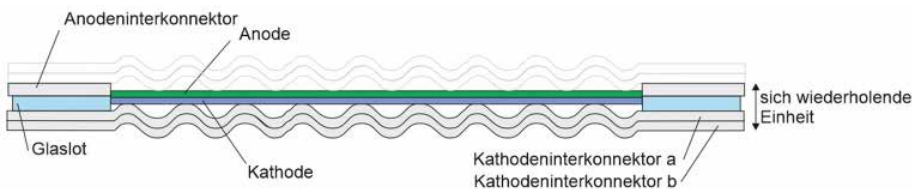
Zunächst wurden Messungen von beiden Seiten des Zellelements in thermischer Reflexionsanordnung durchgeführt. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Messungen von der Seite des Kathodeninterkonnektors her oft durch Artefakte von Delaminationen zwischen den Platten überlagert waren. Dies ließ sich auch durch Simulationen belegen [2]. Daher wurde für die weiteren Untersuchungen die Messung von der Anodenseite her durchgeführt.

Die Reproduzierbarkeit des Fehlernachweises wurde durch zwei Vorgehensweisen geprüft. Zum einen wurde eine Messung durch zwei Bediener nach einem Zeitraum von zehn Monaten wiederholt, wobei sich die erhaltenen Phasenbilder kaum unterscheiden ließen. Zum anderen ergab ein Kurzzeittest, der alle fünf Minuten wiederholt wurde, dass Driften der Phasenwerte unter einem Grad blieben, was von der Größenordnung des Phasenrauschens in den Bildern war. Insgesamt kann man also von einer guten Reproduzierbarkeit sprechen.

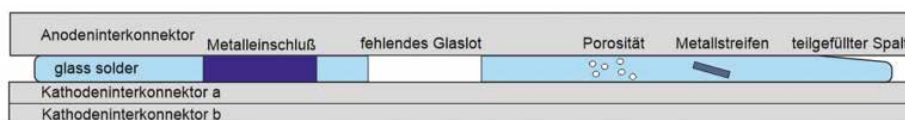
### Trefferquote abhängig von Fehlergröße

Ausgehend von einer größeren Anzahl von Proben mit präparierten Fehlern wurde eine Studie zur Fehlernachweiswahrscheinlichkeit durchgeführt. Die Daten wurden mit einer Probability-of-Detection-Technik (POD) über eine  $\hat{a}$ -vs.- $a$ -Analyse ausgewertet. Für die Studie standen 14 Proben mit Stahleinlagen und zehn Proben mit Lufteinschlüssen unterschiedlicher Abmessungen zur Verfügung. Jede Probe enthielt jeweils drei Fehler von 0,5 x 0,5 mm, 1 x 1 mm, 2 x 2 mm und 4 x 4 mm Größe. Es standen damit 42 Fehler vom Typ Stahleinlagen und 30 Fehler vom Typ Lufteinschlüsse zur Verfügung.

Nach dem Fügeprozess wurden die Proben mit den optimierten Messparametern gemessen und anschließend mit PPT vorverarbeitet. Ein erster Ansatz zur Datenanalyse bestand in einer Hit-miss-Statistik. Diese führt bereits zu einer Aussage über die Detektionswahrscheinlichkeit einzelner Fehler. Für die eigentliche POD-Analyse wurde dann die Fläche der Anzeigen aus den PPT-Bildern mit einer Software ermittelt und daraus anschließend eine scheinbare Fehlergröße errechnet. Diese ist durch die unvermeidbare laterale Wärmediffusion größer als die tatsächliche Fehlergröße. Diese wurden dann mit den realen Fehlergrößen einer  $\hat{a}$ -vs.- $a$ -POD-Analyse zugeführt. Mit der MHL1823-POD-Software [3] konnten dann POD-Kurven gewonnen werden. Man beachte, dass die Detektions-



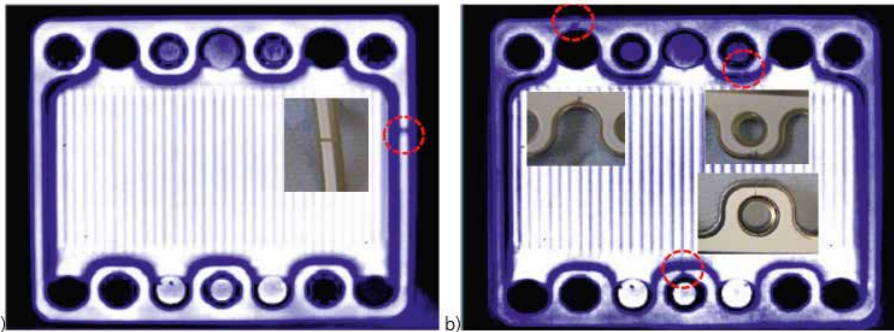
Skizze eines Zellelements einer Brennstoffzelle



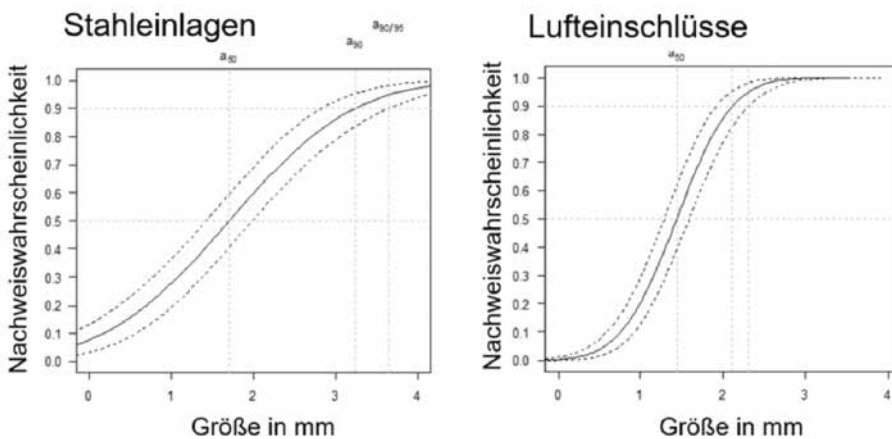
Querschnitt der Fügezone eines Zellelements mit mehreren Fehlertypen in der Glaslotschicht



Verglichen mit den Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen sind die Festoxid-Brennstoffzellen weniger komplex und können mit unterschiedlichen Antriebsstoffen realisiert werden.«



Puls-Phasen-Thermografiebilder von Testproben mit a) Unterbrechungen in der Fügezone aus Glaslot und b) lokalen Fehlstellen im Glaslot. Die kleinen Bilder zeigen den Zustand des Lots vor dem Hochtemperatur-Fügeprozess.



POD-Kurven für den Nachweis kleiner Stahleinlagen (links) und Lufteinschlüsse (rechts) mit der blitzlichtangeregten Impulsthermografie

schwelle für eine bestimmte Fehlergröße normalerweise auf ein bestimmtes Signal/Rauschverhältnis bezogen ist, welches aber den PPT- Daten nicht genau genug entnommen werden konnte. Stattdessen wurde dieser Parameter abgeschätzt.

Es ergab sich eine 50-prozentige Nachweiswahrscheinlichkeit für Fehlergrößen von  $a_{50}=1,8$  mm für Stahleinlagen und 1,4 mm für Lufteinschlüsse. Der sichere Nachweis ist möglich mit  $a_{90/95}=3,6$  mm Fehlergröße für Stahleinlagen und 2,3 mm für Lufteneinschlüsse. Bei den kleinsten Fehlern ist thermografische Prüftechnik empfindlicher auf Stahlein-schlüsse als auf Lufteneinschlüsse. Dies konnte auch durch numerische FEM-Simulationen bestätigt werden [2].

### Zusammenfassung

Zellelemente einer Brennstoffzelle lassen sich mit der aktiven, lichtblitzangeregten Thermografie auf Fehler im Glaslot prüfen. Die Blitzlichtthermografie kann Hohlräume im Glaslot und metallische Einschlüsse mit Größen von 2,3 beziehungsweise 3,6 mm sicher detektieren. Die Prüfung eines Zellelements ist innerhalb von 2 s Messzeit berührungsfrei möglich. Die Fehlererkennung aus den thermografischen Phasenbildern kann automatisiert mit Techniken des maschinellen Lernens erfolgen [4].

Vergleiche der Ergebnisse mit der Technik des luftgekoppelten Ultraschalls [5] sowie die weitere Automatisierung der Zellelementprüfung [6] sind an anderer Stelle beschrieben.

### Literatur

- [1] S. Hauber, S. Dittrich, T. Walter, B. Durschang, K. Schell, E. Bucharsky, E. Reitz, G. Sextl and M. Hoffmann, "Bilayered Glass-Ceramics as Sealants for SOFCs", Journal of Materials Science and Engineering A, Vol. 9, 43–55 (2019).
- [2] U. Netzelmann, H. Walte, D. Weber, H. Neurohr, "Fast detection of defects in glass-soldered fuel cell assemblies by active infrared thermography", Proc. SPIE 11409, Thermosense: Thermal Infrared Applications XLII, 114090B (23 April 2020)
- [3] C. Annis, <https://statistical-engineering.com/>
- [4] Z. Wei, D. Gross, Q. Mei, F. Krieg, J. Kirchof, F. Römer, U. Netzelmann, and A. Osman, "Automated Defect Detection in Infrared Thermal Images Using Machine Learning Methods", Proc. 2019 Far East NDT New Technology & Application Forum, 2019-06-25, Qingdao, China
- [5] U. Netzelmann, A. Mross, T. Waschkies, D. Weber, E. Toma, H. Neurohr, 'Nondestructive Testing of the Integrity of Solid Oxide Fuel Cell Stack Elements by Ultrasound and Thermographic Techniques', Energies 2022, 15 (2022) 831
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=3M6P8XjPN3A>

### AUTOREN

**Udo Netzelmann**  
Fraunhofer IZFP

**Henning Walte**  
Fraunhofer IZFP

**Dietmar Weber**  
Fraunhofer IZFP

**Holger Neurohr**  
Fraunhofer IZFP

### KONTAKT

Fraunhofer IZFP, Saarbrücken  
Tel.: +49 681 9302 0  
E-Mail: [info@izfp.fraunhofer.de](mailto:info@izfp.fraunhofer.de)  
[www.izfp.fraunhofer.de](http://www.izfp.fraunhofer.de)

# EDMUND OPTICS® IMAGING OPTICS



**INNOVATION STARTS HERE ...**

Global Support | Award Winning Design  
Rapid Prototyping | Volume Manufacturing & Pricing

Contact us for a Stock or Custom Quote Today!

**EU/UK:** +44 (0) 1904 788600 | **FRANCE:** +33 (0) 820 207 555  
**GERMANY:** +49 (0) 6131 5700 0 | [sales@edmundoptics.eu](mailto:sales@edmundoptics.eu)

**EO**® **Edmund**  
optics | europe

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



# Edmund Optics® Imaging – Your Imaging Solutions Provider

## Our Evolution

1942 | Edmund Scientific® was founded by Norman Edmund in New Jersey, USA

1998 | Design Center opened in Arizona, USA  
Optikos® MTF Test Bench Acquired  
First TECHSPEC® M12 S-Mount Lenses Launched

2005 | Edmund Optics®  
China Factory & Design  
Center Opened

1999 | First  
TECHSPEC® Telecentric  
Lenses Launched

2017 | Trioptics  
ImageMaster® MTF Test  
Bench Acquired

2007 | First  
TECHSPEC® Fixed Focal  
Length Lenses Launched

2021 | Assembly and  
Advanced Design Facility  
opened in Arizona, USA

## 🏆 Award Winning Lenses

2015 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Bronze  
TECHSPEC® Dynamic Focus VZM Lens



2017 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® TitanTL Lenses



2015 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® VariMagTL Telecentric Lenses



2018 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® Ruggedized Cr Series Lenses



2016 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® Cx Series Lenses



2018 | Inspect Award Winner  
Vision Category, 1<sup>st</sup> place  
TECHSPEC® Ruggedized Cr Series Lenses



2017 | Inspect Award Winner  
Vision Category, 2<sup>nd</sup> place  
TECHSPEC® Cx Series Lenses



2019 | Inspect Award Winner  
Vision Category, 2<sup>nd</sup> place  
TECHSPEC® Liquid Lens M12 Lenses



2020 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® CA Series Lenses

2021 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Bronze  
TECHSPEC® Cw Series Lenses

2021 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Gold and  
Inspect Award Winner  
Vision Category, 3<sup>rd</sup> place  
TECHSPEC® LT Series Lenses

2022 | Vision Systems Design  
Innovators Award, Silver  
TECHSPEC® Athermal Imaging Lenses



**Nicholas Sischka**  
Director, Imaging Product  
Development

“ Every lens that we design and manufacture here at **Edmund Optics®** has the customer in mind. New sensors, new applications, and new challenges present opportunities for imaging-based solutions that we could not have dreamed of even just a few years ago. Edmund Optics® is excited to be enabling our customers on this **journey to the future with optics** that are designed to withstand anything that can be thrown at them, be it harsh weather, a bumpy ride, or an especially high resolution sensor. Edmund Optics' **robust offering of imaging lenses and broad applications knowledge** uniquely positions us to solve any application that needs imaging, and to service our customers with around the clock support. Our vast availability of in-stock optics means our customers can get what they need when they need it, and our ability to design custom optics ensures that no goal is unreachable. ”



## Who We Are

1000+  
Employees



>1,7  
Million  
Imaging Lenses Sold



260+  
Engineers



4 Imaging Centers

Arizona, New Jersey, China & Germany



170.000+  
Imaging Lenses  
produced per year



TECHSPEC®

Edmund Optics® Designed,  
Manufactured & Guaranteed

TECHSPEC®

35+  
Trade Shows &  
Virtual Events  
Exhibits Per Year



>34.000  
Optical Components  
in Stock, Ready to Ship

Optical Components  
in Stock, Ready to Ship



8 Factories

US: New Jersey, Arizona &  
Florida, Germany, Japan,  
China, Singapore & Malaysia



6 Warehouses

US (New Jersey),  
China, Korea,  
UK, Singapore,  
& Japan



“ Edmund Optics® Imaging has over 20 years of experience designing, manufacturing, and delivering optical lens assemblies. We have a great team of respected designers experienced with designing and building complex, **advanced opto-mechanical systems**. With the help of design tools such as Zemax, Code V®, FRED®, SOLIDWORKS®, Abaqus, and Comsol®, we make sure we deliver precision, high-performance **optical lens assemblies optimized for our customers' applications**. Whether it's lens design, analysis, or optimization, we use our manufacturing knowledge to design with manufacturability and cost effectiveness in mind. Our designers are **committed to creating reliable customer solutions**. ”



**Mary Turner, Ph.D.**

Technical Fellow,  
Optical Design  
(10+ years at Zemax,  
6+ years at Edmund Optics®)



## Our Factories



### **NEW** Edmund Optics® Tucson Assembly and Advanced Design Facility

- Advanced Design and High-Volume Manufacturing Services
- Commercial and ITAR-Compliant Facility
- Cleanroom Assembly and Advanced Testing for MTF, Stray Light, Thermal Cycling, Shock & Vibration, and More
- Advanced Assemblies Requiring Active Alignment, Electronics Integration, and/or Environmental Ruggedization

Edmund Optics® now operates a second facility in Tucson, Arizona. This location offers Assembly and Advanced Design services. The 22,284 sq. ft (2,070 m<sup>2</sup>) facility includes ISO Class 6 cleanrooms for assembly, ISO Class 7 cleanrooms for incoming inspection, and numerous testing capabilities such as modulation transfer function (MTF), stray light, laser beam profiling, thermal cycling, shock, and vibration. Our skilled team of optical assembly technicians has extensive experience with high-performance systems in cleanroom facilities. Customers now have access to more sophisticated commercial and ITAR compliant offerings at a new location on the US West Coast. With this new facility, Edmund Optics® strengthens a globally diversified supply chain that lowers risk for customers.



**Jeremy Chang, Ph.D.**  
Vice President of Asia  
Manufacturing, General Manager  
of Edmund Optics® China

“ Edmund Optics® has over **284,000 sq. ft (26,600 sq. m)** of dedicated manufacturing space throughout the U.S., Europe, and Asia. Edmund Optics® China has an **ISO Class 7 clean room** with ESD capabilities. Our in-house manufacturing, assembly, and **state-of-the-art metrology** test equipment guarantees quality at every step. We have a rigorous global quality program and all of our factories are **ISO and/or ITAR certified**. We invest in **cutting-edge manufacturing** and testing equipment for large scale manufacturing. But above all, we invest in our people. We have a staff of highly-qualified engineers and technicians dedicated to customer service, quality control, and continuous improvement. At Edmund Optics®, **we are proud of what we do.** ”





# Your Solutions

## Off-the-Shelf Solution

- ### Customer Inquiry
- Global application support
  - Engineering services
  - Product selection
  - Specification development
  - On-site customer visits
  - In-region specialists

## Custom Design Solution

### TECHSPEC® Edmund Optics® Imaging Lenses

- Over 500 unique off-the-shelf solutions available
- Designed, manufactured, and guaranteed by Edmund Optics®
- In stock and readily available
- 30 day evaluation period and return policy
- Competitive OEM pricing available

- ### Designing for Manufacturability
- Material selection (Schott, Ohara, Hoya, CDGM)
  - Manufacturability analysis
  - Sensitivity & tolerance analysis
  - Design optimization and simulations
  - Stray light analysis
  - Manufacturing prints
  - Cost conscious GD&T

- ### Quality Manufacturing
- Prototypes
  - First articles
  - Volume production
  - Continuous improvement
  - Process verification and validation
  - ITAR registered and compliant



- ### State-of-the-Art Metrology & Testing
- Testing (MTF, CTF, camera, stray light & more)
  - Application specific testbed development
  - Test reports, documentation & serialization
  - Environmental testing capabilities
  - Correlation studies
  - Error analysis



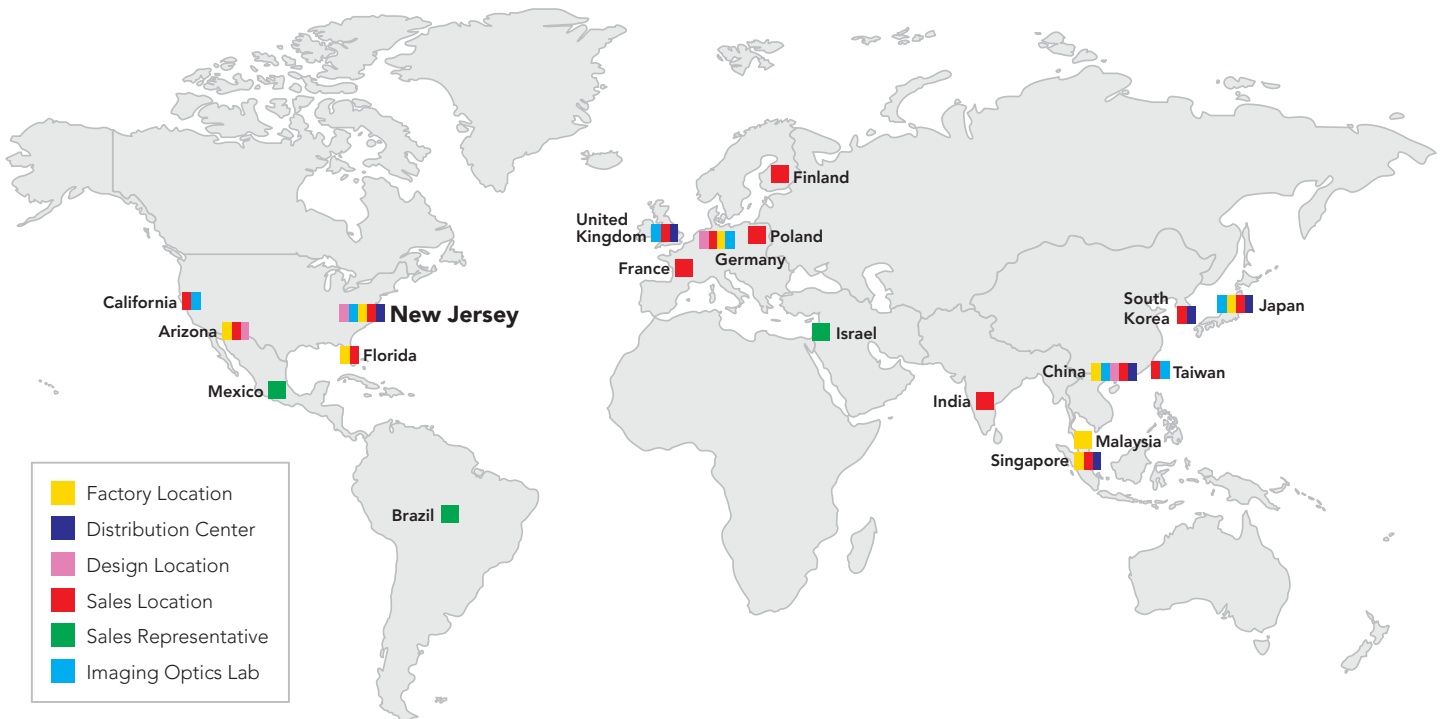
- ### Customer Delivery
- Post sales support
  - Global warehouses
  - On-time delivery
  - On-site customer visits
  - Dedicated customer service
  - Cost-effective solutions

“ At Edmund Optics® Imaging, we support our customers from beginning to end, from **prototype to production**. Our team of expert designers, project managers, and manufacturing engineers works together to understand customer needs and to develop the best possible product for their application. Our **vertical integration of design, fabrication, and testing** allows us to optimize our designs for manufacturability, while ensuring the **highest degree of quality** through all stages of development. Whether we are making a small customization or a brand new custom design, we offer industry leading price to performance ratios. From concept to end product, **ensuring our customers’ goals are met with speed and ease is our focus and passion.** ”



**Kenneth Barber, Jr.**  
Senior Director,  
Engineering

## Where We Are



**Nitin Sampat**  
Senior Imaging Engineer,  
Silicon Valley  
nsampat@edmundoptics.com



**Jaylond Cotten-Martin**  
Imaging Engineer,  
Americas  
jcotten-martin@edmundoptics.com



**Boris Lange**  
Manager, Imaging  
Europe  
blange@edmundoptics.de



**Brightstate Chen**  
Imaging Engineer, Asia  
lchen@edmundoptics.com.tw



**Atsushi Ikeda**  
Imaging Engineer, Japan  
aikeda@edmundoptics.jp

We have locations in **12 countries, 8 factories, 6 global warehouses, and 4 world class imaging centers**. With global locations, local support, and product availability, Edmund Optics® is here to help. We also have **7 imaging optics labs**, where we provide **highly experienced application support** by working directly with customers to find imaging solutions for their unique parts and projects. **Contact one of our in-region imaging specialists**, who have a wide range of customer and application experience to solve your unique application needs. If one of our off-the-shelf TECHSPEC® imaging lenses does not meet your needs, we can design a customized solution. Leverage our expertise for your next project. Our team is passionate, dedicated, and committed to helping solve customer challenges. At Edmund Optics®, **we do what is best for the customer.**



We are Here for You

### 24-Hour Online Application Support

Monday 2:00 – Sunday 2:00 CET\*

\*after official business hours in English only.

