

TITELSTORY

Sensoren verbessern die Sicherheit und Effizienz im Schienenverkehr



Inspect award

Die Gewinner im Interview

S. 10

VISION

OCR mit KI in der Lebensmittelindustrie

S. 26

VISION

Hilfe beim Erstellen eines Lastenhefts für die Bildverarbeitung

S. 30

WILEY



Win every head-in-pillow fight.

Kritische Defekte wie 'Head-in-Pillow' oder 'Bump Shift' frühzeitig bei der Herstellung von komplexen Chips finden und so den Herstellungsprozess optimieren, das ist der Schlüssel zu Qualitäts- und Effizienzsteigerung in der Halbleiterindustrie. Das spart kostbare Ressourcen und erhöht den Ertrag.

Wie?

Mit vollautomatischer 3D-Röntgeninspektion inkl. Metrologieauswertung!

**Das neue CA20.
Jetzt auch für die Fab.**

comet
yxlon

yxlon.comet.tech



Halloween: Zeit der Rückbesinnung

Happy Halloween hieß es, als diese Zeilen entstanden. Das erinnerte mich ein wenig an mein letztes Editorial – nachzulesen in der Oktoberausgabe –, in dem ich über die gute Stimmung auf der Vision trotz der schrecklichen Umsatzentwicklung geschrieben habe. Wie auf einer anständigen Halloween-Party eben. Auch wenn der Schrecken dort von Horrorkostümen, Gruseldeko und Finger(!)-Food (AKA Würstchen mit Mandelblättchen und Ketchup) kommt.

Jedenfalls hat Halloween aus meiner Sicht zwei Vorteile: Erstens markiert es den Anfang vom Ende des aktuellen Jahres. Klar, es bleiben bei Erscheinen dieser Ausgabe noch 20 bis 25 Arbeitstage. Aber Weihnachten und Silvester kommen allmählich in Sichtweite; noch fern am Ende des Horizonts als kleiner, unscharfer Punkt zwar, aber dennoch. Und das ist zweitens ein guter Zeitpunkt, um ein vorläufiges Fazit für das aktuelle Jahr zu ziehen. Also: Was lief gut, was nicht? Welche meiner Ziele habe ich erreicht und warum bzw. warum nicht? Und noch wichtiger: Was von den bisher nicht erreichten Zielen kann ich dieses Jahr noch umsetzen und was muss ich tun, um das im kommenden Jahr (wieder) zu schaffen? Letzte Frage: Was muss, was kann ich jetzt tun, um dem Erfolg im Jahr 2025 den Boden zu bereiten?

Keine Sorge, ich langweile Sie jetzt nicht mit einer langen Liste. Ich will nur wirklich ganz kurz drei Dinge erwähnen, die richtig gut gelaufen sind (und die ich als relevant genug betrachte, sie hier aufzuschreiben): Die inspect America hatte in ihrem dritten Jahr ihres Bestehens das mit Abstand beste Ergebnis. So gut sogar, dass wir 2025 vier statt zwei

Ausgaben veröffentlichen werden. Außerdem haben wir beim inspect award den bisherigen Rekord an Teilnehmern eingestellt. Für nächstes Jahr ändern wir das Konzept etwas, unter anderem mit mehr Kategorien. Vielleicht können wir dann einen neuen Rekord feiern. Ich würde mich freuen. Drittens ist das Portfolio der inspect so vielfältig, so international und so stark wie nie. Ich freue mich schon jetzt darauf, im nächsten Jahr daran anzuknüpfen. Und naja...Es sind doch vier Dinge: Die Vision war mega (siehe oben).

Ich wünsche Ihnen, dass Ihr vorläufiges Fazit ebenfalls vor allem positiv ausfällt, dass Sie die restlichen Wochen in diesem Jahr gut nutzen können und dass Sie über den Jahreswechsel viel Kraft tanken, um 2025 so richtig durchzustarten.

Ich überlege jetzt noch, ob ich dieses Jahr als Dracula oder böser Clown gehe.

Viel Spaß beim Lesen dieser Ausgabe.

David Löh

Chefredakteur der inspect
dloeh@wiley.com

OPTIK IST UNSERE ZUKUNFT



NEU TECHSPEC®

Edmund Optics® Objektive der UAV-Serie

Entwickelt für autonome Fahrzeuge & Drohnen

Kompakt | Leicht | 24,6 MP

- Kompakt und leicht mit geringer Bodenprobenentfernung (GSD)
- 24,6 Megapixel, f/2,8-Blende für hohe Auflösung
- Ideal für die Kartierung und Vermessung per Drohne, Luftbilddaufnahmen und Fotometrie

Erfahren Sie mehr unter:

www.
edmundoptics.de/
UAV



inspect
award 2024
winner

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

10 **Titelstory:**
Sensoren verbessern
Sicherheit und Effizienz
im Schienenverkehr
Sensortechnologien für
Zug und Gleis
Micro-Epsilon Messtechnik

26 **Flasche leer?**
Nicht mit Deep OCR
Optische Zeichenerkennung
in der Lebensmittelindustrie
MVTec Software



Topics

- 3 Editorial**
Halloween: Zeit der Rückbesinnung
David Löh
- 6 News**
- 50 Index | Impressum**
- 8 Erfolgreiche Premiere Embedded World North America: Ein Rückblick und Ausblick**
Interview mit Benedikt Weyerer, Executive Director der Embedded World
David Löh

inspect award 2024

- 10 1. Platz beim inspect award: Die All-in-one-Kameraserie IXG**
Interview mit Michael Steinicke, Baumer
- 11 2. Platz beim inspect award: das EHEDG-konforme Kameraschutzgehäuse**
Interview mit Peter Neuhaus, Autovimaton
- 12 3. Platz beim inspect award: die UAV-Objektivserie**
Interview mit Boris Lange, Edmund Optics
- 13 1. Platz beim inspect award: das Mini-Spektrometer C16767MA**
Interview mit Kilian Höfling, Hamamatsu

- 14 2. Platz beim inspect award: Laserdistanzsensoren der P3-Serie**
Interview mit Christoph Lang, Produktmanager bei Wenglor
- 15 3. Platz beim inspect award: der Radarimager**
Interview mit Roman Vracko, Head of Product Cluster Vision bei Balluff

Titelstory

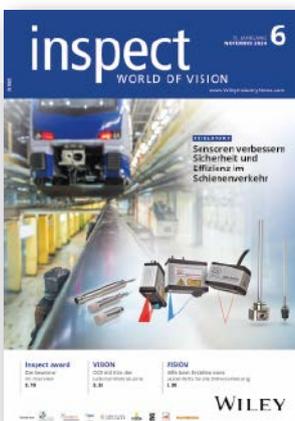
- 16 Sensoren verbessern Sicherheit und Effizienz im Schienenverkehr**
Sensortechnologien für Zug und Gleis
Micro-Epsilon Messtechnik

Basics

- 20 Hochgeschwindigkeitsschnittstelle beschleunigt in neuer Version**
Sensormodul und IP-Core schöpfen das Potenzial von SLVS-EC 3.0 voll aus
Andreas Breyer

Vision

- 22 Automatisierte Analyse von Frischwaren**
Hyperspektrale Bildverarbeitung für Anwender mit geringen Kenntnissen
Minna Törmälä
- 26 Flasche leer? Nicht mit Deep OCR**
Optische Zeichenerkennung in der Lebensmittelindustrie
MVTec Software



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



Nutzen Sie UNSER KOSTENFREIES EPAPER!

WWW.WILEYINDUSTRYNEWS.COM/PRINTAUSGABE

Partner von:



34

Messgerät verkürzt
Fertigungsprozesse von
Stunden auf Minuten
Lasertracking und
berührungslose
Messtechnik
Hexagon Metrology



Automatisierte hochflexible Roboterprüfzelle PRESTO für genaue und schnelle Messresultate.

28 Industriekameras fangen da an, wo andere Sensoren aufhören

Interview mit Roman
Vracko, Product Cluster
Manager Vision bei Balluff
Balluff

30 Hilfe beim Erstellen eines Lastenhefts für die Bildverarbeitung Neuer Entwurf der Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 VDMA Robotik + Automation

31 Modulare Balken- beleuchtungen mit bis zu 1 Million Lux und 2 Metern Länge Beleuchtungen für industrielle Anwendungen IIM

Automation

34 Messgerät verkürzt Fertigungsprozesse von Stunden auf Minuten Lasertracking und berührungslose Messtechnik Hexagon Metrology

36 Es muss nicht gleich eine Smartkamera sein Produkte für den Einstieg in die Welt der Bildverarbeitung Leuze electronic

Blick in die Forschung

39 Qualitätskontrolle in der Batterieproduktion und Kontrolle von Laser- ablation fürs Recycling Thomas Lübckemeier

40 Terahertz-Messtechnik zur Inspektion von Fahrzeugbatterien Qualitätssicherung für die Elektromobilität Fabian Friederich, Daniel Molter

42 Multimodale Fehler- erkennung in Laser- ablationsprozessen Prozessüberwachung mit- tels optischer und akusti- scher Daten Anitha Bhat Talagini Ashoka, Katharina Anding

Control

44 Modifikationsfreie Drehwinkel- und Dreh- momentenerfassung Berührungslose Mess- methoden für eine integrierte Messung von Drehzahl und Drehmoment Eike Lorenz, Niels Janson, Benjamin Küster

46 Effiziente Instandhaltung mittels Thermografie Wärmebildkameras helfen bei der Überwachung von Bahnfreileitungen und Umrichterwerken Frank Liebelt

Mehr erfahren





Bild: Imec

Imec trainiert KI mit Software-Framework

Mit Unterstützung der britischen Advanced Research and Invention Agency (ARIA) entwickelt imec ein prädiktives Software-Framework auf Systemebene für das Training großer KI-Modelle. Diese Simulationsplattform soll die Erforschung von Hardware und Technologie für das KI-Training erleichtern und ist der breiteren Forschungsgemeinschaft zugänglich.