### Phone & Email Application Support

Monday – Friday, 9:00 – 18:00 CET

+44 1904 788600

techsup@edmundoptics.eu

### Imaging Optics Catalog

- Over 2.100 products
- Over 48 pages of application notes
- Over 500 TECHSPEC® lenses in stock and ready to ship

Request a catalog at [www.edmundoptics.eu/catalog](http://www.edmundoptics.eu/catalog)

### 7 Imaging Optics Labs

- Global, in-region specialists
- Provides hands-on technical customer training seminars in a lab environment
- Works directly with customers to evaluate parts and create solutions



### Industrial Associates | Members & Leaders



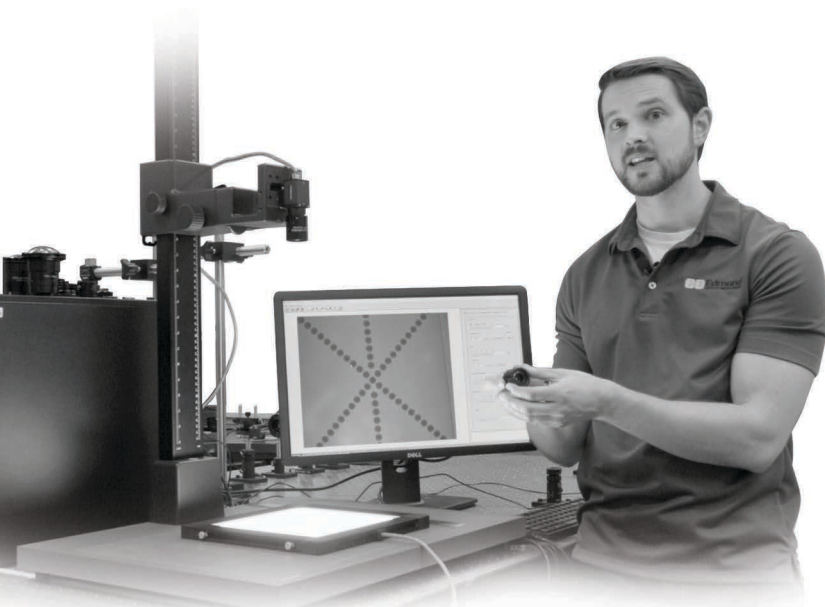
- A3 Association for Advancing Automation Board of Directors, **Greg Hollows**
- A3 Vision & Imaging Technology Strategy Board, **Greg Hollows**
- Hong Kong Optical Engineering Society Vice Chairman, **Jeremy Chang, Ph.D.**
- SPIE Fellow, **Mary Turner, Ph.D.**
- IS&T Photography, Mobile, and Immersive Imaging Conference Founder & Chair, **Nitin Sampat**
- A3 NextGen Committee Chair, **Nicholas Sischka**
- JIA Lens Working Group Vice Chairman, **Atsushi Ikeda**
- UKIVA Board Member, **Sergio Mantecon**



### **NEW** Innovation Summits hosted by Edmund Optics®

Providing opportunities for quality learning to stimulate innovation in the imaging industry for years to come. 100% virtual, 100% genuine, 100% free.

View recent event at [www.edmundoptics.eu/2021-imaging-innovation-summit](http://www.edmundoptics.eu/2021-imaging-innovation-summit)





# TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses



Edmund Optics® Imaging takes solving customer challenges to the next level. By customizing our core products, we provide a specialized, off-the-shelf solution for the most demanding OEM applications. Featuring the same high performance optical design as our **TECHSPEC® C Series Lenses**, our Ci, Cr, Cw, and Cx versions offer unique opto-mechanical benefits beyond a standard imaging lenses.

## One Core Design, Five Unique Solutions

**TECHSPEC® C Series**

- Compact (C) Size FA Lens for Machine Vision
- Up to 7,5 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- Up to 3/8", C-Mount Lens

[www.edmundoptics.eu/c-series](http://www.edmundoptics.eu/c-series)

**Ci Series**

- Instrumentation Designs for Reduced Size and Cost
- Simplified Focus for Industrial Ruggedization
- Wide Range of Fixed Aperture Options

**Cr Series**

- Stability Ruggedized
- Individual Optics Glued in Place
- Less than 1 µm Pixel Shift at 50G

**Cw Series**

- Meets IEC Ingress Protection Ratings of IPX7 and IPX9K
- Hydrophobic Coated Window Protects Front Lens Element
- Designed to Eliminate the Need for a Protective Lens Cover

**Cx Series**

- Liquid Lens Integration for Autofocus
- Modular Mechanics
- Interchangeable Apertures and Internal Filters

## TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses

- Industry Leading Price-to-Performance Ratio
- Designed for True Factory Automation
- Low Lens to Lens Variation
- C-Mount Lens Mount



TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses					
Focal Length:	3,5 mm	4,5 mm	6 mm	8,5 mm	12 mm
Max. Sensor Format:	1/4,8"	1/4,8"	1/4,8"	2/5"	2/5"
Horizontal FOV on 1/4,8" Sensor:	41,2 mm - 102,4°	72,0 mm - 84,7°	109,8 mm - 62,1°	101,0 mm - 49,2°	68,0 mm - 34,2°
Horizontal FOV on 2/5" Sensor:	-	-	-	128,4 mm - 60,4°	83,6 mm - 41,4°
Horizontal FOV on 4/5" Sensor:	-	-	-	-	-
Working Distance:	0 mm - ∞	25 mm - ∞	75 mm - ∞	100 mm - ∞	100 mm - ∞
Distortion:	<21%	<15,8%	<6,8%	<18,4%	<2,5%
Aperture (f/#):	f/2,0-f/11	f/2,0-f/11	f/1,4-f/16	f/1,3-f/16	f/1,8-f/16
Stock No.	#89-410	#86-900	#67-709	#58-000	#58-001

TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses					
Focal Length:	16 mm	25 mm	35 mm	50 mm	100 mm
Max. Sensor Format:	2/5"	2/5"	2/5"	2/5"	4/5"
Horizontal FOV on 1/4,8" Sensor:	50,1 mm - 25,5°	29,9 mm - 16,2°	32,0 mm - 11,7°	34,7 mm - 6,9°	45,2 mm - 4,1°
Horizontal FOV on 2/5" Sensor:	61,4 mm - 30,9°	36,6 mm - 19,8°	39,2 mm - 14,3°	42,7 mm - 10,0°	55,2 mm - 5,0°
Horizontal FOV on 4/5" Sensor:	-	-	-	-	108,7 mm - 9,7°
Working Distance:	100 mm - ∞	100 mm - ∞	165 mm - ∞	250 mm - ∞	750 mm - ∞
Distortion:	<0,8%	<0,2%	<0,2%	<0,3%	<0,1%
Aperture (f/#):	f/1,6-f/16	f/1,4-f/17	f/1,65-f/22	f/2,0-f/22	f/2,8-f/22
Stock No.	#59-870	#59-871	#59-872	#59-873	#86-410

**INNOVATION STARTS HERE**



# TECHSPEC® Fixed Focal Length Lenses

**Fixed Focal Length Lenses** are highly versatile and can be used for many factory automation and machine vision applications. Edmund Optics® Imaging offers a wide range of focal length options that are designed for the latest sensors.



## TECHSPEC® UC Series Fixed Focal Length Lenses

- Up to 1/1,8", C-Mount Lens
- Up to 12 MegaPixels, 1,85 µm Pixel Size Sensors
- Ultra-Compact (UC), High Resolution Lens for Small Sensors
- 4 mm to 35 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/uc-series](http://www.edmundoptics.eu/uc-series)



## TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses

- Up to 2/3", C-Mount Lens
- Up to 7,5 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- Compact (C), FA Lens for Machine Vision
- 3,5 mm to 100 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/c-series](http://www.edmundoptics.eu/c-series)



## TECHSPEC® HP Series Fixed Focal Length Lenses

- 1,1", C-Mount Lens
- Up to 20 MegaPixels, 1,85 µm Pixel Size Sensors
- High Performance (HP), C-Mount Lens for Machine Vision
- 8 mm to 50 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/hp-series](http://www.edmundoptics.eu/hp-series)



## TECHSPEC® HR Series Fixed Focal Length Lenses

- 2/3", C-Mount Lens
- Up to 10 MegaPixels, 1,85 µm Pixel Size Sensors
- High Resolution (HR), FA Lens for Machine Vision
- 8,5 mm to 35 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/hr-series](http://www.edmundoptics.eu/hr-series)



## TECHSPEC® CA Series Fixed Focal Length Lenses

- APS-C (27,9 mm), TFL-Mount Lens
- Greater than 30 MegaPixels, 3,45 µm Pixel Size Sensors
- High Resolution, Compact APS-C Lens (CA)
- 35 mm to 100 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/ca-series](http://www.edmundoptics.eu/ca-series)



## TECHSPEC® LF Series Fixed Focal Length Lenses

- Full Frame (35 mm), F-Mount Lens
- 29 MegaPixels, 5 µm Pixel Size Sensors
- F-Mount Large Format (LF) Lens for Factory Automation
- 28 mm to 100 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/lf-series](http://www.edmundoptics.eu/lf-series)



## TECHSPEC® LS Series Fixed Focal Length Lenses

- 82 mm Line Scan (LS), V-70 Mount
- Up to 16k, 5µm Pixel Size Line Scan Sensors
- High Resolution, Low Distortion, Uniform Field Performance
- 1,65X to 2,65X Primary Magnification

[www.edmundoptics.eu/ls-series](http://www.edmundoptics.eu/ls-series)



## TECHSPEC® SWIR Series Fixed Focal Length Lenses

- 1/2", C-Mount, M42, F-Mount Lens
- Up to 3 MegaPixels, 10 µm Pixel Size Sensors
- Designed and Optimized for SWIR (900-1700 nm) InGaAs Sensors
- 5 mm to 100 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/swir-series](http://www.edmundoptics.eu/swir-series)

**TECHSPEC®** Edmund Optics® Imaging Lenses are designed, manufactured, and guaranteed by Edmund Optics®





**Telecentric lenses** eliminate parallax error, making them ideal for high precision measurement and gauging applications. Many EO Imaging telecentric lenses feature an f/6 aperture for increased light throughput, while still providing high performance.



### TECHSPEC® CompactTL Telecentric Lenses

- Small Telecentric Lens with Coaxial Illumination Options
- 0,5 to 8X Magnification
- 3/8", C-Mount Telecentric Lens
- Up to 2,3 MegaPixels, 4,5 µm Pixel Size Sensors

[www.edmundoptics.eu/  
compact-tl](http://www.edmundoptics.eu/compact-tl)



### TECHSPEC® MercuryTL Liquid Lens Telecentric Lenses

- Liquid Lens for Extended Depth of Field Telecentric Lens
- Magnification from 0,15X to 0,75X
- Up to 3/8", C-Mount Telecentric Lens
- Up to 2,3 MegaPixels, 4,5 µm Pixel Size Sensors

[www.edmundoptics.eu/  
mercury-tl](http://www.edmundoptics.eu/mercury-tl)



### TECHSPEC® VariMagTL Telecentric Lenses

- Variable Magnification Telecentric Lens
- Magnification from 0,15X to 3X
- Up to 5 MegaPixels, 3,45µm Pixel Size Sensors
- 3/8", C-Mount Telecentric Lens

[www.edmundoptics.eu/  
varimag-tl](http://www.edmundoptics.eu/varimag-tl)



### TECHSPEC® CobaltTL Telecentric Lenses

- High Resolution Bi-Telecentric Lens with In-Line Illumination Options
- 0,28 to 0,9X Magnification
- Up to 20 MegaPixels, 2,2 µm Pixel Size
- 1,1", C-Mount Telecentric Lens with f/#'s as Low as f/4

[www.edmundoptics.eu/  
cobalt-tl](http://www.edmundoptics.eu/cobalt-tl)



### TECHSPEC® SilverTL Telecentric Lenses

- High Resolution f/6 Bi-Telecentric Lens with Inline Illumination Options
- Magnification from 0,16X to 4X
- Up to 7,5 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- Up to 3/8", C-Mount Telecentric Lens

[www.edmundoptics.eu/  
silver-tl](http://www.edmundoptics.eu/silver-tl)



### TECHSPEC® GoldTL Telecentric Lenses

- Focusable High Resolution Telecentric Lens
- Magnification from 0,06X to 1X
- Up to 5 MegaPixels, 3,45 µm Pixel Size Sensors
- Up to 3/8", C-Mount Telecentric Lens

[www.edmundoptics.eu/  
gold-tl](http://www.edmundoptics.eu/gold-tl)



### TECHSPEC® PlatinumTL Telecentric Lenses

- High Resolution f/6 Bi-Telecentric Lens for Measurement
- Magnification from 0,28X to 1,7X
- Up to 35 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- APS-C, C-Mount, T-Mount, F-Mount Telecentric Lens

[www.edmundoptics.eu/  
platinum-tl](http://www.edmundoptics.eu/platinum-tl)



### TECHSPEC® TitanTL Telecentric Lenses

- Large Field of View Telecentric Lens
- Magnification from 0,037X to 0,377X
- Up to 31,4 MegaPixels, 3,45 µm Pixel Size Sensors
- Full Frame (35 mm), C-Mount, T-Mount, M58-Mount, F-Mount Telecentric Lens

[www.edmundoptics.eu/  
titan-tl](http://www.edmundoptics.eu/titan-tl)

▶ INNOVATION STARTS HERE



# TECHSPEC® M12 S-Mount Lenses

**M12 Lenses or S-Mount Lenses** are compact, board lenses designed for use in many small format cameras. Edmund Optics® Imaging's all glass and metal designs provide a reliable, high performance solution.



## TECHSPEC® Blue Series M12 Imaging Lenses

- 6+ MegaPixels (Up to 1/2" Format)
- Small Sensor Format
- 2 mm to 25 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Optimized for High Resolution Performance at Machine Vision Working Distances

[www.edmundoptics.eu/m12-blue-series](http://www.edmundoptics.eu/m12-blue-series)



## TECHSPEC® Green Series M12 Imaging Lenses

- 3 MegaPixel (Up to 1/2" Format)
- Small Sensor Format
- 6 mm to 25 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Optimized for Machine Vision Working Distances

[www.edmundoptics.eu/m12-green-series](http://www.edmundoptics.eu/m12-green-series)



## TECHSPEC® Red Series M12 Imaging Lenses

- 3 MegaPixel (Up to 1/2" Format)
- Small Sensor Format
- 3,6 mm to 8 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Optimized for High Resolution Performance to Infinity

[www.edmundoptics.eu/m12-red-series](http://www.edmundoptics.eu/m12-red-series)



## TECHSPEC® Rugged Blue Series M12 Imaging Lenses

- 6+ MegaPixels (Up to 1/2" Format)
- Small Sensor Format
- 2 mm to 25 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Ruggedized Versions of our Blue Series

[www.edmundoptics.eu/m12-rugged-blue](http://www.edmundoptics.eu/m12-rugged-blue)



## TECHSPEC® HEO Series M12 Imaging Lenses

- 3 MegaPixel (Up to 1/2" Format)
- Small Sensor Format
- 2,2 mm to 8 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Harsh Environment Optics (HEO) Sealed Versions of our Red Series

[www.edmundoptics.eu/m12-heo-series](http://www.edmundoptics.eu/m12-heo-series)



## TECHSPEC® Liquid Lens M12 Imaging Lenses

- 6+ MegaPixels (Up to 1/4.8" Format)
- Small Sensor Format
- 6 mm to 16 mm Focal Length
- S-Mount (M12 x 0,5)
- Integrated Liquid Lens for Quick Autofocus

[www.edmundoptics.eu/m12-liquid-series](http://www.edmundoptics.eu/m12-liquid-series)

# Objectives from Industry Leading Manufacturers



Mitutoyo



OLYMPUS



## Microscopy Objectives

- Wide Variety from Industry Leading Manufacturers
- Infinity Corrected, Finite Conjugate, Tube Lenses, Microscope Systems, and More

To view our full selection of objectives, visit our website at [www.edmundoptics.eu/microscopy](http://www.edmundoptics.eu/microscopy)



### Mitutoyo Infinity Corrected Long Working Distance Objectives

- Long Working Distances
- Bright Field Inspection
- High Quality Plan Apochromat Design
- Flat Image Surface over Entire Field of View

[www.edmundoptics.eu/1942](http://www.edmundoptics.eu/1942)



### Mitutoyo NIR, NUV, and UV Infinity Corrected Objectives

- Ideal for Bright Field Imaging in UV, Visible, and NIR Spectral Regions
- Excellent Performance at Nd:YAG Laser Lines
- Broad Spectral Ranges

[www.edmundoptics.eu/1950](http://www.edmundoptics.eu/1950)



### Olympus Long Working Distance M-Plan Fluorite Objectives

- Ideal for Brightfield, Darkfield, DIC, Fluorescence, or Polarization Microscopy
- Long Working Distances Reduce Risk of Specimen Damage

[www.edmundoptics.eu/3509](http://www.edmundoptics.eu/3509)



### Olympus X-Line Extended Apochromat Objectives

- High NA up to 1,45
- Chromatic Aberration Correction from 400 - 1000 nm
- Uniform Image Flatness over Large FOVs

[www.edmundoptics.eu/4080](http://www.edmundoptics.eu/4080)



### Nikon CF160 Infinity Corrected Brightfield Objectives

- Excellent Color Reproduction
- Long Working Distance and High NA
- High Contrast with Minimal Flare
- Strain Free

[www.edmundoptics.eu/2690](http://www.edmundoptics.eu/2690)



### Nikon Interferometry Objectives

- Suitable for Non-Contact Optical Profiling
- Michelson and Mirau Objectives Available
- Infinity Corrected 200 mm

[www.edmundoptics.eu/2797](http://www.edmundoptics.eu/2797)



### ZEISS A-Plan Objectives

- Ideal for Brightfield and Fluorescence Applications
- Excellent Color Correction and Flatness of Field
- Oil Immersion Options Available

[www.edmundoptics.eu/4039](http://www.edmundoptics.eu/4039)



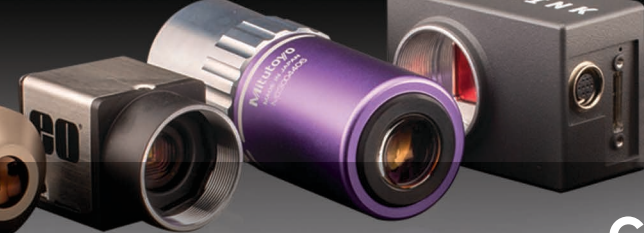
### ZEISS EC Epiplan Objectives

- Ideal for Brightfield, Fluorescence, and Differential Interference Contrast Applications
- Enhanced Contrast
- Excellent Color Correction and Flatness of Field

[www.edmundoptics.eu/4029](http://www.edmundoptics.eu/4029)

 INNOVATION STARTS HERE





# Cameras from Industry Leading Manufacturers



## Industrial and Microscopy Cameras

- USB 3.1, GigE, 5 GigE, 10 GigE, Firewire, CoaXPress 2.0
- S-Mount, CS-Mount, C-Mount, TFL-Mount, F-Mount
- Monochrome, Color, NIR, Polarized



To view our full selection of cameras, visit our website at [www.edmundoptics.eu/cameras](http://www.edmundoptics.eu/cameras)



### Allied Vision Alvium USB 3.1 Cameras

- Compact, Low Cost, High Performance Design for Machine Vision and Embedded Applications
- System on Chip (SoC) with Onboard Imaging Preprocessing
- Up to 24,60 MegaPixels, 1/2" Sensor Format

[www.edmundoptics.eu/4038](http://www.edmundoptics.eu/4038)



### Basler ace2 GigE Cameras

- SONY Pregius S Sensors Available with up to 24 MP
- Proven Compact Housing (29 x 29 mm)
- Powerful Computer Vision Feature Set with Optional Beyond Features

[www.edmundoptics.eu/4118](http://www.edmundoptics.eu/4118)



### IDS Imaging uEye+ USB3 Cameras

- Compact, Robust Housing
- Feature High Resolution, High Sensitivity Sensors
- GenICam USB3 Vision Compliant

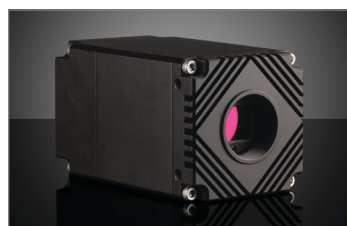
[www.edmundoptics.eu/4117](http://www.edmundoptics.eu/4117)



### FLIR Blackfly® S PoE GigE Cameras

- PoE (Power over Ethernet)
- VGA to 20 MP Resolution
- Compact 29 x 29 x 30 mm Size
- Extensive API library and Included SDK

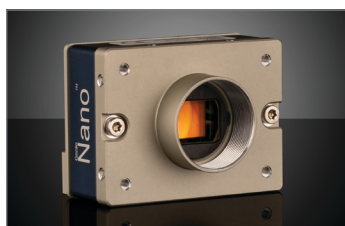
[www.edmundoptics.eu/3887](http://www.edmundoptics.eu/3887)



### Lucid Vision Labs Atlas10 10GigE Power over Ethernet (PoE) Cameras

- 10GBASE-T (10GigE) Ethernet Interface with PoE+
- 5,0 to 24,5 Megapixel Sony 4<sup>th</sup> Gen Pregius S Sensors
- Compact 55 x 55 mm Form Factor

[www.edmundoptics.eu/4154](http://www.edmundoptics.eu/4154)



### Teledyne Dalsa Genie™ Nano 5GigE Power over Ethernet (PoE) Cameras

- 5GBASE-T (5GigE) Ethernet Interface
- 3,2 to 12,4 Megapixel Sensors
- TurboDrive™ Technology for Data Transfer Speeds up to 985 MB/s

[www.edmundoptics.eu/4106](http://www.edmundoptics.eu/4106)



### Pixelink® USB 3.0 Autofocus Liquid Lens Cameras

- Seamless Integration of Liquid Lenses
- One-Push Autofocus, High Speed Focus Movement
- Easy-to-Use USB 3.0 Interface

[www.edmundoptics.eu/3781](http://www.edmundoptics.eu/3781)



### 1500 - 1600 nm NIR CCD USB 2.0 Camera

- Phosphor Coated CCD Array
- Spectral Peaks at 1512 nm and 1540 nm
- Includes Camera, Cable, and Easy-to-Use Software

[www.edmundoptics.eu/3599](http://www.edmundoptics.eu/3599)

**Meet our partners.** We partner with industry leading manufacturers to offer the widest selection of imaging products and have unique access to technical support to solve customer applications with speed and ease.



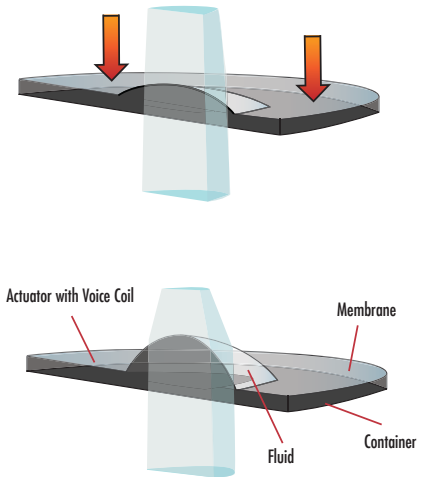
# Innovative Technologies



## Liquid Lenses in Edmund Optics® Imaging

- Integrate Liquid Lenses Into Imaging Assemblies for Quick Autofocus
- Compensate for Different Object Sizes and Working Distances
- Increase Throughput in High-Speed Machine Vision Systems
- Ideal for Barcode Reading, Rapid Automation, Package Sorting, and Security

Conventional imaging lenses struggle to capture sharp and accurate images in high-speed or precise applications that require quick refocusing. Liquid lenses overcome these limitations by quickly adjusting focus to accommodate for objects located at various working distances or objects of different heights. Liquid lenses are small cells containing optical-grade liquid that change their shape when a current or voltage is applied. This occurs within a matter of milliseconds and causes the lens' optical power, and therefore focal length and working distance, to shift. Integrating liquid lenses into imaging systems is an ideal solution for applications requiring rapid focusing, high throughput, and accommodation for depth of field and working distance.



The figure on the right shows how electronic focus can be quickly changed by applying a current or voltage to the liquid lens. This allows for quick autofocus without need for manual adjustment.



inspect  
award 2021  
winner

### TECHSPEC® LT Series Fixed Focal Length Lenses

- Integrated Liquid Lens Allows for Dynamic Autofocus
- 1.1" Sensor, up to 12 MegaPixels, 3,45 µm Pixel Size
- Maximizes the Liquid Lens Performance for Resolution, Range and Focus Speed

[www.edmundoptics.eu/lt-series](http://www.edmundoptics.eu/lt-series)



### TECHSPEC® MercuryTL Liquid Lens Telecentric Lenses

- Integrated Liquid Lens for Quick Autofocus
- Imaging Performance of a Telecentric with the Flexibility of a Liquid Lens
- Telecentricity Maintained Throughout Working Distance Range
- Silver Level 2015, VSD Innovators Award

[www.edmundoptics.eu/mercury-tl](http://www.edmundoptics.eu/mercury-tl)



inspect  
award 2017  
winner

### TECHSPEC® Liquid Lens Cx Series Fixed Focal Length Lenses

- Integrated Liquid Lens for Quick Autofocus
- Compact Flexible (Cx) C-Mount Designs
- Electronic Focus
- Versions Without a Liquid Lens
- Silver Level 2016, VSD Innovators Award

[www.edmundoptics.eu/cx-series](http://www.edmundoptics.eu/cx-series)



inspect  
award 2019  
winner

### TECHSPEC® Liquid Lens M12 Imaging Lenses

- Integrated Liquid Lens for Quick Autofocus
- High Light Throughput f/2,4 Designs
- Compact M12 Mount
- 2<sup>nd</sup> Place Winner, 2019 VSD Inspect Award

[www.edmundoptics.eu/m12-liquid-lenses](http://www.edmundoptics.eu/m12-liquid-lenses)

▶ INNOVATION STARTS HERE



# RUGGEDIZED LENSES

**Ruggedized lenses** are designed to withstand the harsh environments of the most demanding applications. **Industrial ruggedized** lenses will survive shock and vibration. **Ingress protection ruggedization** seals assemblies from moisture. **Stability ruggedization** not only protects from shock and vibration damage, but also maintains the position accuracy and repeatability of the optical pointing stability. **Athermalization** eliminates performance changes due to swings in the operational temperature of the application environment.



**INDUSTRIAL**



**TECHSPEC® Ci Series**  
Fixed Focal Length Lenses

- Up to 3/8", C-Mount Lens
- Up to 7.5 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- Instrumentation (Ci) Versions of our C Series Lenses with Streamlined Mechanical Designs and Fixed Apertures
- 3,5 mm to 50 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/ci-series](http://www.edmundoptics.eu/ci-series)



**INGRESS PROTECTED**



**TECHSPEC® Cw Series**  
Fixed Focal Length Lenses

- Up to 3/8", C-Mount Lens
- Waterproof (Cw) Versions of C Series Fixed Focal Length Lenses
- Meets IEC Ingress Protection Ratings of IPX7 and IPX9K
- Designed to Eliminate the Need for a Protective Lens Cover

[www.edmundoptics.eu/cw-series](http://www.edmundoptics.eu/cw-series)



**STABILITY**



**TECHSPEC® Cr Series**  
Fixed Focal Length Lenses

- Up to 3/8", C-Mount Lens
- Up to 7.5 MegaPixels, 2,8 µm Pixel Size Sensors
- Ruggedized (Cr) Designs (50g Shock) of our C Series Lens
- 3,5 mm to 50 mm Focal Length

[www.edmundoptics.eu/cr-series](http://www.edmundoptics.eu/cr-series)



**ATHERMAL**



**TECHSPEC® Athermal**  
Imaging Lenses

- Designed to Maintain High Resolution Over a Wide Temperature Range
- Ruggedized for Shock and Vibration Environments
- Large Sensor Coverage up to 1,1" Optothermal Stability from Passive Athermalization

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

Edmund Optics® Imaging is a leader in imaging and machine vision technology. We create innovative products with the latest technology to solve customer application and challenges.



◆ CUSTOMER  
NUMBER

More Optics. More Technology. More Service.

# FOCUSED ON YOU.

Global solutions and engineering support when you need it.

## DESIGNED for You

- Engineering Support
- Custom Products
- Engineers as Project Managers

## MANUFACTURED for You

- High Quality through Precision Machines
- Technically Advanced Metrology
- Advanced Assemblies

## THERE for You

- 24-Hour Application Support
- Global, In-Region Specialists
- Over 80 Years of Optical Component Expertise



## PHONE & EMAIL

+44 (0) 1904 788600

Monday - Friday, 9:00 - 18:00 CET

[sales@edmundoptics.eu](mailto:sales@edmundoptics.eu)

[techsup@edmundoptics.eu](mailto:techsup@edmundoptics.eu)

## 24-HOUR ONLINE APPLICATION SUPPORT

Monday 2:00 - Sunday 2:00 CET\*

\*after official business hours in English only.





Bild: Polytec

**Inline-Qualitätskontrolle von Margarine mit NIR-Spektrometern**

Mit den Nahinfrarot (NIR)- Spektrometern von Polytec kann der Herstellungsprozess von Margarine in jedem Schritt der Produktion überwacht werden. Mit den Nahinfrarot (NIR)- Spektrometern werden Öle und Fette für die Margarineherstellung analysiert ohne den Einsatz umweltschädlicher Chemikalien oder Lösungsmittel. Mit einer Messung lassen sich verschiedene Parameter wie Wasser- und Fettgehalt, aber auch Trockenmasse und Salzgehalt prüfen.

Die NIR-Spektrometer von Polytec können dank der Multiplexer-Technologie mit bis zu sechs Messsonden ausgestattet werden. Mit den Sonden für berührungslose Messungen und Einbindung in Prozesslinien über Kontaktsonden können Produzenten jeden Schritt der Margarineherstellung kontinuierlich überwachen und wichtige Parameter in Echtzeit messen.

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



Bild: Viscom

**Inline-Röntgensystem für Prüfbjekte mit Kühlkörper**

Viscom hat ein neues Inline-Röntgensystem vorgestellt. Das 3D-AXI-System iX7059 Module Inspection von Viscom durchstrahlt Flächenlötungen auch dann rundum einwandfrei, wenn die Prüfbjekte über spezielle Kühlkörper verfügen. Diese können zum Beispiel aus Kupfer bestehen und es können potenzielle Störstrukturen vorhanden sein, die eine Prüfung erschweren. In solchen Fällen ist eine stärkere Durchstrahlung gefordert. Mit einer leistungsstarken Computertomografie generiert die iX7059 Module Inspection exakte Volumenansichten und Schichtbilder, die zum Beispiel Aufschluss über den Voidgehalt in den Anbindungen geben. Um die hier typischen Prüfbjekte wie etwa IGBT-Module taktzeitoptimiert zu prüfen, sind zudem Handling-Optionen mit speziellen Rahmen und Werkstückträgern Bestandteil des Systemkonzepts.

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

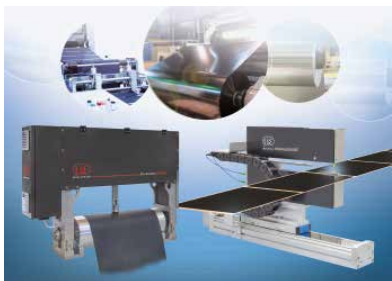


Bild: Micro-Epsilon

**Nassschichtdickenmessung in der Batterieproduktion**

Das Inline-Messsystem Thickness Gauge überwacht die Nassschichtdicke mit einer Genauigkeit von  $\pm 1 \mu\text{m}$  bei 150 bis 500  $\mu\text{m}$  Objektdicke. Das System besteht aus einer Lineareinheit mit elektromechanischem Antrieb, zwei konfokal-chromatischen Abstandssensoren, einer automatischen Kalibriereinheit und einem multitouch-fähigen Panel-IPC. Die hohe Präzision und die Messrate von 5 kHz ermöglichen eine vollautomatisierte Dickenmessung während der laufenden Produktion. Die Messungen erfolgen im Differenzverfahren von zwei Seiten auf die Materialoberfläche. Der Abstand der Sensoren zueinander wird kontinuierlich über eine automatische Kalibrierung auf ein Referenztarget ermittelt. Die Materialdicke wird aus dem Sensorabstand sowie den beiden Abstandswerten berechnet.

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



Bild: Zeiss

**Plattform für industrielle Messtechniklösungen**

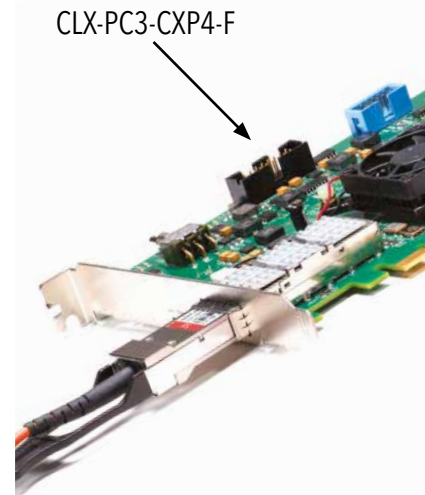
Mit dem Zusammenwachsen von Zeiss und GOM Metrology wird aus der GOM Suite zum Release 2022 die Zeiss Quality Suite. Derzeit stehen in der Suite die Produkte GOM Inspect, GOM Volume Inspect, GOM Blade Inspect, GOM Correlate und Zeiss Reverse Engineering zur Verfügung. Langfristig sollen alle Software-Produkte aus Qualitätssicherung und Messtechnik in die Suite integriert werden.

Über die Plattform können Anwender die verschiedenen Software-Produkte starten, erhalten Zugang zu aktuellen News, Events, Schulungen, Trainings, Onlinehilfen sowie Updates und Add-Ons.

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

**Today's Machine Vision News:**

- > CoaXPress supports fiber-optic connections
- > BitFlow releases the Claxon-Fiber



CLX-PC3-CXP4-F

- CXP over fiber frame grabber
- Four fiber optic links, each carrying 12.5 Gb/S
- Supports one to four cameras
- CoaXPress 2.0 compliant
- Standard QSFP+ port
- PCIe x8 Gen3

This cable carries the equivalent of four CXP-12 coax cables



Cables lengths well over a kilometer are supported

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



Um das richtige Objektiv für die jeweilige Anwendung auszuwählen, ist ein gewisses Verständnis über das Zusammenspiel einiger der gängigen Parameter, wie MTF, F/# oder effektiver Brennweite, elementar.

Bild: asharkyu/Shutterstock

# Was bei Objektiven für Swir-Systeme zu beachten ist

Technische Grundlagen und Auslegungshinweise

**Wie beeinflussen sich die einzelnen Objektivparameter gegenseitig und welche Nachteile bringt das Abblenden des Objektivs? Worauf muss man bei einer geplanten Swir-Anwendungen bezüglich des Objektivs achten? Diese und weitere Fragen klärt der Artikel, ausgehend von den physikalischen Zusammenhängen und näher erläuternd anhand von Praxisbeispielen.**

**M**it der Einführung der künstlichen Intelligenz (KI) werden Bildverarbeitungsanwendungen immer leistungsfähiger. Mittlerweile können moderne Systeme Handschrift entziffern, ein zerknittertes Etikett erkennen oder einen Apfel von einer Orange unterscheiden. In der Lebensmittelindustrie ist es jetzt sogar möglich, über die Fähigkeiten des menschlichen Auges hinauszugehen und die oft zitierten guten Äpfel von den schlechten zu unterscheiden. Ermöglicht wird dies durch spezielle Bildverarbeitungstechnologien wie die Swir-Bildgebung, aber dazu später mehr.

Mit den neuen Möglichkeiten kommen auch neue Anforderungen an die Leistung der einzelnen Komponenten, um die bestmögliche Leistung des gesamten Bildverarbeitungssystems zu erreichen. Dazu gehört auch das Objektiv, das häufig auf der Grundlage von MTF, F/#, effektiver Brennweite (EFL) oder Verzeichnung ausgewählt wird. Jeder dieser Parameter ist wichtig für die Leistung eines optischen Systems. Das Verständnis des Zusammenspiels zwischen einigen dieser Parameter sollte jedoch bei der Optimierung eines Bildgebungssystems für maschinelle Bildverarbeitungsanwendungen von besonderer Bedeutung sein.

## Physikalische Zusammenhänge der Objektivparameter

Das Gleiche gilt für die Fähigkeit, die Bewegung eines Objekts zu kompensieren, was zum Beispiel durch die Auf- und Abwärtsbewegung eines Förderbands oder durch Teile verursacht werden könnte, die zu unterschiedlichen Zeiten mit oder ohne Trays geprüft werden. Ein wichtiger optischer Parameter 2. Ordnung für dieses Szenario wäre das Erreichen einer angemessenen Schärfentiefe (DOF). Aber welche Objektivparameter beeinflussen die Schärfentiefe, und welche anderen sekundären Objektivleistungsparameter sind für Bildverarbeitungsanwendungen wichtig? Werfen wir einen Blick auf die physikalischen Zusammenhänge:

**Schärfentiefe:** Die Schärfentiefe (DOF) ist definiert als der Bereich zwischen dem nahen und dem fernen Objektstand, in dem ein Objekt akzeptabel scharf abgebildet wird. Unter sonst gleichen Bedingungen hängt sie

in erster Linie von  $F/\#$  und EFL ab. Die nominelle Objektentfernung (Brennweite) sollte sich an einem Punkt im Raum befinden, der die Schärfentiefe für die Anwendung maximiert. Bei der unendlichen konjugierten Abbildung wird dieser Punkt als hyperfokale Entfernung bezeichnet. Bei der endlichen Abbildung hingegen liegt dieser Punkt in der Regel näher und hängt weitgehend von den Anforderungen der Anwendung ab. Bei CMOS-Sensoren ist es üblich, „Fokus“ als ein Vielfaches (zum Beispiel die zwei- oder vierfache Unschärfe) des Pixelabstands des Sensors zu definieren, je nachdem, welcher Kompromiss zwischen Schärfe und größerem DOF angestrebt wird.

In jedem Fall ist es sehr wichtig, den Begriff „Fokus“ zu definieren, bevor man darüber spricht, wie man den Schärfentiefebereich maximieren kann. Da es sich bei der EFL eines Objektivs um einen konstruktionsimmanenten Parameter erster Ordnung handelt, der bei einem Standardobjektiv nicht geändert werden kann, ist das „Abblenden“ des  $F/\#$  eines Objektivs eine gängige Methode, um eine größere Schärfentiefe in einem Bild zu erzielen. Sofern das Objektiv nicht bereits beugungsbegrenzt ist, kann eine Abblendung häufig zu einer besseren MTF und einer größeren Schärfentiefe führen. Der Nachteil ist natürlich das abnehmende Gesamtlicht, weshalb es sehr hilfreich ist, wenn die Beleuchtung eine steuerbare Variable ist.

**Transmission:** Die Transmission ist, allgemein gesprochen, die Lichtmenge, die den Sensor erreicht. Die Leistung des gewählten IR-Sperrfilters, die AR-Vergütung, die Anzahl der optischen Elemente und die Lichtquelle wirken sich alle auf den Gesamlichtdurchsatz aus, aber auch das  $F/\#$ . Ein Objektiv mit einem höheren Öffnungsverhältnis vergrößert das Sichtfeld, verringert aber auch den Lichtdurchsatz, da ein höheres Öffnungsverhältnis zu einem kleineren Öffnungsdurchmesser führt.

**Sichtfeld:** Das Sichtfeld (Field of View, FOV) wird durch die effektive Brennweite (EFL) des Objektivs und den gewählten Sensor bestimmt. Bei der Optimierung für eine größere Schärfentiefe in einem Szenario, in dem die Blendenzahl nicht oder nur in einem kleinen Bereich geändert werden kann, führt ein Objektiv mit einer kleineren EFL zu einer größeren Schärfentiefe, aber auch zu einem größeren Sichtfeld (unter der Annahme eines ähnlichen Bildkreises und des gleichen CMOS-Sensors). Ein größeres FOV bedeutet auch eine geringere Vergrößerung, sodass dies bei einer Anwendung, bei der eine bestimmte Vergrößerung oder Pixel/Grad erforderlich ist, ein Kompromiss sein kann. Dementsprechend verringern sich DOF und FOV, wenn die Brennweite erhöht wird.

**Relative Beleuchtungsstärke:** Die relative Beleuchtungsstärke (RI) ist ein normalisierter Prozentwert, der die Beleuchtungsstärke an einem beliebigen Feldpunkt relativ zum

Punkt der maximalen Beleuchtungsstärke angibt, der normalerweise auf der Achse liegt. Ein hoher RI-Wert bedeutet eine „flache“ Ausleuchtung über die gesamte Bildebene, während ein niedriger RI-Wert dunkle Ecken oder Kanten verursachen kann. Eine Erhöhung des Blendenwerts erhöht in der Regel auch den RI-Wert, was nicht mit dem Gesamlichtdurchsatz zu verwechseln ist, der sich verringert. Eine zunehmende Verzeichnung des Objektivs kann dazu beitragen, den Kanten-RI zu erhöhen, da sie mehr realen Objektraum (Licht) in einen kleineren entsprechenden Bildraum „quetscht“. Wie viel Verzeichnung akzeptabel ist, hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Beachten Sie, dass „Vignettierung“ und „Relative Beleuchtung“ manchmal synonym verwendet werden, aber nicht gleichbedeutend sind. Starke Vignettierung kann einen niedrigen RI verursachen, aber nicht jeder RI-Verlust ist eine Funktion der Vignettierung. RI kann mit vielen Design-Entscheidungen zusammenhängen, wird aber oft mit  $F/\#$  und Verzerrungskompromissen im Design in Verbindung gebracht.

**Bildfeldwölbung:** Die Bildfeldwölbung ist eine Aberration, die den Grad der Krümmung der Bildebene relativ zur flachen Sensorebene definiert. Sie ist eine radial abhängige (Feldhöhe) Aberration, die sich in einer weichen Schärfe außerhalb der Achse äußert (unter der Annahme, dass die beste Schärfe auf der Achse liegt). Dies wird häufig durch den Einsatz eines unendlich konjugierten Objektivs in einer endlichen Bildgebungsanwendung verschärft und kann sich mit abnehmender endlicher Entfernung zunehmend verschlechtern. Ein Unterschied zwischen einem Objektiv mit unendlicher und

einem mit endlicher Konjugation besteht in der Art und Weise, wie es optimiert wird, um die leistungsmindernden Auswirkungen von Aberrationen zu senken.

### Swir bringt viel Zusatznutzen zu geringen Kosten

Wenn man die oben beschriebenen sekundären Objektivparameter kennt, kann man für viele Anwendungen auf ein umfangreiches Portfolio von Standardobjektiven zurückgreifen und diese für einen bestimmten Anwendungsfall modifizieren. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Technologien und Anwendungsbereichen müssen wir jedoch manchmal die Grenzen weiter hinausschieben und die Anforderungen für ein neues anwenderspezifisches Objektivdesign definieren. Die Kurzwellen-Infrarot- oder Swir-Bildgebungstechnologie ist ein solcher Fall.

Swir wurde traditionell in der Bio(medizin)-Technologie und in einigen militärischen und verteidigungsbezogenen Anwendungen eingesetzt. Angesichts des ständig wachsenden Bedarfs an Kamerasystemen für die Industrieautomation, die mehr sehen können als das menschliche Auge, und des Aufkommens kostengünstigerer Swir-Bildsensoren ist es nicht verwunderlich, dass sich Bildverarbeitungssysteme für viele neue Anwendungsfälle dem Wellenlängenspektrum jenseits des sichtbaren Bereichs (VIS) zugewandt haben.

Das Infrarotspektrum von ~750 bis 12.000 nm lässt sich in zwei Kategorien unterteilen. Das „reflektierte Infrarot“ wird durch das nahe Infrarot (NIR) und das Swir-Band repräsentiert. Das „thermische Infrarot“ wird durch das mittelwellige Infrarot (MWIR) und das langwellige Infrarot (LWIR) definiert.



Bild: Sunex

Während die „thermischen Infrarot“-Sensoren Licht (in Form von Wärme) erkennen, das vom Objekt selbst abgestrahlt wird, erkennen die NIR- und Swir-Sensoren Photonen, die vom Objekt reflektiert werden, was eher der sichtbaren Bildgebung entspricht, mit der viele vertraut sind.



Während die „thermischen Infrarot“-Sensoren Licht (in Form von Wärme) erkennen, das vom Objekt selbst abgestrahlt wird, erkennen die NIR- und Swir-Sensoren Photonen, die vom Objekt reflektiert werden, was eher der sichtbaren Bildgebung entspricht, mit der viele vertraut sind.