Das Projekt zielt darauf ab, die Effizienz von KI-Trainingsprozessen zu verbessern, die umfangreiche Recheninfrastruktur erfordern und hohe Betriebskosten sowie CO₂-Emissionen verursachen. Imec nutzt seine Expertise in der System Technology Co-Optimization (STCO), um die Auswirkungen neuer Technologien auf die Gesamteffizienz zu verstehen und Herausforderungen wie Leistungs-/Wärmegrenzen, Speicherbeschränkungen und Bandbreitenengpässe zu bewältigen.

Dank einer ARIA-Förderung von 3 Millionen Pfund wird ein robustes DSE-Rahmenwerk geschaffen, das neue Technologiespezifikationen validiert und die Entwicklung optimaler System- und Technologiekonfigurationen für das KI-Training unterstützt.

www.imec.be



© Laser Components

Führungswechsel bei Laser Components UK

Nach 25 Jahren an der Spitze des Unternehmens tritt Chris Varney als Geschäftsführer von Laser Components UK in den Ruhestand und wird von Dan Barlow abgelöst, der die Rolle des General Managers übernimmt.

Barlow war seit Anfang des Jahres Vertriebsleiter bei Laser Components UK und bringt eine beeindruckende Erfolgsbilanz in der Photonikbranche mit. Er hält einen Abschluss als MPhys (Hons) und besitzt fast zwei Jahrzehnte Erfahrung in Märkten wie der Halbleiterindustrie, der industriellen Lasertechnik, der Faseroptik und der Optoelektronik sowie in verschiedenen Branchen wie den Biowissenschaften, der Luft- und Raumfahrt und dem Verteidigungssektor. Im Laufe seiner Karriere bekleidete er Führungspositionen bei etablierten Industrieunternehmen und innovativen Start-ups.

In seiner Zeit als Managing Director führte Chris Varney das Unternehmen von einem kleinen Vertriebsbüro zu einer angesehenen Größe in der britischen Photonikbranche. Unter seiner Leitung etablierte sich Laser Components UK als zuverlässiger Partner für Branchen, die fortschrittliche Technologielösungen benötigen, wie Quantentechnologie, Öl- und Gassensorik und Brandmeldetechnik.

www.lasercomponents.com

Zeiss Quality Innovation Summit erfolgreich zu Ende gegangen

Die globale Konferenz zu Innovationen und Fertigung in Berlin beschäftigte sich mit aktuellen Trends wie künstliche Intelligenz (KI), Automatisierung, Digitalisierung und Dekarbonisierung.

2.000 Experten, Entscheidungsträger und Innovatoren führender globaler Hersteller kamen in Berlin zum ersten „Zeiss Quality Innovation Summit“ zusammen, um zu diskutieren, wie Herausforderungen in Chancen verwandelt werden können. Drei Tage lang bot der Summit eine interaktive Plattform, auf der Branchenführer die neuesten Innovationen in der Messtechnik, Qualitätssicherung und globalen Fertigungstrends vorstellten.

Unter dem Motto „The Future of Metrology“ widmete sich die Veranstaltung den aktuellen Trends wie künstliche Intelligenz (KI), Automatisierung, Digitalisierung und Dekarbonisierung. Mehr als 50 Redner von Fertigungsunternehmen wie Siemens, Mercedes-Benz oder Foxconn gaben wertvolle Einblicke, wie diese Technologien genutzt werden können, um den sich schnell ändernden Anforderungen gerecht zu werden. Die Teilnehmer konnten von anderen Branchen lernen und sich mit Gleichgesinnten austauschen, während sie aus erster Hand einen Einblick in die neuesten Innovationen im Bereich der messtechnischen Hardware- und Softwarelösungen erhielten. www.zeiss.com



Neuer R&D Vice President bei Instrument Systems

Dr. Daniel Winters übernimmt zum 1. August 2024 die Leitung der Entwicklungsabteilung von Instrument Systems in München und erweitert als VP Research & Development die Führungsriege unter CEO Dr. Markus Ehbrecht und Managing Director Dr. Yuta Yamanoi.