Der Bereich zwischen 900 und 2.500 nm ist von besonderem Interesse, da die von den Sternen in der Nacht ausgestrahlte Umgebungs- und Hintergrundstrahlung eine natürliche Swir-Quelle ist, die kontrastreiche Bilder ermöglicht. Wasserpartikel werden im Swir-Spektrum transparent. Eine Eigenschaft, die in der Automobilindustrie auf Interesse stößt, die sich bisher weitgehend auf Kamerasysteme im sichtbaren Spektrum verlässt, das durch Regen, Nebel oder ähnliche Wetterbedingungen beeinträchtigt wird. Zwei weitere Vorteile dieses Spektrums sind, dass die künstliche Beleuchtung relativ einfach ist, sodass der Benutzer seine eigene Beleuchtung entwerfen und steuern kann, und die Tatsache, dass ein Großteil dieses nutzbaren Spektrums immer noch von herkömmlichen optischen Gläsern abgedeckt werden kann.

**Swir-Anwendungen nehmen schnell zu**

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von Technologien, Materialien und Herstellungsverfahren kommen Swir-Kameras heute in immer mehr Anwendungsbereichen zum Einsatz. Von der Landwirtschaft, der medizinischen Bildgebung und der Sicherheit/Überwachung bis hin zur Lebensmittelverarbeitung und nicht-invasiven Qualitätskontrolle in automatisierten Produktionslinien. Einige dieser Anwendungen profitieren von der Einführung von Sensortechnologien, die gleichzeitig den sichtbaren und den Swir-Wellenlängenbereich (zum Beispiel 400 bis 1.700 nm) abbilden und eine steigende Pixelzahl (SXGA, VGA) und Auflösung (Pixelabstand von 5 µm) bieten.

Das Objektivdesign und die Fertigungsüberlegungen müssen angepasst werden,

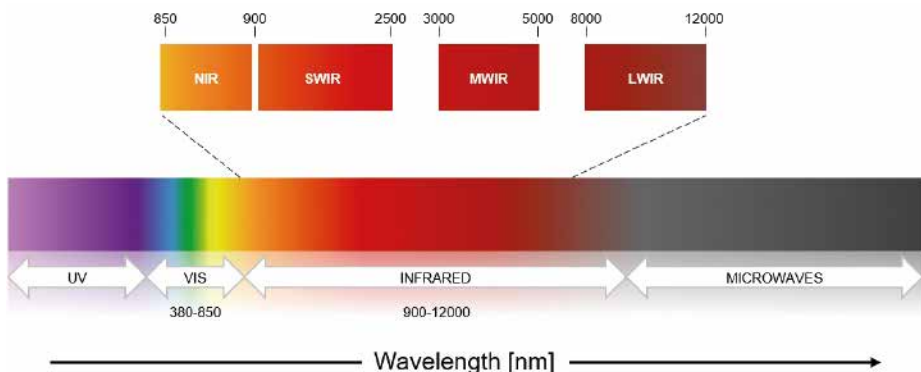


Bild: Sunex

Das Infrarotspektrum von ~750 bis 12.000 nm lässt sich in zwei Kategorien unterteilen: Das „reflektierte Infrarot“ wird durch das nahe Infrarot (NIR) und das Swir-Band repräsentiert. Das „thermische Infrarot“ wird durch das mittelwellige Infrarot (MWIR) und das langwellige Infrarot (LWIR) definiert.

um leistungsstarke Swir-Anwendungen zu unterstützen. Die Materialauswahl für die optischen und optomechanischen Komponenten, die Form des Designs und der Optimierungsprozess müssen unter Berücksichtigung des geeigneten Wellenlängenspektrums und der Gewichtung analysiert werden. Das Erreichen der für leistungsstarke Swir-Objektive typischen hohen MTF, Ziel-F/# und geringen Aberrationen erfordert einen solchen Ansatz. Er erstreckt sich auch auf die Notwendigkeit, die optischen Beschichtungen zu optimieren, einschließlich Filter (ein- oder mehrbandig), AR- (Antireflexions-) oder BBAR- (Breitband-Antireflexions-) Beschichtungen, um die Transmission der gesamten Objektivbaugruppe zu erhöhen, wenn die Abbildung über ein breiteres Wellenlängenspektrum erfolgt (zum Beispiel VIS+NIR, VIS+Swir oder nur Swir). Das Entwicklungs Know-How und die Produktionsprozesse müssen sich ähnlich weiterentwickeln. In manchen Fällen ist die Anschaffung von neuen Testgeräten erforderlich (zum Beispiel verbesserte MTF- und Transmissionstests, um den gewünschten

IR-Wellenlängenbereich, zu unterstützen) und Technologien sowie Überlegungen für Streulichttests und -minderung, Beschichtungsverfahren und optomechanische Komponenten sind zu optimieren. Die genauen Leistungsparameter richten sich in der Regel nach dem Bedarf der Anwendung und umfassen die Wahl des Sensors sowie spezifische Kunden- und Endnutzeranforderungen.

**Fazit**

Wie so oft müssen die Gesamtsystemkosten der ersten Systeme später weiter gesenkt werden. Gelingt dies, kann dies die Verbreitung von Swir-Imaging fördern. Sich einfach auf einen neuen Sensor zu verlassen, der das sichtbare und das Swir-Spektrum abdeckt, reicht nicht aus, wenn der Rest des Systems nicht ebenfalls dazu passt ist. Das Objektiv sollte die Innovation unterstützen, wenn nicht sogar anführen, um schließlich eine breitere Anwendungsabdeckung und die Ausweitung auf neue Branchen zu ermöglichen, die sich noch gar nicht bewusst sind, dass sie dies benötigen und davon profitieren könnten. ■



Bild: SWKStock/Shutterstock

Mit der Einführung der künstlichen Intelligenz (KI) werden Bildverarbeitungsanwendungen immer leistungsfähiger. Mittlerweile können moderne Systeme Handschrift entziffern, ein zerknittertes Etikett erkennen oder einen Apfel von einer Orange unterscheiden.

**AUTOR**  
Ingo Foldvari

Director of Business Development bei Sunex

**KONTAKT**

Sunex Inc., Carlsbad, Kalifornien, USA  
Tel.: +1 760 597 2966  
Fax: +1 760 597 2811  
sunex.com/solutions

# Lesen, was interessiert.



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

# inspect

WORLD OF VISION

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





Kai Hartmann, Product Innovation Manager bei IDS: „Auch wenn KI viele neue Möglichkeiten in der Bildverarbeitung eröffnet, ist die Technologie nicht allmächtig.“



# „Hauptaufgabe der KI-Anbieter ist jetzt, die Komplexität für den Anwender zu reduzieren“

Interview mit Kai Hartmann, Product Innovation Manager bei IDS

Obwohl das Interesse an künstlicher Intelligenz in der Bildverarbeitung hoch ist, gibt es relativ wenige Anwendungen. Kai Hartmann, Product Innovation Manager bei IDS, erklärt im Interview die Gründe dafür. Dabei erläutert er auch, wie sich KI-Interessierte an die Technologie heranarbeiten können. Zugleich stellt er klar: KI eignet sich nicht für alle Bildverarbeitungsanwendungen.

**inspect:** Künstliche Intelligenz ist gerade DAS Hype-Thema. Doch trotz des Potenzials, zahlreiche Anwendungen massiv zu verbessern, ist die Anzahl der Produktiveinsätze derzeit noch überschaubar. Was denken Sie, in welchem Entwicklungsstadium befindet sich KI derzeit?

**Kai Hartmann:** Bei der intelligenten Bildverarbeitung stehen wir zweifellos noch in der Wachstumsphase. Wie bei jeder neuen Technologie gibt es am Anfang einige Hürden und Fragen, die geklärt werden müssen. Zunächst musste beispielsweise Grundlagenarbeit in Sachen Algorithmen und Rechenleistung geschaffen werden. Das ist mittlerweile gelöst, sodass Kunden sehr kompakte und leistungsfähige Embedded-Vision-Systeme mit KI erwerben können.

Jetzt stehen wir vor der Herausforderung, Vertrauen und Verständnis im Markt aufzubauen. Im Vergleich zur klassischen, regelbasierten Bildverarbeitung ist die Funktionsweise von KI-Vision schwieriger zu erklären. Hier helfen Early Adopter und Fast Follower, deren Anwendungen konkret zeigen, was wie möglich ist und die dieses Wissen in die Breite tragen. Aus meiner Sicht ist das Thema „Erwartungshaltung“ außerdem aktuell ein ganz wichtiges. Denn auch wenn KI viele neue Möglichkeiten in der Bildverarbeitung eröffnet, ist die Technologie nicht allmächtig.

**inspect:** Wo sehen Sie derzeit die wesentlichen Stellschrauben, um Anwendern die Integration von künstlicher Intelligenz zu vereinfachen?

**Hartmann:** Anbieter müssen die Anwender zunächst einmal an der Basis abholen und genau erklären, bei welchen Aufgabenstellungen KI helfen kann. Das Thema an sich ist aktuell noch immer stark forschungsgetrieben – und deshalb sehr komplex. Mit unseren Tools reduzieren wir diese Komplexität und nehmen so den Anwender und seine Anforderungen in den Blick. Dazu zählt das KI-Vision-System IDS NXT, das den gesamten Anwendungs-Workflow vom Training neuronaler Netze bis zu deren Ausführung und Auswertung abbildet, aber auch Angebote wie unser Online-Marktplatz Visionpier, auf dem Kunden gezielt nach passenden Lösungen von erfahrenen, spezialisierten Anbietern suchen und diese einkaufen können.

**inspect:** Ist es für den Anwender in der Qualitätssicherung wirklich so einfach?

**Hartmann:** Wenn wir uns auf geeignete Anwendungsfälle beziehen, etwa Zustands- oder Qualitätskontrollen, kann der Zugang zu und Anwendung von KI-Vision mit den richtigen



◀ Wenn sich Produkte ähnlich sehen, aber dennoch unterscheiden, spielt künstliche Intelligenz ihre Stärken aus, weil sich solche Anwendungen kaum regelbasiert programmieren lassen.

Werkzeugen tatsächlich sehr einfach gemacht werden. Grundsätzlich hängt das aber sehr stark von der Erwartungshaltung und der jeweiligen Problemstellung ab. Es gibt eine regelrechte Informationsflut zum Thema künstliche Intelligenz. Da kann schnell der Eindruck entstehen, dass KI die Lösung aller Probleme sei und sie die klassische Bildverarbeitung ablöse. Dem ist natürlich nicht so. Um bei Ihrem Beispiel zu bleiben – ein Qualitätsingenieur hat ein enormes Expertenwissen zu seiner Anwendung und weiß genau, auf welche Merkmale und Situationen er zu achten hat. Das kann er für bestimmte qualitative Aufgaben – etwa Objekte oder Anomalien zu erkennen – an eine KI weitergeben, die ihn dann bei seinen Aufgaben unterstützt. Gleichzeitig verbessert sich so auch kollaboratives Arbeiten, da sein Fachwissen über die KI auch anderen Mitarbeitenden zugänglich und für sie nutzbar wird. Wichtig sind hier einfach zu bedienende Werkzeuge, mit denen er ohne großen Programmieraufwand die richtigen Ergebnisse erzielt.

**inspect:** Wo sehen Sie nach heutigem Stand die wichtigsten Anwendungsbereiche der existierenden KI-basierten Systeme?

**Hartmann:** Die KI-basierten Systeme sind insbesondere in den Bereichen stark, in denen die klassische BV an ihre Grenzen stößt, etwa wenn die zu erkennenden Objekte stark variieren oder nicht alle Abweichungen bekannt sind. Das betrifft beispielsweise Aufgaben, die jemand in der Qualitätssicherung bisher manuell kontrollieren musste. Ist das richtige Teil montiert und auch richtig herum?

Wenn Bildverarbeitung unterstützen soll, ist in diesem Fall ein neuronales Netz sehr viel schneller trainiert, als ein Algorithmus programmiert. Das betrifft nicht nur die Fertigung, sondern auch Bereiche wie die Agrar- und Lebensmittelindustrie. Wenn Produkte ähnlich, aber dennoch anders aussehen, ist das dann noch ok oder liegt ein Fehler vor? Hier lässt sich eine KI entsprechend trainieren, sodass solche Aufgaben mit Unterstützung von intelligenter Bildverarbeitung sinnvoll gelöst werden können.

**inspect:** Haben Sie einen Ratschlag für einen Anwender, der sich den Einsatz von KI in seiner Firma vorstellen kann, aber selbst noch keine wesentliche Erfahrung damit hat? Wie könnte er die Sache angehen, ohne gleich hohe Kosten zu produzieren?

**Hartmann:** Ich würde ihm vorschlagen, zunächst einen erfahrenen Partner zu finden,

der bereits KI-Projekte realisiert hat. Das kann entweder ein Anbieter beziehungsweise Partnerunternehmen sein oder aber ein Kunde, Lieferant oder eine Hochschule. Gerade Anfänger profitieren von einem Sparringspartner, der weiß, in welchen Bereichen KI stark ist, was damit erreichbar ist, und welche Werkzeuge benötigt werden. Dann geht es darum, gemeinsam die richtige Aufgabe für das Pilotprojekt zu finden. Als Faustregel gilt beispielsweise, dass sich KI bei qualitativen Entscheidungen sehr gut eignet, bei quantitativen dagegen eher regelbasierte Bildverarbeitung zum Einsatz kommen sollte. Und ich würde in diesem Fall empfehlen, klein anzufangen und zunächst eine einfache Aufgabe zu automatisieren.

Aktuell haben wir zum Beispiel ein Projekt begleitet, bei dem es um die Prüfung von Sicherungsringen auf einer Welle ging. Diese Aufgabe ließ sich aus frontaler Ansicht mit klassischer Bildverarbeitung nicht lösen und ist für Menschen sehr ermüdend. Als Testlauf wurde unsere KI zunächst mit wenigen Bilddaten trainiert und prototypisch getestet – und hat bereits da erstaunlich gute Ergebnisse geliefert. Wir kamen also sehr schnell zu einem Proof of Concept. In einem nächsten



**Als Faustregel gilt, dass sich KI bei qualitativen Entscheidungen sehr gut eignet, bei quantitativen dagegen eher regelbasierte Bildverarbeitung zum Einsatz kommen sollte.«**

Schritt ist zu prüfen, inwieweit die Entscheidungen der KI optimiert werden müssen und dann das neuronale Netz dementsprechend nachzutrainieren. Mit diesem interaktiven Vorgehen lässt sich das Projekt bis zur fertigen Anwendung Schritt für Schritt immer weiter verbessern. Und ganz wichtig: Erfolge und Erkenntnisse sollte man intern teilen. Das motiviert andere Mitarbeitende und so entstehen sicher viele Ideen für weitere Anwendungsmöglichkeiten.



**Erleichtert den Einstieg:** Das KI-Vision-System IDS NXT bildet den gesamten Anwendungs-Workflow vom Training neuronaler Netze bis zu deren Ausführung und Auswertung ab.

**inspect:** Was bekamen die Besucherinnen und Besucher der Vision von IDS in Sachen KI zu sehen?

**Hartmann:** Auf der Messe haben wir gezeigt, was auf dem Embedded-Vision-KI-System IDS NXT künftig mit Anomaliedetektion möglich sein wird, und darüber hinaus den Prototypen einer noch schnelleren und leistungsfähigeren intelligenten Kamera. Unser Messemotto war in diesem Jahr „Moving Forward“, und genau darum geht es ja auch beim Thema künstliche Intelligenz. Wir haben uns deshalb sehr über den regen Zulauf an Besucherinnen und Besuchern gefreut, die neugierig waren und erfahren wollten, wie sie unser System anwenden können. Dazu lohnt sich übrigens auch ein Blick in die Aufzeichnungen des Vortragsprogramms der Messe Stuttgart. Denn wir haben zu KI und den Möglichkeiten unseres Systems auch einen Vortrag bei den Industrial Vision Days gehalten.

Wir hatten aber auch viele spannende Neu- und Weiterentwicklungen aus unserer Ueye-Kamerawelt im Gepäck. Von neuen Modellen mit ultra-schneller 10GigE Schnittstelle und TFL-Mount bis hin zu unserer dann kleinsten Platinenkamera gab es bei uns sehr viel zu entdecken. ■

**AUTOR**

**David Löh**

Chefredakteur der inspect

**KONTAKT**

IDS Imaging Development Systems GmbH,

Obersulm

Tel.: +49 7134 96196 0

www.ids-imaging.de



Das autarke 2D-Bildverarbeitungssystem In-Sight 2800 ermöglicht den kombinierten Einsatz von Deep-Learning-Technologien und regelbasierten Tools in einer leicht verständlichen Benutzeroberfläche.

## Bildverarbeitungs- lösungen mit Deep Learning

2D- und 3D-Geräte für Inspektions-  
und Codelese-Anwendungen

**Mit Deep-Learning-Ansätzen in seinen Bildverarbeitungssystemen und Barcodelesern vereinfacht ein Kamerahersteller die Realisierung effektiver Lösungen in der Produktions- und Montageautomatisierung.**

**D**eep Learning- und Edge Learning vereinfachen das Anlernen von Gut- und Schlechtteilen anhand weniger Bilder direkt auf den Zielgeräten erheblich und ermöglichen durch die verkürzten Entwicklungszeiten deutlich wirtschaftlichere Inspektions- und Prüfprozesse.

Cognex versammelt autarke und industrietaugliche 2D-Bildverarbeitungssysteme in seiner In-Sight-Serie. Jüngstes Mitglied dieser Produktfamilie ist das In-Sight 2800, das den kombinierten Einsatz von Deep-Learning-Technologien und regelbasierten Tools in einer leicht verständlichen Benutzeroberfläche ermöglicht. Durch nachrüstbares optisches Zubehör, wie diverse Objektivvarianten und Highspeed-Flüssiglinsen, bietet das In-Sight 2800 eine hohe Flexibilität, um zahlreiche Aufgabenstellungen in Produktion und Montage zu lösen. Dazu gehören die einfache An-/Abwesenheitserkennung von Prüfobjekten oder auch komplexe Kategorisierungs- und Sortierprobleme.

### Deep-Learning-Technologie für Nichtprogrammierer

Wenn herkömmliche regelbasierte Bildverarbeitungstools an ihre Grenzen stoßen, kann die intelligente Kamera In-Sight D900 eine Alternative bieten. Auch sie nutzt die Vorzüge von Deep Learning zur Lösung schwieriger Anwendungen in den Bereichen OCR, Montageüberprüfung oder Defekterkennung. Die Entwicklung solcher Systeme mit der integrierten In-Sight-Vidi-Software ist ohne den Einsatz eines PCs möglich, was die Deep-Learning-Technologie auch Nichtprogrammierern zugänglich macht. Ein Element dieser Software-Umgebung ist die benutzerfreundliche In-Sight-Spreadsheet-Plattform, die die Anwendungsentwicklung und Integration in Werksnetze vereinfacht.

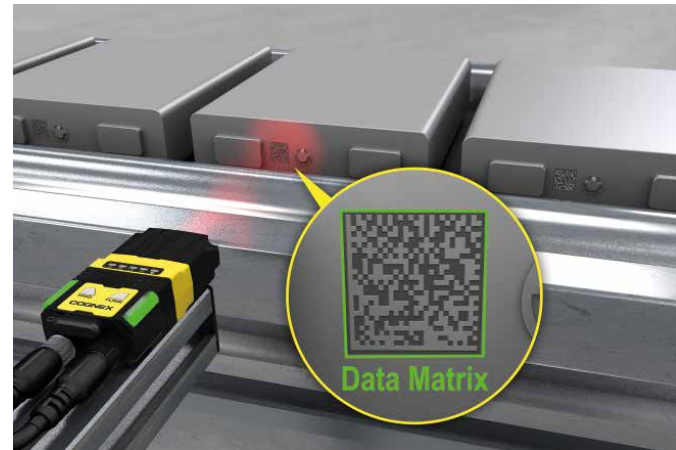
Intuitives grafisches Trainieren ist mit den Software-Tools von Visionpro Deep Learning möglich. Im Gegensatz zu traditionellen regelbasierten Bildverarbeitungsalgorithmen lässt sich diese Plattform über eine leicht

### Unternehmen im Detail

#### Cognex

Die Cognex Corporation entwirft, entwickelt, fertigt und vermarktet bildbasierte Produkte, die mit Techniken der künstlichen Intelligenz (KI) ausgestattet sind. Dadurch können sie Entscheidungen anhand dessen treffen, was sie sehen. Zu den Produkten von Cognex gehören Bildverarbeitungssysteme und -sensoren sowie Barcode-Lesegeräte, die in Fabriken und Vertriebszentren auf der ganzen Welt eingesetzt werden, wo sie Produktions- und Versandfehler vermeiden.

Cognex hat seit der Gründung des Unternehmens im Jahr 1981 mehr als 3 Millionen bildbasierte Produkte ausgeliefert, was einem kumulierten Umsatz von über 9 Milliarden US-Dollar entspricht. Das Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Natick, Massachusetts, USA, und verfügt über Niederlassungen und Vertriebspartner in ganz Amerika, Europa und Asien.



Auch anspruchsvolle 1D-, 2D- und Direct Part Mark-Codes (DPM), die in vielen Sektoren der Industrie eingesetzt werden, lassen sich unter anderem mit dem stationären Lesegerät Dataman 280 sicher dekodieren.

Für das Lesen von Barcodes in allen Anwendungsvariationen hat Cognex zahlreiche Geräte im Portfolio. Dazu gehören stationäre Lesegeräte wie der Dataman 280.

verständliche Benutzeroberfläche mit Bildern trainieren. Da in vielen Fällen bereits eine kleine Anzahl an Bildern zum Erstellen praxistauglicher Systeme ausreicht, sinkt der Aufwand erheblich für das Sammeln von Bildern, das Trainieren des neuronalen



Das 3D-Bildverarbeitungs-System In-Sight 3D-L4000 optimiert triangulationsbasierte 3D-Bildverarbeitungs-Lösungen durch den Einsatz einer patentierten Technologie, die den Speckle-Effekt von Laserlinien erheblich reduziert.

Netzwerks und dessen Test an verschiedenen Bildsätzen. Die vier enthaltenen Deep-Learning-basierten Tools zur Bildanalyse wurden speziell für die Fabrikautomatisierung entwickelt, decken einen großen Bereich der Aufgaben in diesem Einsatzfeld ab und können auch mit regelbasierten Tools kombiniert werden.

### 3D-Vision und Barcode-Leser

Das 3D-Bildverarbeitungs-System In-Sight 3D-L4000 optimiert Triangulations-basierte 3D-Bildverarbeitungs-Lösungen durch den Einsatz einer patentierten Technologie, die den Speckle-Effekt von Laserlinien erheblich reduziert. Wesentlicher Bestandteil dieses Systems ist ein blauer Laser mit einer Wellenlänge von 450 nm, der im Vergleich zu herkömmlichen Laserliniengeneratoren keinen signifikanten Lichtverlust aufweist. Speziell für die 3D-Bildverarbeitung entwickelte Tools lassen sich in der Benutzeroberfläche platzieren und sorgen für eine präzisere Visualisierung der Resultate.