Winters promovierte in Technischer Physik im Bereich Halbleitertechnologie und -messtechnik und bringt mehr als zwanzig Jahre Berufserfahrung in der Entwicklung von optischer Messtechnik mit. In seinen bisherigen Positionen war er als CEO und CTO für Trioptics USA sowie als Consultant für Hersteller von Optischen Systemen und Optischer Messtechnik tätig. Sein thematischer Schwerpunkt liegt auf den Bereichen AR/VR/MR und 3D-Sensing.

www.instrumentsystems.com



Bild: Instrument-Systems

Dr. Daniel Winters

AMA Innovationspreis 2025: Bewerbungen können ab sofort eingereicht werden



Gesucht werden wegweisende Forschungs- und Entwicklungsergebnisse aus der Sensorik und Messtechnik mit erkennbarer Marktrelevanz. Einsendeschluss ist der 23. Januar 2025. Bewerbungen können sich Einzelpersonen und Entwicklerteams, deren Lösungen durch ihre Innovation und wirtschaftliche Relevanz überzeugen. Der AMA Innovationspreis ist mit 10.000 Euro dotiert. Darüber hinaus können junge Unternehmen, die nicht länger als fünf Jahre am Markt sind, weniger als 50 Mitarbeiter beschäftigen und einen Jahresumsatz von maximal 10 Millionen Euro aufweisen, den Sonderpreis „Junges Unternehmen“ gewinnen. Der Gewinner erhält einen kostenfreien Messestand auf der Sensor + Test 2025.

Der AMA Innovationspreis wird seit 25 Jahren verliehen und zeichnet die Leistung der Entwickler und Entwicklerteams aus, unabhängig von den dahinterstehenden Firmen oder Institutionen. Die Jury, bestehend aus Experten aus Wissenschaft, Forschung und Industrie, bewertet die wissenschaftliche Qualität, den Innovationsgrad und die Marktaussichten der Einreichungen.

www.ama-sensorik.de



IFR ernannt neuen Präsidenten

Das Executive Board der International Federation of Robotics (IFR) hat Takayuki Ito zum Präsidenten gewählt. Gleichzeitig wurde Jane Heffner zur neuen Vizepräsidentin der IFR ernannt.

Takayuki Ito (Fanuc Corporation) folgt auf Marina Bill (ABB), die den rotierenden Posten seit 2022 innehatte. Ito blickt auf mehr als 40 Jahre Erfahrung in der Robotikbranche zurück. Aktuell arbeitet er als Chief Technical Advisor bei dem Roboterhersteller Fanuc Corporation in Oshino, Japan. Seit 1981 übernahm Takayuki Ito verschiedene Positionen bei FANUC: Im Jahr 1997 wurde er Executive Vice President für Fanuc Robotics in Nordamerika am Standort Detroit. Im Jahr 2002 kehrte er in die Fanuc-Zentrale in Japan zurück und übernahm die Rolle des General Managers für das Robot Technology Center.

Die neue Vizepräsidentin der IFR, Jane Heffner, hat mehr als 20 Jahre Erfahrung in technologieorientierten Branchen, darunter Robotik, Automation, Automobilbau sowie Luft- und Raumfahrt. Derzeit ist sie Vice President Global Sales bei Mobile Industrial Robots (MiR), einem führenden Hersteller von autonomen mobilen Robotern. In dieser Funktion ist Heffner von Detroit aus für die globale Vertriebsstrategie des Unternehmens verantwortlich. Bevor sie zu MiR kam, hatte Heffner Führungspositionen bei ABB Robotics und anderen großen Industrieunternehmen inne.



Takayuki Ito

Bild: IFR

www.WileyIndustryNews.com

Vision: komplett und systemintegriert



reddot winner 2023



- in Soft- und Hardware durchgängige, industrietaugliche Echtzeit-Bildverarbeitungslösung
- volle Synchronisation mit allen EtherCAT-basierten Maschinenprozessen
- reduzierter Verdrahtungsaufwand durch Einkabellösung EtherCAT P
- Kameras mit 2,5 GBit/s für die schnelle Bildübertragung
- C-Mount-Objektive mit montageorientiertem Design
- zukunftsichere Objektive durch Auslegung auf 2-µm-Pixelstruktur
- Korrektur der chromatischen Aberration bis in den nahen Infrarotbereich
- breites Portfolio EtherCAT-fähiger, präzise synchronisierbarer Multicolor-LED-Beleuchtungen
- maximale Flexibilität durch Bildkontrastanpassung zur Laufzeit und hohe Pulsleistungen
- Vision Unit Illuminated als kompakte Einheit aus Kamera, Beleuchtung und fokussierbarer Optik



Scannen und mehr über Beckhoff Vision erfahren

New Automation Technology **BECKHOFF**

Zur Premiere der Embedded World North America kamen über 3.500 Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Erfolgreiche Premiere

Embedded World North America: Ein Rückblick und Ausblick

Interview mit Benedikt Weyerer, Executive Director der Embedded World

In diesem Interview spricht Benedikt Weyerer über die erfolgreiche Premiere der Embedded World North America. Er hebt die internationale Beteiligung und die Highlights der Messe hervor, darunter die gut besuchte Konferenz und die inspirierenden Keynotes. Die nächste Embedded World North America findet im November 2025 statt.

inspect: Wie lief die erste Embedded World North America? Haben sich Ihre Erwartungen mit mehr als 190 Ausstellern und 3.500 Teilnehmern erfüllt?