Für das Lesen von Barcodes in allen Anwendungsvariationen hat Cognex zahlreiche Geräte im Portfolio. Dazu gehören stationäre Lesegeräte wie der Dataman 280, tragbare

Barcode-Leser aus der Dataman 8700-Serie sowie Barcode-Verifier wie der Dataman 475V. Auch anspruchsvolle 1D-, 2D- und Direct Part Mark (DPM)-Codes, die in vielen Sektoren der Industrie eingesetzt werden, lassen sich mit diesen robusten, benutzerfreundlichen Lesegeräten sicher dekodieren und decken alle gängigen Protokolle und Schnittstellen ab. ■

### KONTAKT

Cognex Germany, Karlsruhe  
Tel.: +49 721 958 8052  
E-Mail: [contact.eu@cognex.com](mailto:contact.eu@cognex.com)  
[www.cognex.com](http://www.cognex.com)



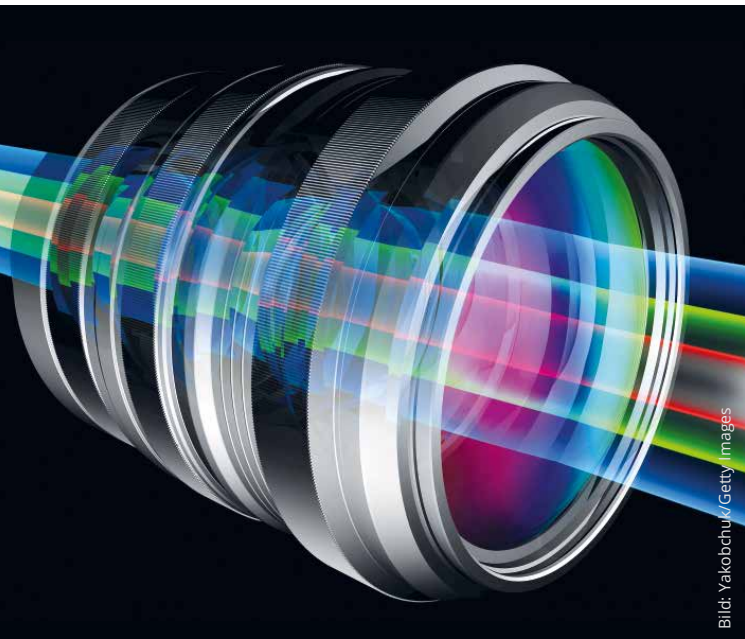


Bild: Yakobchuk/Getty Images

## Cameralink HS Version 1.2 auf der Boston Vision Show vor- gestellt

Bildverarbeitungsschnittstelle bekommt  
mehr Bandbreite

Am zweiten Tag der Vision Show 2022 in Boston verkündete die Association for Advancing Automation (A3) die Freigabe der Version 1.2 des Camera Link HS (CLHS)-Standards, die eine erhebliche Geschwindigkeitssteigerung beinhaltet.

Die Geschwindigkeitssteigerung wird durch das Hinzufügen von Steckverbindern der Geschwindigkeitsklasse 25, S25 und F3 (MPO oder QSFP+/QSFP28) erreicht. Änderungen am bestehenden IP-Kern, der im Jahr 2012 eingeführt wurde, sind daher nicht erforderlich. Die Verwendung des Kerns ist sehr einfach, und der CLHS-Erkennungsprozess stellt sicher, dass neue 25G-Produkte mit bestehenden 10G-Produkten abwärtskompatibel sind, was es ermöglicht, den bewährten Entwicklungspfad beizubehalten.

Das bevorstehende CLHS-Geschwindigkeitsupdate wurde durch den kostengünstigen CLHS-IP-Kern ermöglicht, der von der Association for Advancing Automation (A3)

für 1.000 US-Dollar erhältlich ist. Durch sein X-Protokoll ist CLHS bereit, Geschwindigkeiten von 25 Gbit/s auf einem FPGA mit 25-Gbit/s-Transceivern über Glasfaser mit SFP28-, QSFP28- oder MPO-Anschlüssen zu erreichen.

„Der Standard wurde entwickelt, um die ständig steigenden Geschwindigkeiten der bewährten Telekommunikationstechnologie zu nutzen, und die IP-Cores ermöglichen reibungslose Übergänge von 3G zu 10G und jetzt zu 25G“, erläutert Bob McCurrach, A3 Director of Standards Development.

### 100 Gbit/s über einen Stecker

Der CLHS X Protocol IP Core unterstützt neben den neu hinzugekommenen F3 QSFP+ (quad small-form-factor pluggable) und MPO- (multifiber push-on) Anschlüssen auch F2- (SFP+/SFP28) Glasfaserverbindungen. Darüber hinaus wird in der Spezifikationsüberarbeitung bestätigt, dass CLHS eine verfügbare Bandbreite von bis zu 100 Gbit/s (4 x 25 Gbit/s) über einen einzigen MPO-Stecker bietet.

„Seit der Einführung von CLHS im Jahr 2012 ist das 64b/66b kodierte X-Protokoll in Produktion und hat sich seit langem in der Praxis bewährt“, sagt Mike Miethig, Vorsitzender des CLHS Technical Committee



Bild: Teledyne Dalsa

Die multispektrale Zeilenkamera Linea ML 8k von Teledyne Dalsa verwendet einen 8k-Quad-Linear-CMOS-Sensor mit einer Pixelgröße von 5x5 µm und liefert eine maximale Zeilenrate von 70 kHz x 4 über eine CLHS-Glasfaserschnittstelle.

und Technical Manager bei Teledyne Digital Imaging. Er fügte hinzu: „Außerdem hat das Technical Committee einen klaren Fahrplan für 50 Gbps und mehr. Auch hier sind wir der Meinung, dass dies mit minimalen Änderungen an der Norm und dem IP-Kern erreicht werden kann.“ ■

### KONTAKT

Association for Advancing Automation (A3),  
Ann Arbor, Michigan, USA  
Tel.: +1 734 994 6088  
E-Mail: [bmccurrach@visiononline.org](mailto:bmccurrach@visiononline.org)  
[www.automate.org](http://www.automate.org)



Die Bildverarbeitungsschnittstelle Cameralink HS bekommt mit Version 1.2 mehr Bandbreite.

Bild: Association for Advancing Automation (A3)



Bild: Hikmicro

### Wärmebildkamera mit schwenkbarem Objektiv

Hikmicro hat die High-End-Wärmebildkamera SP60 vorgestellt. Sie eignet sich für den industriellen Einsatz in der vorbeugenden Instandhaltung, bei Stromversorgen sowie in der Öl- und Gasindustrie und vielen anderen industriellen Bereichen. Ihr um 90 Grad drehbarer Bildschirm mit automatischer Ausrichtung und das um 180° drehbare Objektiv ermöglichen die einfache Betrachtung des Bereichs über oder unter dem Ziel sowie darum herum sowie in schwer einsehbaren Zwischenräumen. Ihr Vox-Detektor (Netd < 30 mk) liefert mit einer IR-Auflösung von 640 x 480 (307.200 Pixel) ein klares Wärmebild des Messobjekts. Die Kamera verfügt über einen stufenlosen Zoom (1–12x), der über eine Fokussierungsgeschwindigkeit von einer Sekunde verfügt.

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



Bild: Allied Vision

### Kameraserie mit GigE- und 5-GigE-Vision-Schnittstelle

Allied Visions Alvim-Plattform wird in Kürze industrielle Bildverarbeitungs-Kameras mit GigE Vision-Schnittstelle bieten. Neben USB3 Vision und MIPI CSI-2 können Anwender dann auch zwischen zwei Geschwindigkeitsstufen der GigE-Vision-Schnittstelle wählen. Innerhalb der Alvim-G1-Kameraserie mit GigE Vision-Schnittstelle werden zum ersten Release 14 Modelle mit Auflösungen bis 24,6 MP verfügbar sein. Die Alvim-G5-Serie mit 5GigE-Vision-Schnittstelle startet mit elf leistungsstarken Sony-IMX-Bildsensoren. Die Modelle decken einen breiten Spektralbereich ab. Mit hoher Bildqualität durch FPNC, DPC und Active Sensor Alignment sind die Alvim-G1- und die Alvim-G5-Kameras eine zukunftssichere und verlässliche Lösung für Vision-Anwendungen.

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



Bild: Spectra

### Starke Leistung bei hoher Energieeffizienz

Die 19-Zoll Industrie-Workstation Spectra PowerRack 6000 /S10 SW680 High End System 2 bietet eine starke Rechen- und Grafikleistung bei hoher Energieeffizienz. Diese Vorteile werden durch den eingesetzten Prozessor Intel Core i7-12700K erreicht. Mit einer 1-TB-M.2-NVMe-PCIe(x4)-4.0-SSD als Systemlaufwerk und zwei 2-TB-M.2-NVMe-PCIe(x4)-3.0-SSD als Daten-Laufwerk (RAID 1) werden die Rechenprozesse bestens unterstützt. Die eingesetzte Grafikkarte Nvidia RTX A4500 bietet mit 20GB mehr als genügend Speicher für komplexe grafikintensive Anwendungen. Mit einem Verbrauch von nur 200W bleibt sie deutlich unter dem Bedarf vieler anderer High-End-Grafik-Karten wie z.B. der RTX 3000 Serie. Der parallele Anschluss von vier Displays per DP1.4a Port ist möglich.

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



Bild: Autovimation

### Orca- und Salamander-Gehäuse optimiert für eine einfachere Kameramontage

Autovimation hat die Orca- und Salamander-Serien von Kameraschutzgehäuse gründlich unter die Lupe genommen und das Design für eine noch einfachere Kameramontage verbessert. Das Quick-Lock/Heat-Guide-Montagesystem vereinfacht die horizontale Kameramontage im Gehäuse. Der Toleranzausgleich wird dreifach, sodass Kameras, die von den angegebenen Höhen abweichen, dennoch exakt positioniert werden können. Außerdem haben Orca-Gehäuse jetzt eine um 10 mm schmalere Kamerahalterung, sodass sie Kameras mit einer Höhe von 70 mm bei einer maximalen Breite von 50 mm aufnehmen. Darüber hinaus verfügen die Gehäuse über neue interne Führungen für die präzise Ausrichtung von Kameras parallel zur Außenwand.

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



Bild: Framos

### Kamerazubehör für das Robotics Starter-Kit

Framos hat mit dem FSM-IMX547 ein Kamerazubehör für das kürzlich vorgestellte Kria KR260 Robotics Starter-Kit von AMD auf den Markt gebracht. Das Sensormodul FSM-IMX547 kann hochwertige Farb- oder Schwarzweißbilder an das Starter Kit über-

tragen. Es ist mit der 10GigE Vision-Kamera-App kompatibel, die im AMD-Xilinx App Store für Testzwecke kostenlos heruntergeladen werden kann. Entwickler können mit dem Kamera-Kit eigene schnelle und hochauflösende Bildverarbeitungsanwendungen entwickeln.

Das FSM-IMX547 Kamerazubehör von Framos basiert auf dem Bildsensor Pregius S IMX547 1/1,8" Global Shutter CMOS von Sony mit 5 Megapixeln und nutzt die Framos SLVS-EC Rx IP. Über die integrierte Sony SLVS-EC-Schnittstelle lassen sich Farb- oder Schwarzweißbilder mit einer Auflösung von 2472 x 2128 Pixeln mit bis zu 120 fps übertragen.

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

FALCON®

TRY  
BEFORE  
YOU BUY

KLEIN UND ZACKIG



DIE NEUE  
LED Blitzsteuerung  
in einem Mini Gehäuse

Trigger Delay: <2µs  
V-Supply: 12-48V  
Trigger TTL: 2-24V



[www.falcon-illumination.de](http://www.falcon-illumination.de)

+49 7132 99169-0



Bild: MVTec

### Merlic 5.2 mit Deep-Learning-Funktionen

MVTec hat die Version 5.2 der easy-to-use Bildverarbeitungssoftware Merlic vorgestellt. Zu den bewährten Deep-Learning-Funktionen Anomaly Detection and Classification (ab Merlic 5) sowie Deep OCR (ab Merlic 5.1) kommt nun Global Context Anomaly Detection hinzu. Das Feature verbessert die Deep-Learning-basierte Fehlererkennung und „versteht“ den logischen Inhalt von Bildern. Die Software erkennt dadurch neue Varianten von Anomalien. Das Feature ist für jede Industriebranche interessant, in der etwa Vollständigkeitskontrollen, Qualitätsinspektionen, Defekt-Erkennungen oder Druck-Inspektionen durchgeführt werden müssen. Zum Trainieren benötigt man bei Global Context Anomaly Detection nur Gut-Bilder. Dadurch ist kein Labeln erforderlich.

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

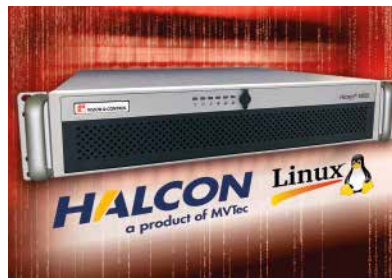


Bild: Vision &amp; Control

### Bildverarbeitungsbibliothek mit Mehrkammersystem

Vision & Control kombiniert die Bildverarbeitungsbibliothek Halcon nun mit dem Mehrkammersystem Vicosys unter Linux. Mit der neuen Softwareversion (310) ist das Mehrkammersystem Vicosys in der Lage, Halcon-Skripte auszuführen. Halcon-Entwickler können HDEV-Skripte in gewohnter Windows-Umgebung mit HDevelop anhand von Fehlerbildern erstellen. Anschließend wird es in die Programmierumgebung Vcwin an passender Stelle als Skriptaufruf eingefügt und auf das Linux-System Vicosys übertragen. Nutzer haben damit die Möglichkeit, mit Halcon und Vicosys besonders zeitkritische und zuverlässige Anwendungen zu erstellen. Halcon ist bei der Bestellung eines Vicosys bei Vision & Control als Option (Progress Edition RTL) bereits zur Auslieferung verfügbar.

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



Bild: Aries Embedded

### Module auf FPGA- und CPU-Basis

Aries Embedded baut sein Portfolio rund um Smart Embedded Vision weiter aus. Für einfache Vision-Applikationen, die auch künstliche Intelligenz verwenden können, stellt das Unternehmen mit den System-in-Packages (SiP) MSRZG2UL und MSMP1 vergleichsweise günstige Produkte bereit. Die System-on-Modules (SoM) auf FPGA-Basis der drei großen Hersteller Intel, Microchip und Xilinx sind flexibel einsetzbar. Die Einsatzgebiete reichen von industrieller Bildverarbeitung, Landwirtschaft, Robotik, automatisiertem Fahren, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) und Drohnen bis Medizintechnik.

[www.aries-embedded.de](http://www.aries-embedded.de)



Bild: Basler

### Neues 5-GigE-Portfolio

Die Kamera Ace 2 Basic ist das Herzstück des neuen 5-GigE-Portfolios von Basler. Sechs Modelle sind ausgestattet mit Sony Pregius-S-CMOS-Sensoren der 4. Generation IMX540, IMX541 und IMX542 für Auflösungen von 24, 20 und 16 Megapixel. Sechs weitere Modelle mit den Sensoren IMX545, IMX546 und IMX547 bieten Auflösungen von 12, 8 und 5 Megapixel. Beide sind jeweils in Mono- und Color-Varianten erhältlich.

Der kleine Formfaktor der Ace-2-Produktlinie bleibt mit der 5GigE-Schnittstelle unverändert und ermöglicht Kunden einen reibungslosen Austausch der Kamera in ihrem Vision-System. Auch ein Upgrade eines bestehenden GigE-Systems auf 5GigE lässt sich ohne zusätzliche Hardware realisieren; das Upgrade eines USB-3.0-Systems ist laut Hersteller mit lediglich geringem Aufwand verbunden.

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



Bild: IDS

### Hochgeschwindigkeitsprozesse präzise erfassen und überwachen

Mit Ueye Warp10 bringt IDS eine Kamerafamilie auf den Markt, die mit 10GigE Daten im Gigabit-Ethernet-basierten Netzwerk mit hoher Framerate und quasi ohne Delay überträgt. Ab sofort sind die ersten Modelle mit den Sensoren IMX250 (5 MP), IMX253 (12 MP) und IMX255 (8,9 MP) aus der Sony-Pregius-Reihe erhältlich.

Verglichen mit 1GigE Kameras erreichen die Ueye-Warp10-Modelle eine bis zu zehnfach höhere Übertragungsbandbreite. Sie sind außerdem etwa doppelt so schnell wie Kameras mit USB 3.0 Schnittstelle. Von dem schnellen Datentransfer profitieren beispielsweise Inspektionsanwendungen am Produktionsband mit hoher Taktung oder Bildverarbeitungssysteme in der Sportanalyse.

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



Bild: Laser Components

### Leuchtstarkes Weißlichtmodul und gepulster Dauerstrichlaser

Laser Components hat ein Weißlichtmodul mit hoher Leuchtdichte vorgestellt. Im Vergleich zum Dauerstrichbetrieb liefert es Einzelimpulse mit bis zu fünfmal höheren Leistungen und erfüllt trotzdem über die gesamte Pulsfolge wahlweise alle Anforderungen der Laserklasse 1 oder 2. Die kurzen, energiereichen Laserpulse erlauben einen höheren Durchsatz mit kürzeren Belichtungszeiten in Bildverarbeitungssystemen. Mit seiner Leuchtleistung von 500 mW ist es eine Lösung für industrielle Bildverarbeitung, Endoskopie und andere Systeme, die helles Licht benötigen. Die Seitenlänge der Leuchtfläche beträgt 350 µm, sodass der Strahl problemlos in die meisten gängigen Multimodefasern eingekoppelt werden kann.

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





Bild: Optris

### Infrarotkameras unter widrigen Umgebungsbedingungen einsetzen

Um die Infrarotkameras der PI- und Xi-Serie auch unter widrigen Bedingungen einsetzen zu können, bietet Optris jetzt ein Outdoorgehäuse an, das die empfindlichen Geräte schützt. Es ermöglicht erstmals eine Infrarotkamera und eine HD-Videokamera zusammen in einem kompakten System zu integrieren. Ein kompakter USB-Server befindet sich ebenfalls im Gehäuse. Das Gehäuse erfüllt die Schutzart IP66 und kann damit auch in staubiger oder feuchter Umgebung problemlos verwendet werden. Ein elektrisches Heizelement ist enthalten, das sich bei Temperaturen unterhalb von 15 °C anschaltet. Ein Lüfter verteilt die warme Luft gleichmäßig innerhalb des Gehäuses. So ist das System auch bei Temperaturen zwischen -40 und 50 °C einsetzbar.

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



Bild: Teledyne Flir

### 5-GigE-Kameraplattform

Teledyne Flir hat ab sofort die Flächenkameraserie Forge mit 5 GigE im Programm. Die ersten Modelle sind im 4. Quartal erhältlich und erweitern das Angebot der Genie-Nano-5-GigE-Sensoren um Sony Pregius (4. Generation) Global-Shutter-CMOS-Sensoren mit 5 bis 24 MP. Zusätzlich zur Unterstützung von Verbindungsgeschwindigkeiten von 1, 2,5 und 5 GigE bietet der Forge einen Burst-Modus zur Erfassung von Bildern mit Geschwindigkeiten von bis zu 10 Gbit/s in den Speicher. In Kombination mit einem 500 MB großen Bildpuffer können Ingenieure so Informationen für Hochgeschwindigkeitsanwendungen schnell in Bursts erfassen. Forge bietet Funktionen wie PoE, starkes Wärmemanagement und opto-isoliertes Triggering für optimierte Peripheriegeräte und einfachere Kamerasteuerung.

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



Bild: Stemmer Imaging

### Modular Embedded Ecosystem vorgestellt

Stemmer Imaging hat das Embedded-Vision-Konzept „Modular Embedded“ entwickelt. Aufgebaut als umfassendes Ecosystem setzt Modular Embedded auf eine leistungsfähige Hardware-Auswahl kombiniert mit Kameras, Software-Tools und individuellen Service-Paketen. Herzstück ist das selbstentwickelte Modular Embedded Carrier Board gepaart mit einem generischen Treiber-Stack, beides ausgelegt für den flexiblen Einsatz bei Vision-Anwendungen in zahlreichen Branchen. Das Board ermöglicht einen herstellerunabhängigen Kameraeinsatz. Es basiert auf der Jetson-Hardware von Nvidia und bietet Plug- and Play-Effizienz für die schnelle Entwicklung von Embedded-Vision- und KI-Projekten. Software-seitig unterstützt die Bibliothek Common Vision Blox (CVB) die Bildfassung und -verarbeitung.

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



Bild: Falcon MV

### Zwei Leuchtflächen in einer Beleuchtung

Eine Produktneuheit von Falcon vereint zwei Flächenbeleuchtungen in einem Gehäuse. Der Aufbau dieser Kombinationsbeleuchtung basiert auf der Hintergrundbeleuchtungsserie FLFL. Beide Beleuchtungsflächen leuchten gleichzeitig, wobei diese in entgegengesetzter Richtung strahlen. Es ist zudem möglich, beide Beleuchtungsseiten unabhängig voneinander zu betreiben, wodurch nicht nur unterschiedliche Intensitäten, Blitzimpulse sondern auch unterschiedliche Beleuchtungsfarben möglich sind. Mit dieser Kombinationsbeleuchtung ist es beispielsweise möglich, Prüfobjekte auf nebeneinanderlaufenden Förderbändern gleichzeitig zu prüfen. Durch diese kompakte 2-in-1-Lösung lassen sich nicht nur Kosten, sondern auch Bauraum sowie Verkabelungsaufwand reduzieren.

[www.falcon-illumination.de](http://www.falcon-illumination.de)



Bild: Teledyne 2ev

### Bildverarbeitungssysteme schnell entwickeln

Teledyne e2v kündigt das 2-Megapixel-Modul Optimom an, dem ersten einer Reihe von optischen MIPI-CSI-2-Modulen. Es verfügt über ein natives MIPI-CSI-2-Protokoll und einen Standard-FPC-Anschluss für die Verbindung mit Embedded Processing Boards. Integriert wird es über ein spezielles Entwicklungskit, das eine Adapterplatine für die Hardware-Integration und Linux-Treiber für die Software-Integration mit Nvidia Jetson oder NXP i.MX-Lösungen enthält.