Benedikt Weyerer: Wir freuen uns, dass die Embedded World North America (EWNA) so gut angenommen wurde. Der amerikanische Embedded-System-Markt ist stark und das hat man auch gemerkt – die Community hat die Premiere nicht nur gut angenommen, sondern sogar sehr gut unterstützt, indem sie zahlreich erschienen sind.

inspect: Was hat Sie ganz besonders gefreut?

Weyerer: „Worldwide“ ist bei der Embedded World nicht nur eine Phrase, sondern wird tatsächlich gelebt: Wir haben uns gefreut, neue Mitglieder der Embedded-Community in Austin begrüßen zu können und uns mit langjährigen Freunden und Partnern auszutauschen.

Die nächste Möglichkeit, die Community zu treffen, besteht übrigens vom 11. bis 13. März auf der Embedded World in Nürnberg.

inspect: Was waren die Ausstellungshighlights?

Weyerer: Die Besucher konnten in der Messehalle nicht nur ein breites Abbild der Embedded-System-Industrie erleben, sondern spürten auch wieviel Liebe zum Detail und Herzblut die Aussteller in die Gestaltung und den Aufbau der Stände stecken. Besonders schön fand ich, dass neben den Produktdemonstrationen auch Spiel und Spaß nicht zu kurz kamen.

inspect: Wie lief die begleitende Konferenz?

Weyerer: Die Embedded World North America Conference wurde von den Teilnehmern sehr gut angenommen und alle Sessions, Workshops und Vorträge wurden gut besucht. Im Anschluss hatten die Teilnehmer die Möglichkeit zum Austausch und haben diese für rege Gespräche genutzt.

Ein besonderes Highlight bildeten die hervorragenden Keynote Sessions von Kate Stewart, VP of Dependable Embedded Systems, The Linux Foundation, und den beiden

Speakern von Silicon Labs – Matt Johnson, CEO und Daniel Cooley, SVP and Chief Technology Officer.

inspect: Was werden Sie im kommenden Jahr bei der Konferenz ändern?

Weyerer: Wir möchten gerne die Embedded World North America Conference weiterentwickeln und die bestehenden Themen ausbauen. Hierbei sind wir natürlich immer auf das Interesse und die Mitarbeit der Community angewiesen: Dieses Jahr hatten wir beispielsweise mehr als 300 Einreichungen und konnten dadurch ein exzellentes Vortragsprogramm zusammenstellen. Wir sind immer gespannt, welche frische und überraschenden Ideen uns zugesendet werden und können deshalb erst nach der Sichtung der

Das Wichtigste kompakt

Die Embedded World North America (EWNA) war mit über 190 Ausstellern und 3.500 Teilnehmern ein großer Erfolg. Benedikt Weyerer, Executive Director der Messe Nürnberg, betont die starke Beteiligung der Embedded-Community. Die Messe bot zahlreiche Highlights, darunter eine gut besuchte Konferenz mit inspirierenden Keynotes. Für 2025 ist die EWNA in Anaheim, Kalifornien, geplant.



Neben der Ausstellung gehörte die begleitende Konferenz zu den Highlights der Messe. Im Bild: Keynote-Speakerin Kate Stewart mit Chairman der Konferenz Prof. Dr. Axel Sikora

Einreichungen eine Richtung des Konferenzprogramms festlegen.

inspect: Die Messe findet im kommenden Jahr erneut statt – was als gutes Zeichen im Sinne der Messe verstanden werden kann –, aber nicht mehr in Austin, Texas, sondern in Anaheim, Kalifornien. Außerdem rückt der Termin auf den 4. bis 6. November 2025, also um vier Wochen nach hinten. Warum?

Weyerer: Das hat ganz praktische Gründe: Das Austin Convention Center wird in den nächsten Jahren umgebaut und steht daher nicht mehr für die zweite EWNA zur Verfügung. Gemeinsam mit der Community haben wir uns auf die Suche nach einem neuen Standort für die Embedded World North America 2025 gemacht und uns für Anaheim, Kalifornien, entschieden. Der neue Termin hängt mit der Verfügbarkeit des Veranstaltungsorts zusammen.

inspect: Wenn eine Messe zum ersten Mal stattfindet, ist die Lernkurve sicherlich steil. Was waren die wesentlichen Aspekte, mit denen Sie gekämpft haben und was würden Sie im kommenden Jahr ändern?

Weyerer: Wir wollen zukünftig unsere Zusammenarbeit noch enger gestalten, um die Embedded World North America stärken und weiter-

entwickeln zu können. Die unterschiedlichen Zeitzonen waren für Terminfindungen und Absprachen im Vorfeld eine kleine Herausforderung, die wir aber sehr gut gemeistert haben.

inspect: Was können die Teilnehmer im kommenden Jahr von der 2. Embedded World North America erwarten?

Weyerer: Das genaue Messekonzept können wir noch nicht verkünden – grundlegend werden wir am Erfolgsmodell der Embedded World festhalten: Die Besucher und Aussteller können sich auf spannende Innovationen der Embedded-System-Branche und interessante Gespräche in den Messehallen sowie zukunftsgerichtete Vorträge der begleitenden Conference freuen.

Natürlich richten wir ein besonderes Augenmerk auf den nordamerikanischen Embedded-System-Markt und schneiden die Highlights der Messe auf diesen zu. ■

AUTOR

David Löh

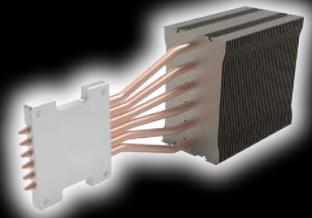
Chefredakteur der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN

NürnbergMesse GmbH, Nürnberg

Tel.: +49 911 8606 8830

E-Mail: embedded-world@nuernbergmesse.de



Effektive Kühlung im Bereich Mess- und Prüftechnik

Für jedes System die passende Lösung

Mehr Infos:



Die Stimmung auf der Embedded World North America war durchweg gut, sagen übereinstimmend Aussteller und Veranstalter.



1. Platz beim inspect award: Die All-in-one-Kameraserie IXG

Interview mit Michael Steinicke, Produktmanager bei Baumer

Anlässlich des inspect award 2024 spricht Michael Steinicke im Interview über die IXG-Industriekameras und deren „All-in-one“-Konzept. Dabei erläutert er die Vorteile davon, Beleuchtung, Optik und Schutzfunktionen in einem Gerät zu vereinen, die Bildverarbeitung aber weiter auf dem angeschlossenen Vision-PC auszuführen.



Mirko Benz (l.) und Michael Steinicke (r., beide Baumer) freuen sich über den ersten Platz des inspect award in der Kategorie Vision – auf der Vision überreicht von inspect-Chefredakteur David Löh (Mitte).

inspect: Was steckt hinter dem „All-in-one“-Gedanken der IXG-Industriekameras?

Michael Steinicke: Zum Bildeinzug gehören neben der Kamera immer auch Beleuchtung und Optik. Dazu kommen zum Teil auch weitere Anforderungen wie Schutz gegen Wasser und Staub sowie vor unberechtigtem Zugriff. Auch Flexibilität beim Arbeitsabstand sowie Befestigung und Wärmeableitung erfordern passende Lösungen. Integratoren und OEMs stecken viel Aufwand in die Integration von Einzelkomponenten für das Bilderfassungssystem. Zum Teil werden sogar spezielle Schutzgehäuse realisiert.

Wir möchten die Bilderfassung für ausgewählte Applikationen deutlich einfacher machen. Smart-Vision-Produkte beweisen, dass sich bereits viele Anwendungen mit Aufsicht in einem kompakten Design und mit einer überschaubaren Variantenzahl lösen lassen. Jedoch sind diese typisch mit einem spezifischen Userinterface und eigener Software verfügbar.

Mit der neuen IXG-Kamera kombinieren wir die Flexibilität und hohe Performance der PC-basierten Bildverarbeitung mit der einfachen Integrierbarkeit von Smart-Vision-Geräten. Der Kunde erhält alle Komponenten zur Bilderfassung optimal abgestimmt, hoch integriert und mit IP67 Schutzart in einem einzigen Gerät. Zentrale Elemente der PC-basierten Bildverarbeitung wie Verarbeitungseinheit und Auswertung können ohne Anpassung weiter genutzt werden – mit weiterhin nur einem Interface zum Anwender. Ist die IXG-Kamera geeignet, spart er bei Integration, Bauraum, Systemkosten und Lagerhaltung.

inspect: Welche zusätzlichen Funktionen bietet die IXG-Industriekamera für komplexere Applikationen?

Steinicke: Als Wichtigstes ist der integrierte, elektromechanische Autofokus zu nennen. Er ermöglicht eine Scharfstellung auch im Einbauzustand. Der Fokus ist auf Langzeitstabilität auch unter Erwärmung ausgelegt. Loswechsel auf ein anderes Produkt mit

neuer Fokussierung können somit wesentlich flexibler erfolgen.

Um Reflexionen zu verringern und die Prozesssicherheit zu erhöhen, lässt sich ein Polfilter aufklipsen. Sehr nützlich ist auch eine eingebaute Ziel-LED zum Ausrichten der Kamera auf die ungefähre Bildmitte, ohne das Bild sehen zu müssen. Ein integriertes Display stellt zusätzliche Informationen bereits am Gerät zur Verfügung. Da alle Funktionen der IXG durch GigE Vision Kommandos eingestellt werden, lassen sich alle Änderungen auch durch externe Software loggen – eine wichtige Anforderung in einigen Branchen.

inspect
award 2024
winner

inspect: Für welche Anwendungen und Umgebungen eignet sich die Kamera?