Um den Anforderungen verschiedener Anwendungen gerecht zu werden, kann Optimom 2M mit zwei Farboptionen (Monochrom oder RGB) und drei Objektivoptionen (Multifokusobjektiv, Fixfokusobjektiv oder ohne Objektiv) für maßgeschneidert werden. Das Objektiv wird bereits installiert und fokussiert geliefert.

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



Bild: DFI

### ATX-Motherboard für die Bildverarbeitung

Das ICX610-C621A von DFI wurde für Intels Ice-Lake-Plattform entwickelt und ist ein Motherboard der Server-Klasse mit der 3. Generation der Xeon-Prozessoren. Es kann die Anforderungen an die Datenverarbeitung für mehrere Endgeräte erfüllen. Mit leistungsstarken AI-Berechnungen und Bildanalyse wird nicht nur die Prüfgenauigkeit verbessert, Funktionen wie Fehlererkennung in der Produktion, Bildanalyse, Steuerung von Armen und anderen Geräten können effektiv integriert werden, sodass ein einzelner Computer die Funktionen steuern kann, für die vorher zwei benötigt wurden. Für medizinische Anwendungen bedeutet das, dass AI-Deep Learning für hochpräzise Anwendungen beschleunigt und sogar 3D chirurgisches Training unterstützt werden kann, um den Weg zu ausgereifter intelligenter Chirurgietechnologie zu bereiten.

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



# Automatisches Lesen von Autokennzeichen

KI-gestützte Kennzeichenerkennung senkt Verwaltungsaufwand und reduziert Lagerbelegung

**In der Schweiz werden KFZ-Kennzeichen dem Halter und nicht dem Auto zugeteilt. Bei der Abmeldung müssen die Straßenverkehrsämter die Kennzeichen deshalb ein Jahr für den Fall aufbewahren, dass der Halter im gleichen Kanton erneut ein Fahrzeug anmelden möchte. Allein beim Straßenverkehrsamt des Kantons Zürich mussten deshalb bis zu 80.000 Kennzeichenpaare in einem automatischen Lager vorgehalten werden. Eine Erneuerung des Lagers hätte Millionen gekostet. Ein neues Konzept, das auf eine computergestützte automatische Identifikation der Schilder setzt, reduziert diese Investition.**

**W**ir haben in der Schweiz insgesamt 28 Kategorien von KFZ-Kennzeichen, die sich in Form, Anordnung der Zeichen, Farbe und Größe unterscheiden“, erklärt Stefan Bättig, Leiter Infrastrukturprojekte und Logistik beim Straßenverkehrsamt des Kantons Zürich. Zur Abmeldung braucht der Halter seine Kennzeichen nur in eine Box vor den verschiedenen Standorten einzuwerfen. Im zentralen Lagerort in Zürich laufen pro Tag bis zu 1.600 Kennzeichen ein. Diese müssen registriert, kontrolliert und entweder archiviert oder vernichtet werden. Kritisch ist hierbei der Anfall an Kennzeichen für PKW. Diese fallen in solchen Mengen an, dass ihre Aufbewahrung vollautomatisch in einem inzwischen 25 Jahre alten Automatiklager er-

folgt. Für die Einlagerung müssen die Schilder zuvor in stabilen Kunststoffrahmen fixiert werden. Das Lager besteht aus insgesamt neun Schwerlast-Paternostern, die über zwei Etagen bis in das Kellergeschoss reichen. Für die anderen Fahrzeugkategorien reicht die manuelle Aufbewahrung der Kennzeichen in separaten Lagern.

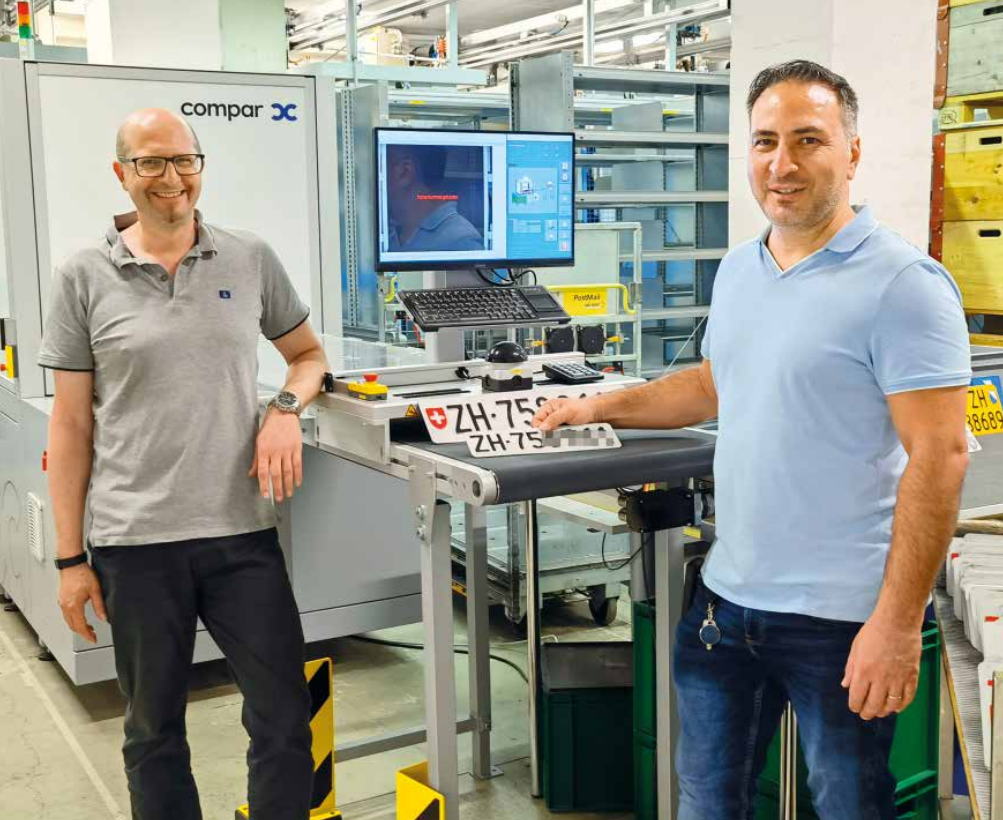
„Aufgrund des ständigen Bevölkerungswachstums näherte sich dieses Paternosterlager immer mehr seiner Kapazitätsgrenze“, erinnert sich Stefan Bättig. Als die Belegung im Januar 2021 fast 95 Prozent erreichte, musste dringend eine neue Lösung her. Ein neues Gerät hätte viele Millionen gekostet und zudem enorme bauliche Aufwendungen erfordert. Deshalb wurde ein Konzept zur Verringerung der Lagerbelegung entwi-

ckelt. Eine Analyse der Reaktivierungsquote der eingelagerten Schilder ergab, dass mehr als 60 Prozent davon nicht wieder angefordert werden. Deshalb musste ein Konzept entwickelt werden, das eine sichere Aus-sortierung und Vernichtung nicht mehr benötigter Kennzeichen bereits vor der Einlagerung sicherstellte. Voraussetzung hierfür war eine Zweiteilung der Abgabecontainer. Diese weisen zwei deutlich gekennzeichnete Abgabeschlitze auf. Während die Abgabe zur Vernichtung kostenfrei ist, wird für einzulagernde Schilder eine Gebühr von CHF 40,- erhoben. Dadurch gelang es, die Belegungsquote des Paternosterlagers innerhalb eines halben Jahres auf inzwischen nur noch rund 50 Prozent zu senken.

## Entlastung für die Mitarbeiter

„Die Umsetzung des neuen Konzepts erforderte jedoch zunächst eine weitgehende Umstellung der bisherigen Abläufe bei der Registrierung der einlaufenden Schilder“, so Roberto Accorinti, Leiter des Schilderlagers. Früher wurden die hereinkommenden Autoschilder grundsätzlich eingelagert. Um sie automatisch erkennen zu können, musste man sie zur Verbesserung der Lesbarkeit zunächst waschen. Verbogene Schilder wurden mithilfe einer Walzstation wieder geraderichtet.





◀ Stefan Bättig (Leiter Infrastrukturprojekte und Logistik, links) und Roberto Accorinti (Leiter Schilderlager) mit ihrer Anlage für das automatisierte Einlesen von Nummernschildern

Anschließend wurden zusammengehörende Schilder gemeinsam in einem Kunststoffrahmen befestigt und darin auf eine Förderstrecke gesetzt. Von dieser wurde jeder Rahmen einzeln mithilfe einer Liftmechanik vor eine Kamera geführt und mithilfe einer Zeichenerkennungssoftware eingelesen. Dieser Prozess war aufgrund des schlechten Zustands vieler Schilder sehr fehleranfällig: In rund 15 Prozent der Fälle musste die Ablesung manuell korrigiert werden. Auch bedingte das Einklippen der Schilder in den Rahmen eine erhebliche körperliche Belastung der Gelenke und Sehnen der Finger mit entsprechenden nachteiligen Folgen für die Gesundheit der Mitarbeiter. Die Beibehaltung dieser aufwendigen Prozedur für die Registrierung der von vornherein zur Vernichtung bestimmten Schilder hätte keinen Sinn gemacht. Allerdings mussten sie in jedem Fall ebenfalls registriert werden, um die amtliche Halter-Datenbasis aktuell zu halten.

#### Eigenständige Kameralösung für das Ausbuchen

„Eine manuelle Erfassung dieser Schilder ist wegen des erforderlichen Personalaufwands nicht zu bewältigen“, ergänzt Roberto Accorinti. Zudem wäre die Fehlerquote viel zu hoch gewesen. Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Gesamtprojekts war deshalb eine eigene Anlage, um die zu vernichtenden Schilder mit hoher Zuverlässigkeit und kurzer Taktzeit vollautomatisch zu registrieren. Die Realisierung übernahm das Unternehmen Compar in Pfäffikon. Die hierfür entwickelte Anlage besteht aus einem Förderband, auf dem der Bediener – je nach Kategorie – das Schild oder das Schilderpaar orientiert ablegt. Der zugehörige Rechner verfügt über einen Touchscreen, eine Tastatur sowie weitere Ein-

gabemöglichkeiten. Die Schilder werden über eine segmentierte Vorlaufstrecke getaktet in den gegen Fremdlichteinfall abgeschirmten Aufnahmebereich der Kamera gefördert und fotografiert. Die Auswertung erfolgt aus Sicherheitsgründen über gleich zwei unabhängige Softwarealgorithmen: Zusätzlich zu einer klassischen OCR-Lösung (Optical Character Recognition) kommt noch die durch Künstliche Intelligenz (KI) unterstützte Software Vidi von Cognex zum Einsatz. Die Compar-eigene Bildverarbeitungssoftware Visionexpert beinhaltet alle Algorithmen, vergleicht die Ergebnisse beider Analysen und reagiert auf Differenzen mit einem Warnsignal. Der Prozess wird angehalten und der Bediener aufgefordert, die Eingabe zu korrigieren. Andernfalls werden die Schilder ausgeschleust. Zudem erkennt das Programm auch Abweichungen der aufgelegten Schilder von der vorgewählten Kategorie anhand von Merkmalen wie Format, Farbe oder Anordnung der Zeichen und veranlasst auch in diesen Fällen eine Ausschleusung. Korrekt erkannte Schilder landen in einem großen Behälter zum Abtransport in einen Recyclingbetrieb.

#### Zuverlässigkeitsquote > 99 Prozent

„Die Anlage wurde bereits vor Auslieferung bei Compar vortrainiert und lief daher bereits bei Anlieferung im Herbst 2021 nahezu fehlerfrei“, freut sich Roberto Accorinti. Die Zuverlässigkeitsquote bei der Erkennung der Schilder, die direkt aus der Einwurfbox der Ämter kommen und weder gewaschen noch begradigt werden müssen, liegt oberhalb von 99 Prozent. Der Bediener muss die Schilder nur mit der Schrift nach oben auf das Band legen. Kleinere Abweichungen bezüglich Position und Winkel werden von der Software automatisch korrigiert. Das Einlesen erfolgt so



Wenn bei schlecht lesbaren Schildern beide Erkennungsprogramme unterschiedliche Ergebnisse liefern, muss der Bediener eingreifen und das Ergebnis manuell korrigieren.

schnell, dass der Anlagentakt nur davon abhängt, wie schnell der Mitarbeiter neue Schilder auflegt. Die erkannten Nummern werden in einer internen Datenbank gespeichert und zum Abgleich an die übergeordnete IT des Straßenverkehrsamtes weitergeleitet. Die wenigen ausgeschleusten Schilder können manuell verarbeitet werden.

Der Umgang mit dem System war für die Mitarbeiter einfach zu erlernen. Auch die von Compar erstellte Software habe sich als ausgereift, intuitiv bedienbar und gut handhabbar erwiesen. Im Vergleich zum bisherigen System, das für die einzulagernden Schilder nach wie vor zum Einsatz komme, können die Mitarbeiter deutlich mehr Schilder bewältigen, ohne gesundheitliche Nachteile befürchten zu müssen. ■

#### AUTOR

Klaus Vollrath  
Redaktionsbüro Klaus Vollrath

#### KONTAKT

Compar AG, Pfäffikon  
Tel.: +41 55 416 10 60  
www.compar.ch





Die Herausforderung, miniaturisierte Codes zu lesen und Module zu identifizieren, die mit bloßem Auge kaum als solche erkennbar sind, kann bei stehenden Szenen eine Kamera mit einer Auflösung von 41 und 151 Megapixeln bewältigen.



# Codelese-Komplettsystem identifiziert Miniaturcodes in großem Sichtfeld

Prüfen und Auslesen maschinenlesbarer Codes

Software zum Codelesen muss eine ganze Reihe anspruchsvoller Anforderungen erfüllen. Die aktuellen Lösungen realisieren mit Kameras mit einer Auflösung von bis zu 151 Megapixeln die Auswertung von winzigen Codes innerhalb sehr großer Sichtfelder.

Das Prüfen von maschinenlesbaren Codes ist seit Jahren ein essenzieller Bestandteil aller möglichen Industriezweige. Im Umfeld der industriellen Bildverarbeitung eröffnen sich immer wieder neue Möglichkeiten, Prüfprozesse in Zusammenhang mit Codes nach Kundenwünschen zu optimieren. Aufgrund immer komplexerer Aufgabenstellungen ist dies auch zwingend notwendig. Im Sinne der Nachhaltigkeit zeichnet sich der Trend ab, dass Produzenten zunehmend Verpackungen einsparen, um Verpackungsmüll und damit entstehende Entsorgungskosten zu vermeiden. Somit müssen Daten und Codes in Zukunft möglichst platzsparend auf immer kleiner werdende Verpackungen oder direkt auf das Produkt gedruckt werden.

## Herausforderung: miniaturisierte Codes

Die Herausforderung, miniaturisierte Codes zu lesen und Module zu identifizieren, die mit bloßem Auge kaum als solche erkennbar sind, kann bei stehenden Szenen eine Kamera mit einer Auflösung von 41 und 151 Megapixeln bewältigen. Die Kameras erkennen dabei die miniaturisierten Codes und lesen diese auch zuverlässig, wenn sie innerhalb eines großen Sichtfelds sehr weit auseinanderliegen. Alternativ eignen sich bei bewegten Bildern Kameras mit einer Auflösung von 25 Megapixeln. Diese kommen ebenfalls mit schwankenden Arbeitsabständen gut zurecht. In allen Varianten bleiben die bisherigen wichtigen Features industrieller Codeleser dabei erhalten. So können offline



Die Benutzeroberfläche ist übersichtlich gestaltet und bietet zusätzlich Konfigurations- und Arbeits-hilfen, die den Anwender schrittweise durch den Prüfprozess führen.

bis zu 300 Codes auf einmal erfasst sowie parallel gelesen und während eines Verpackungsprozesses bis zu 100 Verpackungen pro Sekunde inspiziert werden. Eine entsprechende Technologie lokalisiert auch Codes, deren Qualität stark schwankt, die schief angebracht wurden oder die stark beschädigt, schwer detektierbar und kontrastarm sind.

## Unterschiedliche Verpackungsformate: mit Autofokus kein Problem

Dass Verpackungen je nach Marke und Produkt unterschiedliche Formate aufweisen, ist



Versand- und Logistikbehälter mit aufgedruckten Codes werden zur Prüfung derselben einfach unter der Kamera platziert, wobei sich der Autofokus auf das jeweilige Verpackungsformat einstellt.

## Unternehmen im Detail

### Strelen Control Systems

Strelen Control Systems ist als Systemhaus seit über zehn Jahren im Bereich digitale Bildverarbeitung in Verbindung mit künstlicher Intelligenz tätig. Industrie-4.0-Anwendungen und individuelle Produkte stehen dabei im Vordergrund, die unter anderem in der Nahrungsmittel-, Pharma- und Verpackungsindustrie erfolgreich zum Einsatz kommen. Da zudem eine Werkstatt angegliedert ist, kann Strelen seinen Kunden Komplettlösungen mit integrierter Bildverarbeitungssoftware anbieten.

so etwa in der Pharmaindustrie Daten für einen Austausch gemäß Fälschungsschutzrichtlinie (2011/62/EU) aufbereitet werden.

### Codelese-Komplettsystem

Strelen Control Systems hat neue Codelese-Lösungen mit den erwähnten Technologien entwickelt, um möglichst viele Problemstellungen auf einmal zu bewältigen. Eine der möglichen Varianten ist ein Komplettsystem mit integrierter Ein-Kamera-Lösung. Versand- und Logistikbehälter mit aufgedruckten

Codes werden zur Prüfung einfach unter der Kamera platziert, wobei sich der Autofokus auf die unterschiedlichen Verpackungsformate einstellt. Ein Monitor bietet dabei ein übersichtliches Bedienfeld mit Konfigurations- und Arbeitshilfen, die den Anwender schrittweise durch den Prüfprozess führen. Neben einer etablierten 20-Megapixel-Lösung, die für sehr kleine Codes um 41 und 151 Megapixel erweitert wurde, ist offline wie auch inline eine OEM-Variante möglich, die sich leicht in Transportsysteme oder stationäre Umgebungen integrieren lässt. ■

für Kameras mit echtzeitfähigem Autofokus kein Problem. Beim Einlesen von Codes, die stark in ihrer Höhe variieren, stellt sich die Optik automatisch auf den optimalen Fokus ein. Bei stehenden Szenen verfügen entsprechende Codeleser über ein integriertes Assistenzsystem, das die Codedaten zählt, dokumentiert, aufbereitet und interpretiert. Durch standardisierte Schnittstellen können

### AUTORIN

Laura Szabo

Marketing, Communications & Services bei Strelen

### KONTAKT

Strelen Control Systems GmbH, Büttelborn  
 Tel.: +49 6151 78 93 8 0  
 Fax: +49 6151 78 93 8 1  
 E-Mail: info@strelen.de  
 www.strelen.de

Bild: Pleora



## KI-Fertigungslösungen um neue Apps und Integrationen

Pleora Technologies hat Leistungsverbesserungen für seine KI-Lösungen vorgestellt, um Herstellern dabei zu helfen, Frontline-Prozesse zu verbessern und Inspektionsdaten für Analysen zu sammeln.

Die KI-Fertigungslösungen von Pleora umfassen ein visuelles Inspektionssystem, das die menschliche Entscheidungsfindung konsistent und nachvollziehbar macht, sowie eine Edge-Verarbeitungs- und Algorithmus-Designplattform, um neben automatisierten Computer-Vision-Prozessen erweiterte Fehlererkennungsfunktionen hinzuzufügen. Die Lösun-

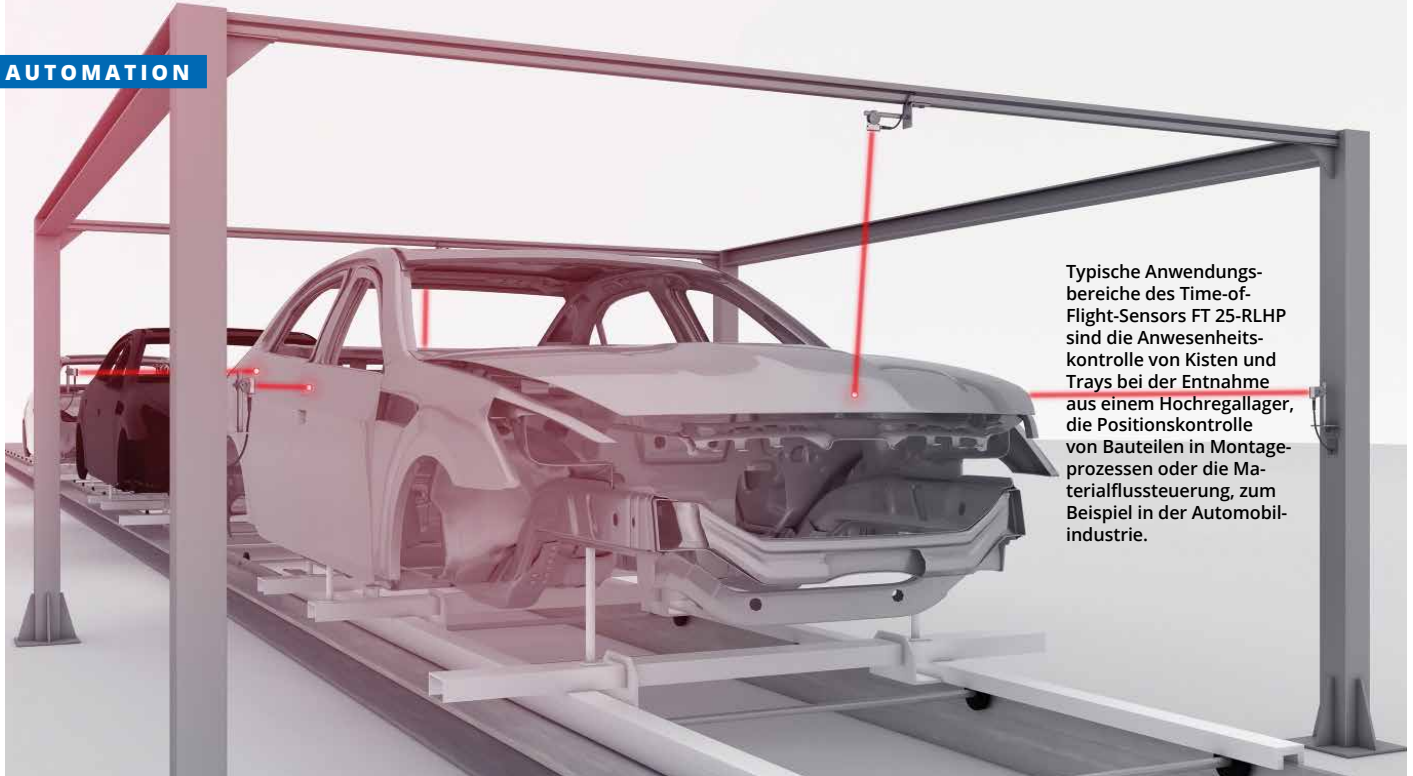
gen des Unternehmens werden jetzt in den Bereichen Konsumgüter, Fertigteile, Druck und Verpackung sowie Lebensmittel- und Getränkeinspektion eingesetzt.