Steinicke: Die Kamera eignet sich für vielerlei Aufgaben wie

Anwesenheits- und Vollständigkeitsprüfungen, Identifikation und Qualitätsprüfung – beispielsweise in der Packaging- und Pharmaindustrie sowie im allgemeinen Maschinenbau. In Mehrkameraanwendungen profitieren Kunden vom deutlich geringeren Integrations- und Montageaufwand. Auch ein typischer Einsatzfall ist die Verwendung als zusätzlicher Satellit einer bestehenden PC-basierten Kameraapplikation zum Beispiel für hochgenaue Vermessungen. Im Vergleich zu einem gemischten Einsatz von PC-basierter Bildverarbeitung und Smartkameras mit eigener Software-Umgebung kann der bereits vorhandene Vision-PC die Bildverarbeitungsaufgabe gleich miterledigen und der Anwender behält sein System mit gewohnter Software und Benutzerschnittstellen.

inspect: Welche Innovation(en) stellen Sie im kommenden Jahr vor?

Steinicke: Bildverarbeitung soll noch einfacher und gleichzeitig performanter werden. Konkret arbeiten wir bei der IXG-Serie zum Beispiel an höheren Auflösungen, um Inspektionen mit größerer Genauigkeit umsetzen zu können. ■

AUTOR

David Löh

Chefredakteur der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN

Baumer Optronic, Radeberg

Tel.: +49 6031 6007 0

E-Mail: sales.de@baumer.com

www.baumer.com



2. Platz beim inspect award: das EHEDG-konforme Kameraschutzgehäuse

Interview mit Peter Neuhaus, Geschäftsführer von Autovimation

Im Interview erläutert Peter Neuhaus, Geschäftsführer von Autovimation, warum eine sichere und hygienisch einwandfreie Installation von Bildverarbeitungs-komponenten in der Lebensmittelproduktion so anspruchsvoll ist. Außerdem gibt er einen Ausblick auf kommende Produktinnovationen.

inspect: Welche Vorgaben erfüllt das hygienegerechte Montagesystem?

Peter Neuhaus: Unsere Hygieneschutzgehäuse und das entsprechende „Hygienic MV Building Kit“ erfüllen die strengen Hygienedesign-Anforderungen der EHEDG. Dazu gehört zum Beispiel die Abdichtung aller berührenden Flächen und Toträume, mindestens 3 mm Außen- und Innenradien und glatte, schräge Oberflächen, die eine leichte Reinigung und ein leichtes Abfließen von Flüssigkeiten gewährleisten. Alle Elastomere und Kunststoffe und selbst die Acrylscheiben erfüllen die einschlägigen FDA- und EU-Anforderungen für direkte Produktberührung und dürfen daher zum Beispiel keine Weichmacher enthalten, die sogar in unseren Lebensmittelverpackungen noch zugelassen sind.

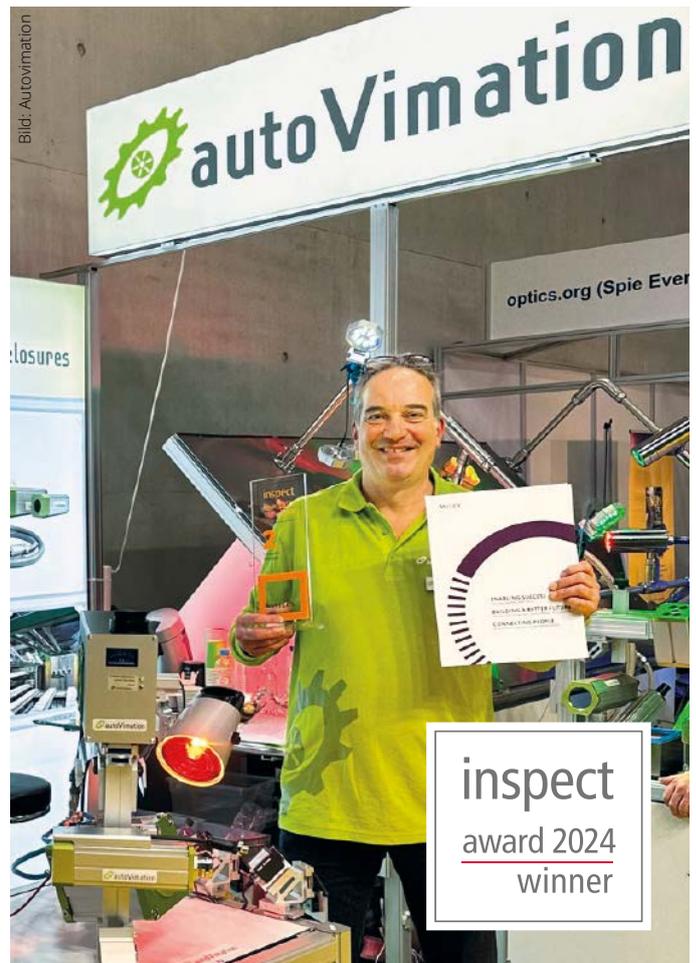
inspect: Warum ist die Installation von Kameras in der Lebensmittelproduktion besonders risikobehaftet?