Für visuelle Inspektionsanwendungen führt Pleora eine Reihe von produktionsreifen

Inspektions- und Tracking & Reporting-Apps ein, die keine Programmierung oder Design erfordern. Inspektions-Apps für eingehende, prozessinterne und letzte Fertigungsschritte machen Produktfehler für einen menschlichen Bediener offensichtlich. Die Inspektion kann mit nur einem guten Produktbild beginnen. Wenn der Bediener anfängliche Fehler akzeptiert oder ablehnt, wird das KI-Modell transparent trainiert und beginnt, Probleme zu erkennen und Entscheidungen für den menschlichen Inspektor vorzuschlagen.

Um den Frontline-Betrieb weiter zu verbessern, steht Pleoras wachsende Bibliothek an Fertigungs-Apps als produktionsbereite Tools zur Verfügung, die mit der eBUS AI Studio-Entwicklungsplattform des Unternehmens an individuelle Anforderungen angepasst werden können. Zu den Standard-Apps gehören Tools zum Scannen von Barcodes, Bestandsverfolgung, Rohstoffverwaltung, Komponentenzählung und mehr.

www.pleora.com



Typische Anwendungsbereiche des Time-of-Flight-Sensors FT 25-RLHP sind die Anwesenheitskontrolle von Kisten und Trays bei der Entnahme aus einem Hochregallager, die Positionskontrolle von Bauteilen in Montageprozessen oder die Materialflussteuerung, zum Beispiel in der Automobilindustrie.

## 3D-Sensor mit hoher Reichweite in kompaktem Gehäuse

Time-of-Flight-Sensor für die Anwesenheits- oder Positionskontrolle

**Der mit sichtbarem Rotlicht arbeitende Lichtlaufzeitsensor ist so groß wie eine Streichholzschachtel und erkennt auch sehr kleine Objekte in bis zu 1,5 Metern Entfernung.**

Lichtlaufzeitsensoren bewältigen erheblich höhere Distanzen als übliche Triangulations-Lichttaster. Zugleich bieten sie eine hohe Detektionssicherheit, unabhängig von Form, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit des Tastguts. Auch bei

kritischen Hintergründen, wie Reflektorwänden, Signallampen oder reflektierende Metallstreben, liefert das Lichtlaufzeitverfahren, auch Time-of-Flight-Technologie genannt, stets ein eindeutiges Empfängersignal.

Sensopart ist es nun gelungen, dieses optisch aufwendige Messverfahren in einem platzsparenden Miniaturgehäuse mit den Abmessungen 34 x 20 x 12 mm unterzubringen. Somit lässt sich der Sensor ohne Weiteres in Anlagen mit beengten Platzverhältnissen integrieren. Sein gut erkennbarer Lichtfleck ist sehr klein und präzise, was die Ausrichtung des Sensors in der Anwendung wesentlich vereinfacht. Die Laserklasse 1 ermöglicht dabei einen Betrieb ohne Schutzmaßnahmen.

### Auch Bereichsüberwachung möglich

Durch die minimale Hysterese detektiert er selbst kleinste Objekte bis zu einer Entfernung von 1.500 mm mit sehr guter Wiederholgenauigkeit. Über einen – per Taste aktivierbaren – Fenstermodus ist außerdem eine Bereichsüberwachung möglich: Nicht relevante Entfernungsbereiche lassen sich ausblenden, beispielsweise der Vorder- und Hintergrund eines Förderbandes.

Auch für sehr schnelle oder präzise Applikationen eignet sich der Sensor. Per Taste

kann der Anwender kurzerhand die Schaltfrequenz einstellen, mit der der Sensor arbeiten soll.

Neben einem digitalen Schaltausgang verfügt der FT 25-RLHP über eine IO-Link-Schnittstelle der Spezifikation 1.1.3. und dem aktuellen Smart-Sensor-Profil.

### Time-of-Flight-Sensor mit breitem Einsatzspektrum

Mit diesen Eigenschaften ist der FT 25-RLHP ein Allrounder, der quer durch alle Industriebranchen Anwendung finden kann – vor allem dann, wenn es auf die Kombination von hoher Reichweite und sicherer Detektion ankommt. Typische Beispiele sind die Anwesenheitskontrolle von Kisten und Trays bei der Entnahme aus einem Hochregallager, die Positionskontrolle von Bauteilen in Montageprozessen oder zur Materialflussteuerung, zum Beispiel in der Automobilindustrie, oder erweiterte Absicherungsprüfungen von selbstfahrenden Fahrzeugen. Der Miniatur-Lichtlaufzeitsensor ist ab sofort lieferbar. ■

### Unternehmen im Detail

#### Sensopart Industriesensorik

Sensopart, gegründet im Jahr 1994, entwickelt, produziert und vertreibt ein breites Spektrum an Sensoren für die Fabrikautomation. Den Schwerpunkt bilden optoelektronische Sensoren und kamerabasierte Vision-Sensoren, die in industriellen Anwendungen zum Einsatz kommen, zum Beispiel zur Erkennung von Objekten oder Farben, zur Abstandsmessung, zum Codelesen oder in der Robotik. Die Entwicklung und die Produktion der Produkte erfolgt an den Standorten Gottenheim bei Freiburg und Wieden im südlichen Schwarzwald. Mit seinen vier Tochtergesellschaften und seinem Netz aus über 40 internationalen Vertriebspartnern ist Sensopart weltweit vertreten.

#### KONTAKT

Sensopart Industriesensorik GmbH,  
Gottenheim  
Tel.: +49 7665 94769760  
E-Mail: [vertrieb@sensopart.de](mailto:vertrieb@sensopart.de)  
[www.sensopart.com](http://www.sensopart.com)



# WILEY

Wiley Industry Days

# WIN DAYS

## 14.–16. Feb. 2023

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

Neue  
Plattform

Mit renommierten Speakern – unter anderem:



**Jürgen Wittmann**, Director Corporate Security bei der Robert Bosch GmbH, Präsident der ASW Baden Württemberg



**Julia Vincke**, Vice President Security bei der BASF Group



**Andreas Osternig**, Global Head of Corporate Security (CSO) bei der Daimler Truck AG, Vorstandsmitglied der ASW-BW

**VIRTUELLE KONFERENZ  
ZUM THEMA: Corporate  
Resilience – Konzepte und  
Lösungen gegen Angriffe  
und Gefahren**

**JETZT  
KOSTENFREI  
ALS BESUCHER  
ANMELDEN  
PER E-MAIL AN:  
[GIT-GS@wiley.com](mailto:GIT-GS@wiley.com)**

Organisationsteam:



**Lisa Holland**  
+49 6201 606 738  
[lisa.holland@wiley.com](mailto:lisa.holland@wiley.com)



**Dr. Heiko Baumgartner**  
+49 6201 606 703  
[heiko.baumgartner@wiley.com](mailto:heiko.baumgartner@wiley.com)



**Dr. Timo Gimbel**  
+49 6201 606 049  
[timo.gimbel@wiley.com](mailto:timo.gimbel@wiley.com)



**Jörg Wüllner**  
+49 6201 606 749  
[joerg.wuellner@wiley.com](mailto:joerg.wuellner@wiley.com)



**Miryam Reubold**  
+49 6201 606 127  
[miryam.reubold@wiley.com](mailto:miryam.reubold@wiley.com)



**Dr. Michael Leising**  
+49 3603 89 42 800  
[leising@leising-marketing.de](mailto:leising@leising-marketing.de)



**Steffen Ebert**  
+49 6201 606 709  
[steffen.ebert@wiley.com](mailto:steffen.ebert@wiley.com)

**GIT SICHERHEIT**

**GIT SECURITY**



Eine typische Anwendung ist die Inspektion des Spalts zwischen dem Schalengriff und dem Waschmaschinengehäuse, der einer genormten Größe unterliegt. Da die Software mehrere Einzelmessungen kombiniert, um den Spalt in der Montagesituation abzubilden, sind kleine Abweichungen leicht zu erkennen.

# 3D-Messtechnik verbessert Qualitätssicherung von Waschmaschinen

## 3D-Messsysteme in der Inspektion von Haushaltsgeräten

**Mit der Umstellung vom 2D- auf den 3D-Ansatz ist es BSH Hausgeräte gelungen, das messtechnische Know-how mit den Kenntnissen aus der CAD-Konstruktion zu kombinieren, um leichter Modelle seiner Produkte zu erstellen und automatisierte Prozesse stärker zu nutzen.**

**B**SH war auf der Suche nach einem Weg jedes Detail in praktisch jedem Maßstab aufzuzeichnen, von kompletten Baugruppen zu winzigen Oberflächen, in einem automatisierten Prozess, der geringe Vorkenntnisse des Anwenders erfordert. Durch die Einführung von PMI-Daten (Product Manufacturing Information, Dt. Produktfertigungsinformationen) wäre das Unternehmen dann in der Lage, die Einhaltung der entsprechenden Toleranzen schneller zu gewährleisten.

### Die Herausforderung: 3D-Messtechnik weltweit implementieren

Die Schaffung eines nahtlosen Arbeitsablaufs über die verschiedenen Hardware- und Software-Lösungen hinweg war auch entscheidend für die betriebliche Einheitlichkeit, der Qualität der Ergebnisse und der Datenübertragbarkeit wegen der internationalen Tätigkeiten der BSH. Sobald das Unternehmen das CAD-Modell eines Bauteils mit allen relevanten PMI-Daten versehen hat, kann es die Messvorlagen an seine Standorte und Zu-

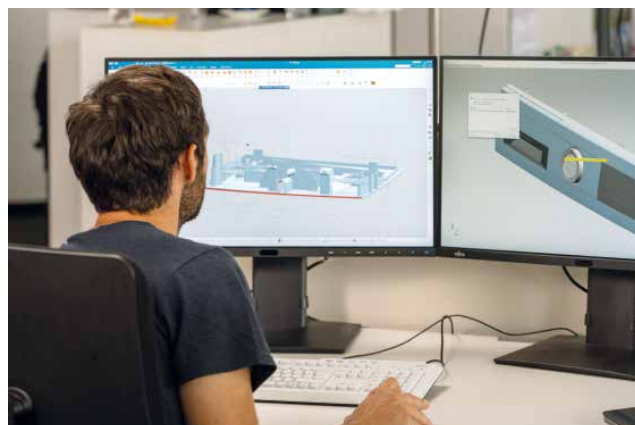
lieferer weiterleiten. BSH-Qualitätsingenieur Henri Wild erklärt, wie dadurch ein wichtiger globaler Datenpool zur Verfügung gestellt wird: „So stellen wir sicher, dass weltweit die gleiche Bewertungsgrundlage für die Qualifizierung produzierter Einzelteile oder Unterbaugruppen verwendet wird.“ Dieser Arbeitsablauf umfasst die über die 3D-Modellierung erfassten Soll-Werte, die beim 3D-Scan aufgenommenen Ist-Werte und das Scannen der montierten Geräte zur Qualitätssicherung.

### Die Lösung: Flexible Inspektion und digitaler Zusammenbau

Der vereinfachte, von GOM Inspect Pro unterstützte 3D-Prozess bietet der BSH übersichtliche Modelle, die genau aufzeigen, wo Messungen stattgefunden haben und die



Die Atos-Scanbox-Systeme können eine große Vielfalt von Bauteilen prüfen, auch die von BSH produzierten Schalengriffe von Waschmaschinen von Bosch.



Der vereinfachte, von GOM Inspect Pro unterstützte 3D-Prozess bietet der BSH übersichtliche Modelle, die genau aufzeigen, wo Messungen stattgefunden haben und die so wenige Maße wie möglich haben.

so wenige Maße wie möglich aufweisen. Da diese Lösung eine zentrale Datenhaltung von Zeichnungen bis hin zu 3D-Modellen ermöglicht, kann sie dazu beitragen, spätere Probleme zu vermeiden.

Was die Inspektion mit Atos-Scanbox-Systemen betrifft, so hat deren Fähigkeit, mit einer großen Vielfalt von Bauteilen, Größen, Formen, Farben, Materialien und Anwendungen umzugehen. Aufgrund des breiten Spektrums an Vorrichtungslösungen kann der Drehtisch eine ganze Maschinenbaugruppe oder kleinere Bauteile aufnehmen, was zusätzliche Flexibilität bietet. Anwender genießen auch die nahtlose Interaktion mit der GOM Inspect Pro Software, die alle nötigen Messpositionen programmiert und alle relevanten Inspektionselemente beinhaltet. Die Funktion Smart Scanning im virtuellen Messraum (VMR) – die zentrale Steuerungs- und Messplanungs-Software für alle Elemente der Atos-Messzellen – ermöglicht das Teachen sowie das Ausführen und Optimieren von Messungen mit nur einem Klick. Dies vereinfacht die

Verarbeitung komplexer Formen, zum Beispiel die von BSH produzierten Schalengriffe von Waschmaschinen.

#### Mobiles Messgerät zur Inspektion der Spaltmaße einer Waschmaschine

Schließlich verwendet BSH Atos Q, einen mobilen Sensor, um vollständig montierte Geräte zu analysieren. Als eines der kleinsten von der BSH benutzten Geräte lässt es sich schnell von Maschine zu Maschine transportieren und ist vor Ort immer schnell einsatzbereit. Hat der Anwender einige Messungen an der vollständigen Baugruppe und dem relevanten Einzelteil durchgeführt, stellt die GOM Inspect Pro Software die Daten in einer zusammengesetzten Ansicht dar, um eine übersichtliche Inspektion anhand der relevanten Toleranzen in den CAD-Dateien zu ermöglichen.

Eine typische Anwendung ist die Inspektion des Spalts zwischen dem Schalengriff und dem Waschmaschinengehäuse, der einer genormten Größe unterliegt. Da die Software mehrere Einzelmessungen kombiniert, um den Spalt in der Montagesituation abzubilden, sind kleine Abweichungen leicht zu erkennen. Beim schnellen Erfassen von Daten, für die nur wenige einfache Messungen nötig sind, führt der digitale Zusammenbau in der Software zu einer erheblichen Zeiterparnis gegenüber anderen Methoden und verbessert gleichzeitig die Qualitätskontrolle.

Das Erscheinungsbild der montierten Geräte ist ebenfalls entscheidend. Wenn die Spalt- und Bündigkeitsmaße der Baugruppe stimmen, ist gewährleistet, dass jedes Bauteil in der Baugruppe ausgetauscht werden kann und die Ästhetik der Waschmaschine nicht beeinträchtigt wird.

#### Einheitliche Messungen und automatisierte Prozesse

Die Abwendung von 2D-Zeichnungen bedeutet, dass „wir in eine andere Dimension eintreten“, sagt Wild. Die 3D-Modelle, die CAD- und PMI-Daten beinhalten, lassen sich

mit einem Visualisierungswerkzeug öffnen, sodass alle Anwender genau wissen, wo sie messen müssen. Und da alle BSH-Produktionsstandorte und sogar ausgewählte Zulieferer nun die gleiche Inspektions- und Beurteilungsvorlage verwenden können, ist ein hohes Maß an Einheitlichkeit gewährleistet.

Lösungen von GOM Metrology haben BSH auch zu einer stärkeren Automatisierung verholfen, zum großen Teil durch die Reportingfunktion in GOM Inspect Pro. Nach einer Messung mit der Atos Scanbox erhält der Anwender beispielsweise sofort einen automatisch erstellten Report mit den wichtigsten Daten wie Zeichnungs-, Werkzeug- und Nestnummer sowie Inspektionsposition. Dieser Report beinhaltet auch farbige 3D-Abweichungsdarstellungen wie GD&T-Analysen von montierten Bauteilen, die wesentlich dazu beitragen, neben den Grundwerten auch die tatsächliche Form zu visualisieren. Mit der benutzerfreundlichen Software von GOM Metrology, die keine Vorkenntnisse erfordert, können diese Vorteile von nahezu jedem Anwender benutzt werden.

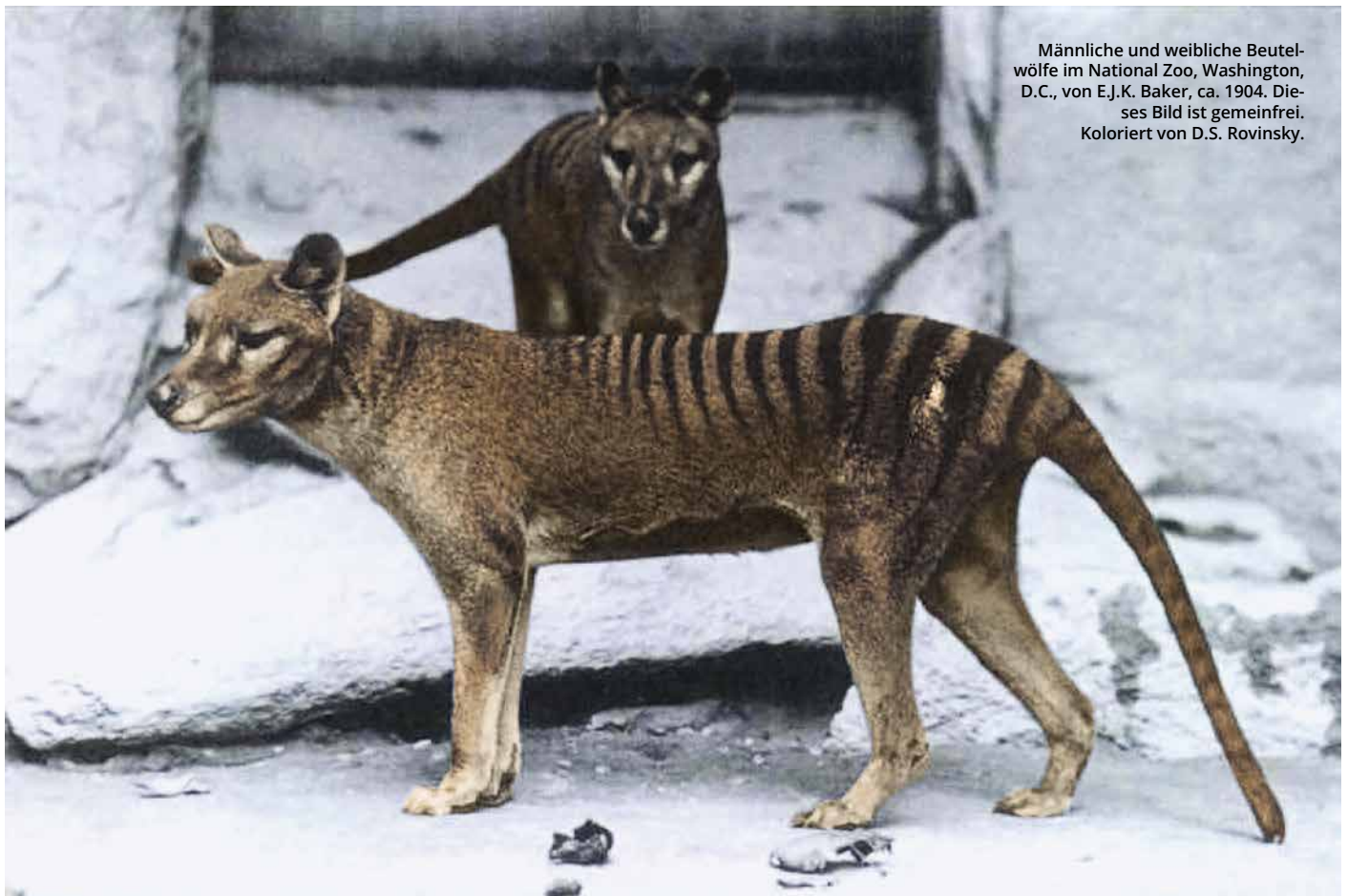
Abschließend zieht Wild eine positive Bilanz: „Die 3D-Modelle verdeutlichen, wo Messungen stattgefunden haben und weisen so wenige Maße wie möglich auf. Gleichzeitig sind wir jetzt in der Lage, unkompliziert eine hoch detaillierte und präzise Inspektion komplexer Bauteile auszuführen. Dies hat sich als die wertvollste Verbesserung erwiesen.“ ■

## Unternehmen im Detail

### BSH Hausgeräte

BSH Hausgeräte gehört zur Bosch-Gruppe und ist mit einem Gesamtumsatz von rund 15,6 Milliarden Euro und 62.000 Mitarbeitern im Jahr 2021 ein weltweit führendes Unternehmen der Hausgeräteindustrie. Zum Markenportfolio des Unternehmens gehören elf Hausgerätemarken wie Bosch, Siemens, Gaggenau und Neff sowie die Ökosystemmarke Home Connect und Servicemarken wie Kitchen Stories. Die BSH produziert in 40 Fabriken und ist in rund 50 Ländern vertreten.





Männliche und weibliche Beutelwölfe im National Zoo, Washington, D.C., von E.J.K. Baker, ca. 1904. Dieses Bild ist gemeinfrei. Koloriert von D.S. Rovinsky.

# Auf den Spuren des Beutelwolfs

Evolutionsbiologen nutzen 3D-Scantechnologie für die digitale Erfassung von 223 Schädeln von 57 Tierarten im Submillimeterbereich

**Die beiden Forscher Douglass Rovinsky und Justin W. Adams von der Monash University in Australien haben ein Projekt angestoßen, um die Evolutionsgeschichte des inzwischen ausgestorbenen Beutelwolfs zu erforschen. Hierfür wurden hunderte Museumssammlungen weltweit mittels einem tragbaren 3D-Farbscanner digitalisiert.**

**H**ört man den Namen tasmanischer Wolf, hat man häufig das Bild eines gemeinen Wolfs vor Augen. Dabei ist diese Spezies keineswegs mit diesem verwandt. Die beiden Evolutionsbiologen Douglass Rovinsky und Justin W. Adams haben auf der Suche nach den evolutionären Hintergründen dieses Tieres die bislang umfassendste Studie angestoßen, um genau das zu bestätigen. Genutzt haben sie dafür die 3D-Scantechnologie von Artec 3D.

In der Biologie bezeichnet konvergente Evolution den Prozess, bei dem nicht verwandte Organismen ohne einen gemeinsamen Vorfahren unabhängig voneinander ähnliche Merkmale entwickeln, nachdem sie

sich an ähnliche Umgebungen oder ökologische Bedingungen anpassen mussten. Das bedeutet, dass zwei konvergente Arten nach außen hin genetisch verwandt erscheinen können, es de facto aber nicht sind. Ein gutes Beispiel liefern uns hierbei Schildkröten und Schnecken: Beide entwickelten harte Panzer, um sich vor Fressfeinden zu schützen. Jedoch zählen Schildkröten zur Gattung der Reptilien, bei Schnecken handelt es sich um Weichtiere.

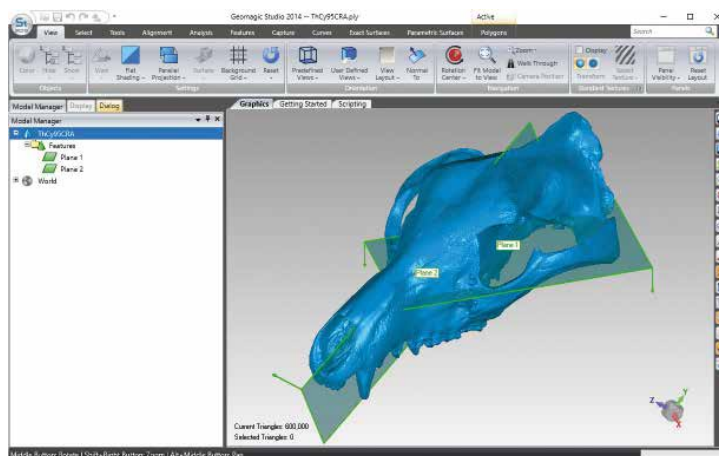
Um ein umfassenderes Verständnis für die Hintergründe des ausgestorbenen Beutelwolfs, dessen Geschichte bis zu 23 Millionen Jahren zurückreicht, zu entwickeln, haben Rovinsky und Adams die Ähnlichkeitsmuster

zwischen dem Beutelwolf und anderen Arten in den drei Bereichen Schädelform, Ernährung und relative Beutegröße eingehend untersucht und analysiert. Unter Berücksichtigung aller Aspekte macht die vorliegende Studie deutlich, dass es keine Grundlage dafür gibt, den Beutelwolf als konvergent mit Wölfen zu interpretieren. Stattdessen weist er eine Konvergenz mit einer Reihe von Kaniden auf, darunter afrikanische Schakale sowie bestimmte südamerikanische Füchse.

## Software für die Digitalisierung und Nachbearbeitung

Um die Schädelformen dieser seltenen, kürzlich ausgestorbenen Art, von der die meisten Exemplare in Sammlungen mit begrenztem und kontrolliertem Zugang aufbewahrt werden, genau zu vermessen und zu untersuchen, war eine kontaktlose Methode zur Erfassung von Daten bis in den Submillimeterbereich erforderlich. „Wenn wir in einem Museum Zugang zu einem bestimmten

Screenshot der Software Geomagic Studio, der die Neu- ausrichtung und Ausrichtung des Netzes vor der Verwendung im 3D-Programm für geometrische Morphometrie zeigt.



Exemplar erhalten, möchte der Kurator auf keinen Fall Kratzer oder andere Beschädigungen durch manuelle Messgeräte wie dem Tasterzirkel oder von der übermäßigen Handhabung bei der Neupositionierung riskieren“, so Rovinsky. „Das Anbringen von Markierungen oder Zielmarken auf diesen Exemplaren wäre schlichtweg undenkbar.“

Zur Digitalisierung wurde der Artec Space Spider, ein leichter, tragbarer 3D-Farbscanner von Artec 3D, verwendet. Dieser erfasst bis zu eine Million Datenpunkte pro Sekunde mit einer Genauigkeit von 0,05 mm. Dadurch war es Rovinsky und Adams möglich, die über 200 Schädel der 57 Arten, darunter Beutelwölfe, Hyänen, Zibetkatzen, Mangusten, Beutelmarder, Hunde, Waschbären und viele andere, bis in den Submillimeterbereich in nur wenigen Minuten zu di-

Douglass S. Rovinsky scannt den Schädel eines Beutelwolfs mit Space Spider und der Software Artec Studio.

gitalisieren. Aus evolutionärer Sicht war die Einbeziehung anderer fleischfressender Beuteltiere neben dem Beutelwolf, wie etwa des Beutelmarders, erforderlich, ebenso wie eine Auswahl anderer kleiner Fleischfresser, insbesondere Wiesel, Zibetkatzen und Mungos.

Die Scans wurden anschließend in der Software Artec Studio in 3D-Modelle umgewandelt und in eine andere Software einschließlich Geomagic Studio exportiert, um quantitative Analysen der 3D-Form der Schädel der ausgewählten Arten durchzuführen.

Nach dem Scanprozess mussten für die anschließenden 3D-geometrischen Morphometrie-Analysen (Form 381) anatomische Orientierungspunkte digital auf der Oberfläche jedes 3D-Schädels platziert werden. Diese Orientierungspunkte dienten der genauen Identifizierung und Erfassung der unterschiedlichen Formmerkmale des Schädels und ermöglichten es den Forschern in Verbindung mit quantitativen Analysen, viele Fragen in Bezug auf dessen Form und Gestalt zu klären.

### Schlussfolgerungen und neue Erkenntnisse

Die Ergebnisse der Analysen und Konvergenztests beantworten frühere Fragen zur Lebensweise der Beutelwölfe. Die Daten zeigen, dass eine klare Konvergenz zwischen dem Beutelwolf und afrikanischen Schakalen sowie südamerikanischen Füchsen deutlich ausgeprägt ist. Für die Zukunft ist eine begleitende Studie geplant, die sich auf die Erforschung des Fressverhaltens und Jagdtriebs konzentriert. Zusammen mit der Unterstützung der 3D-Scantechnologie wird das Bild des Beutelwolfs immer vollständiger. ■

#### AUTOR

**Matthew McMillion**

Senior Editor & Writer bei Artec 3D

#### KONTAKT

Artec 3D, Luxembourg

Tel.: +352 27 861 074

[www.artec3d.com/de](http://www.artec3d.com/de)





Bild: Creaform

### 3D-Messsoftwareplattform mit Cloud-Lizenzierungssystem

VXelements 10 von Creaform beinhaltet ein Cloud-Lizenzierungssystem und Bearbeitungsfunktionen. Die integrierte 3D-Messsoftwareplattform umfasst mit VXscan, VXprobe, VXshot, VXmodel, VXtrack, VXinspect und VXscan-R mehrere Erfassungs- und Anwendungsmodule. Ein Cloud-Lizenzierungssystem wurde implementiert, mit dem Benutzern eines Unternehmens die gemeinsame Nutzung von Lizenzen erleichtert wird. Des Weiteren zeigt das Software-Modul VXscan 3D Verbesserungen beim Zusammenführen von Scans. Das Scan-to-CAD Softwaremodul VXmodel besitzt jetzt ein flexibles Objektbearbeitungstool und eine Funktion für Querschnitte. Für zusätzliche Flexibilität können Endbenutzer mit dem Softwaremodul VXinspect mehrere CAD-Modelle in VXinspect importieren.

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



Bild: Instrument Systems

### Messsystem umgeht Erwärmungseffekt

Die spektral erweiterte 2D-Farbmesskamera Lumitop 4000 von Instrument Systems wurde zur Prüfung von  $\mu$ LED-Arrays in AFS-Anwendungen entwickelt. Die 12-MP-Kamera misst die Einzel-LEDs des Arrays simultan und umgeht durch ihre Messgeschwindigkeit die Temperaturabhängigkeit von Hochleistungs-LEDs. In Kombination mit dem Spektralradiometer CAS 140D liefert das auf Leuchtdichte (in  $\text{cd}/\text{m}^2$ ) kalibrierte System genaue Messwerte. Dadurch ist es insbesondere für die Qualitätskontrolle von Gleichförmigkeit, Helligkeit und Farbe bei  $\mu$ LED-Arrays geeignet. Durch die hohe Messgeschwindigkeit kommt das System den Auswirkungen einer Temperaturdrift während der Messung zuvor. Zusätzlich wird der Messvorgang mit der Stromquelle der  $\mu$ LED synchronisiert.

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



Bild: Optometron

### Stand-Alone-Lösung schafft Platz zum Mikroskopieren & Analysieren

Das Doku-KIT3 von Optometron ist eine kompakte, handliche Kamera-Monitor-Einheit, die ein autarkes Mikroskopieren und Analysieren ohne PC ermöglicht.

Der 11,6 Zoll HD-Monitor sitzt direkt auf dem Kameramodul. Auch ohne Computer lassen sich hochauflösend Livebilder darstellen, Messungen durchführen und auf einer SD-Karte speichern. Die Bedienung erfolgt ganz einfach mit einer Computer Mouse.

Das neue DOKU-KIT3 ist mit allen Optometron Workstations kompatibel und mit verschiedenen FULL HD und 4K-Kameras erhältlich. Bestens geeignet ist diese Kamera-Monitor-Einheit auch zum Nachrüsten für Mikroskope oder Zoomoptiken. Der C-Mount-Anschluss im Industriestandard sorgt für die schnelle Integration in das optische System.

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



Bild: Göpel

### Doppelseitige 3D-Prüfung von THT-Baugruppen

Mit dem System THT Line 3D hatte Göpel ein Gerät zur doppelseitigen, parallelen Inspektion auf den Markt gebracht, welches in zahlreichen Elektronikfertigungen weltweit eingesetzt wird. Das System wurde nun weiterentwickelt, wodurch Prüftiefe und Inspektionssicherheit gesteigert werden konnten. Das THT Line 3D kann nun auch sowohl Ober- als auch Unterseite der Baugruppe gleichzeitig in 3D prüfen. Möglich wird das durch ein zusätzliches 3D-AOI-Modul im System. Damit ergibt sich die Möglichkeit, zum Beispiel Selektivlötstellen auf beiden Seiten der Baugruppe zeitgleich zu prüfen und dabei das Lotvolumen und die Pinlänge mit dem 3D-Verfahren zu vermessen.

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



Bild: SEC

### Qualitätsüberwachung durch 2D- und 3D-Röntgeninspektion

Die große Bandbreite der spezifischen 2D, 2.5 D und 3D (CT) Röntgeninspektionssysteme von SEC lässt sich gezielt auf bestimmte Anwendungsaufgaben ausrichten. Als Vertriebspartner des koreanischen Maschinenherstellers stellt Atecare die neue Röntgensystemgeneration vor.

Die als Offline- und Inline-System angebotenen Röntgeninspektionssysteme der SEC-X-eye Serie lassen sich gezielt auf bestimmte Anwendungsaufgaben ausrichten. Die mit unterschiedlichen Detektoren und Röhren ausgestatteten Röntgensysteme sind FDA und CE zertifiziert und verfügen über bewegbare X, Y und Z-Achsen. Sie werden mit unterschiedlichen Tischgrößen und Transportsystemen angeboten. Außerdem ist es möglich, bei Analysen verschiedene CT-Technologien einzusetzen.

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

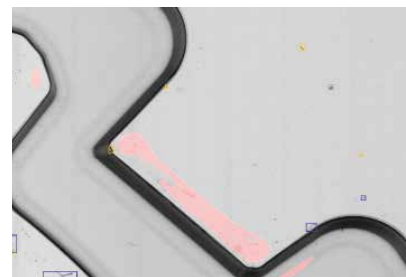


Bild: Senswork

### KI-basiertes Verfahren zur Inspektion von In-vitro-Diagnostik-Produkten

Mit der Technologie von Senswork lassen sich die in der Medizintechnik eingesetzten transparenten sogenannten Labdisks oder Lab-on-a-Chip-Designs erstmals im Produktionstakt prüfen. Das bayerische Unternehmen entwickelte die KI-basierte Methode im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen dreijährigen Forschungsprojektes Controlplus.

Eine von Senswork entwickelte Prüfung ermöglicht die kamerabasierte Qualitätssicherung der Testträger in der Fertigung. Ein Hochgeschwindigkeitsmikroskop erfasst die transparenten Kartuschen mit ca. 150 mm Durchmesser inline mit einer Auflösung von 10 Mikrometern. Die Software Neuralyze detektiert daraufhin die Strukturen und Abmessungen der Fluidik-Kanäle und unterscheidet Flüssigkeiten, Delaminationen, die Position von Partikeln und Staub.

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





Bild: Polytec

### 3D-Scans kombiniert mit Fotogrammetrie für große Objekte

Das neue Fotogrammetrie-System von Polytec ist für High-End-Industrieanwendungen und Objekte bis 20 m Größe konzipiert. Es ermöglicht bereits ohne 3D-Scan Punkt-zu-Punkt-Vermessungen zur Qualitätssicherung oder Montagekontrolle in der Automobil-, Schiffs- und Stahlbauindustrie. Es besteht aus einer Kalibrierplatte, Maßstäben, Target-Marken und der Smarttech3D Measure Software. Darüber hinaus wird nur eine handelsübliche Kamera mit Blitzfunktion benötigt. Nach dem Anbringen der Maßstäbe und Targets wird das Objekt aus verschiedenen Perspektiven fotografiert. Die Zusammenführung der Aufnahmen durch die Software erzeugt eine 3D-Punktekarte des Objekts und kann bereits für Punkt-zu-Punkt-Vermessungen genutzt werden.

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

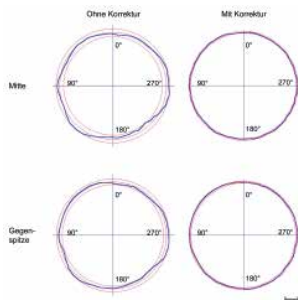


Bild: Werth Messtechnik

### Rundheits- und Geradheitsmessung in der Präzision von Formtestern

Neue Softwarefunktionen in Verbindung mit einer Präzisions-Drehachse bieten jetzt schnelle Rundheitsmessungen am Koordinatenmessgerät. Die Videocheck-Multisensor-Gerätefamilie von Werth Messtechnik verfügt über die hierfür notwendigen geringen Längenmessabweichungen. Durch ein hochgenaues telezentrisches Objektiv, eine luftgelagerte Drehachse mit ebenfalls luftgelagerter Gegenspitze und einen überarbeiteten Korrekturverfahren erreicht das Gerät Messabweichungen im Bereich von 200 nm für den prozesssicheren Nachweis von Rundheitstoleranzen bis 2 µm.

Eine Anwendung ist zum Beispiel die Messung der Geradheit des Außenzylinders von Steuerkolben für Hydraulikanwendungen.

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



Bild: Pixargus

### Upgrades für drei Inspektionssysteme

Pixargus hat drei seiner Inspektionssysteme verbessert. Die neue Generation Allroundia Dualvision hat jetzt auch glänzende Rundprodukte im Griff und eignet sich für die Inspektion von transluzenten und semi-transparenten Schläuchen. Die Downside-Serie Iprofilcontrol ermöglicht erstmals die Oberflächeninspektion von Großprofilen bis 250 mm. Und nicht zuletzt: Das Inline-Inspektionssystem Profilcontrol 7 S Corrugatedtube vereinfacht das Handling bei der Qualitätsprüfung von Wellrohren.

Das gesamte Beleuchtungskonzept hat sich geändert. Ein sehr homogenes Beleuchtungsfeld erhöht die Lichtausbeute. Die Rauigkeitsparameter, die den optischen Sensoren Kontrast und Detailgenauigkeit vorgeben, lassen sich im neuen Release deutlich feiner justieren.

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

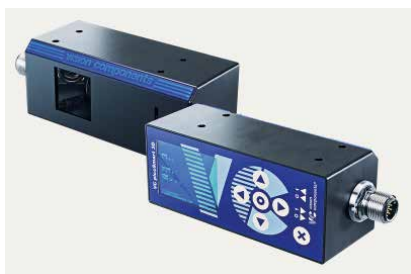


Bild: Vision Components

### OEM-Laserprofiler mit integrierter 3D-Bildverarbeitung

Vision Components bringt den neuen OEM-Laserprofiler VC Picosmart 3D mit integrierten Prozessoren für die 3D-Profildatenanalyse und weitere Bildverarbeitungsaufgaben auf den Markt. Alle Komponenten sind aufeinander abgestimmt: ein miniaturisiertes Embedded-Vision-System mit 1-Megapixel-Bildsensor, ein FPGA und ein High-End-FPU-Prozessor sowie ein Linienlasermodul mit blauem Hochleistungslaser. Das System ist in einem kompakten Industriegehäuse untergebracht, das nur 100 x 40 x 41 mm misst und über ein übersichtliches Bedienfeld und Display verfügt. Das integrierte VC Picosmart ist das weltweit kleinste Embedded-Vision-System, das auf einer Platine in der Größe eines Bildsensors untergebracht ist. Das FPGA ist für die 3D-Berechnung vorprogrammiert.

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

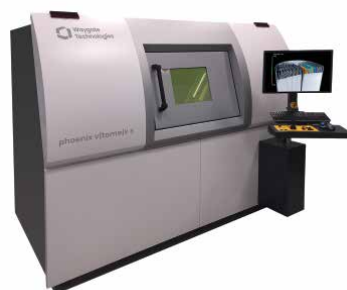


Bild: Waygate

### Zerstörungsfreie Inspektionslösungen für die Batterieproduktion

Waygate Technologies stellt mit dem Phoenix V tome x S und dem Phoenix Speed scan HD zwei Modelle für Mikro- und Nanofocus-Röntgen- und CT-Systeme vor. Das Modell V tome x S kann automatisch zwischen einer 180kV/20W-Hochleistungs-Nanofokus-Röntgenröhre und einer 240kV/320W-Mikrofokus-Röntgenröhre wechseln. Dadurch deckt das System ein großes Spektrum an Inspektionsaufgaben ab, von extrem hochauflösenden Nano-CT-Scans für schwach absorbierende Materialien bis hin zur 3D-MikroCT-Analysen von stark absorbierenden Objekten. Der eingesetzte Dynamic-41-200p+-Detektor erzielt eine noch höhere Auflösung und Bildqualität bei gleichzeitig deutlich schnelleren Scanzeiten.

[www.bakerhughes.com/waygate-technologies](http://www.bakerhughes.com/waygate-technologies)



Bild: Laser Components

### Bessere Fehlererkennung beim Arbeiten mit CO<sub>2</sub>-Lasern

Infrarot-Notchfilter bei 10,6 µm ermöglichen bei der Arbeit mit CO<sub>2</sub>-Lasern zuverlässiges Monitoring durch Wärmebildkameras. Sie blockieren die Laserwellenlänge mit einer Optischen Dichte von 6 und einer Bandbreite von ca. 2 µm. So wird verhindert, dass das Bild der Kamera durch das intensive Laserlicht überstrahlt wird. Der Rest des Wärmebilds wird dagegen über einen Transmissionsbereich von 8-13 µm nur um ca. 15 Prozent gemindert. Die Filter sind ab sofort bei Laser Components in einer Standardgröße von 1 Zoll auf Germanium verfügbar.

CO<sub>2</sub>-Laser werden in der Industrie unter anderem für Schweiß-, Schneide- und Umformarbeiten verwendet. Durch die Prozessüberwachung können Fehler wie Schweißspritzer oder Haarrisse frühzeitig erkannt werden.

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

## Index

FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE
<b>A</b> HF Analysentechnik	21	Framos	35	<b>S</b> canlab	6
Allied Vision Technologies	35	Fraunhofer IIS Inst.f. integrierte Schaltungen	22	Schneider Electric	8
AMA Verband für Sensorik und Messtechnik	8	<b>G</b> oepel Electronic	48	Sensopart Industriesensorik	42
Ametek	48	<b>H</b> ikmicro	35	Senswork	48
Aries Embedded	36	Hilscher Gesellschaft für Systemautomation	8	Spectra	35
Artec 3D	46	<b>I</b> DS Imaging Development Systems	36	Stemmer Imaging	37
Atecare	48	Igus	8	Strelen Control Systems	40
Autovimation	19, 35	Instrument Systems Optische Messtechnik	48	Sunex	26
<b>B</b> asler	36	<b>L</b> aser Components	21, 36, 49	<b>T</b> eledyne e2v	37
Bitflow	25	<b>M</b> atrix Vision	7	<b>V</b> DMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau	6
Büchner Lichtsysteme	13	MBJ Imaging	5	<b>V</b> ieworks	17
<b>C</b> arl Zeiss Industrielle Messtechnik	14, 25, 44	Micro-Epsilon Messtechnik	9, 21, 25	Viscom	25
Compar	38	Midwest Optical Systems	15	Vision & Control	36
<b>D</b> eutsche Messe	9	MVTec Software	36	Vision Components	49
DFI	37	<b>O</b> ptisense Gesellschaft für Optische Prozessmesstechnik	18	Vitronic Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme	16
Dr. Heinrich Schneider Messtechnik	21	Optometron	48	<b>W</b> aygate Technologies (Baker Hughes Digital Solutions)	49
<b>E</b> dmund Optics	Editorial, 7, 24	Optris	37	Werth Messtechnik	49
<b>F</b> alcon Illumination	35, 37	<b>P</b> ixargus	49	<b>X</b> imea	11
Flir Systems	37	Polytec	25, 49		

## 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)  
Maria Ender (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: DE5501108006161517443  
BIC: CHAS DE FX

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste  
vom 1. Januar 2022

2022 erscheinen 9 Ausgaben  
„inspect“  
Druckauflage: 20.000 (3. Quartal 2022)

**Abonnement 2022**

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

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

Abonnement-Bestellungen gelten bis  
auf Widerruf, Kündigungen 6 Wochen vor  
Jahresende. Abonnement-Bestellungen  
können innerhalb einer Woche schriftlich  
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 redaktion-  
ellen Beitrag in unveränderter Form oder  
bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig  
oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu  
denen gesellschaftsrechtliche Beteiligungen  
bestehen, so wie Dritten zur Nutzung zu  
übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich  
sowohl auf Print- wie elektronische Medien  
unter Einschluss des Internets wie auch auf  
Datenbanken/Datenträgern aller Art.

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

**Druck**  
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.



WILEY

# Klasse statt Masse

Bei uns zählen Inhalte.



© fotostelle - stock.adobe.com





messtec drives  
**Automation**  
www.WileyIndustryNews.com

inspect  
WORLD OF VISION

## Sie suchen Personal? Machen Sie auf sich aufmerksam!

### Wen wir erreichen:

- 50 **Universitäten und Fachhochschulen** mit technischer und wirtschaftlicher Ausrichtung
- 35 **Info-Häuser des Goethe-Instituts** im Rahmen des Projektes Ankommen in Deutschland
- ausgewählte **IHK-Filialen** (deutschlandweit)
- Auslage auf relevanten **Fachmessen** in den Bereichen Automatisierung, Bildverarbeitung, Chemie und Labor
- 18.000 Follower über **Social Media**

### Sind Sie dabei?

#### Verkauf



**Jörg Wüllner**  
Commercial Manager  
Tel.: +49 (0) 6201 606 748  
jwuellner@wiley.com

#### Verlagsbüro



**Martin Fettig**  
Tel.: +49 (0) 721 145080-44  
m.fettig@das-medienquartier.de