Neuhaus: Die Kameratechnik ist in der Regel oberhalb des Produktstroms installiert. Hochdruck-Nassreinigung führt bei der abschließenden Reinigung zu Anhaftungen von Lebensmittelresten an der Kameratechnik. Durch eine ungeeignete Geometrie und Gestaltung von Kameragehäusen und deren Befestigungen können sich Keime bilden, die dann auf das Produkt zurücktropfen und dieses kontaminieren. Aus diesem Grund gelten für die Installation von Kameras über offenen Prozessen die gleichen strengen Regeln wie für direkte Produktberührung.

inspect: Aus welchen Komponenten besteht das hygienische Montagesystem?

Neuhaus: Das „Hygienic Building Kit“ beruht auf einem Edelstahlrohr- rahmen und passenden Verbindern mit robuster Innenklemmung und zusätzlicher Abdichtung, wodurch äußere Spalte vermieden werden. Mit Hygienefüßen zur Front- und Rückwandmontage, den 90°-Ellenbogen und T-Stücken lässt sich zum Beispiel leicht ein anforderungsge-rechter Montagebügel für Kameras über dem Förderband befestigen. Das Hygienegehäuse wird dann meist mithilfe des T-Stücks an dem Trägerrohr befestigt. Die Kamerakabel lassen sich hierbei verdeckt aus dem Gehäuse und über den Rohrrahmen direkt in den Schaltkasten führen. Alternativ kann die Kabelführung auch über Hygieneschutzschläuche durch die Gehäuserückwand oder das seitlich abgehende Gehäuse-Halterrohr erfolgen.

Durch die Modularität lässt sich die Kamerahalterung leicht an die individuelle Inspektionsaufgabe anpassen – auch eine Befestigung an Decke, Wand oder Boden ist problemlos möglich. Trotz Hygienedesign bestehen viele Justagemöglichkeiten, um alle Komponenten an der Anlage wunschgemäß auszurichten.



Peter Neuhaus, Geschäftsführer von Autovimation, mit Pokal auf seinem Messestand der Vision. Im Hintergrund ist die Messedemo des „Hygienic MV Building Kit“ zu erkennen.

inspect: Welche Innovation(en) stellen Sie im kommenden Jahr vor?

Neuhaus: Wir müssen endlich einmal die Zertifizierung unseres Ex-Schutzgehäuses „Tuatara“ abschließen, da solche Anwendungen gerade in staubigen Umgebungen häufiger sind, als man denkt. Ferner bringen wir jetzt ein „Lizard“-Gehäuse mit flexiblem Objektivschutz-tubus auf den Markt und das kostengünstige „Anti-Piraten-Sparrow-Gehäuse“ für einfache Anwendungen und kompakte Kameratechnik. Ansonsten werden unsere Kunden sicherlich wieder mit kreativen Produktideen auf uns zukommen, die wir dann versuchen werden zu erfüllen. ■

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN
Autovimation GmbH, Rheinstetten
Tel.: +49 721 6281373
E-Mail: sales@autovimation.com
www.autovimation.com

AUTOR
David Löh
Chefredakteur der inspect



3. Platz beim inspect award: die UAV-Objektivserie

Interview mit Dr. Boris Lange, Manager Imaging für Europa bei Edmund Optics

Die Festbrennweitenobjektive der UAV-Serie sind leicht, robust sowie thermisch stabil und damit besonders geeignet für Drohnen und autonome Fahrzeuge. Für das kommende Jahr plant der Hersteller, die verfügbaren Brennweiten und Vergrößerungen mehrerer Objektivserien auszubauen.

inspect
award 2024
winner

inspect: Welche besonderen Eigenschaften haben die Festbrennweitenobjektive der UAV-Serie?

Dr. Boris Lange: Die Festbrennweitenobjektive der UAV-Serie zeichnen sich durch ein kompaktes, leichtes und robustes Design aus, das speziell für die Anforderungen von Drohnen und autonomen Fahrzeugen entwickelt wurde. Sie bieten thermische Stabilität und sind extrem widerstandsfähig gegenüber harten Umgebungsbedingungen, einschließlich Temperaturschwankungen, Stößen und Vibrationen.

inspect: Für welche Anwendungen eignen sich die Objektive besonders?

Lange: Die Objektive der UAV-Serie wurden für Anwendungen wie Kartierung, Luftbildaufnahmen und Photogrammetrie optimiert. Diese Anwendungen erfordern oft eine hohe Bildqualität, Zuverlässigkeit und Stabilität unter erschwerten Bedingungen. Die Objektive bieten genau das und ermöglichen damit präzise und zuverlässige Ergebnisse selbst in extremen Einsatzumgebungen.

inspect: Warum sind herkömmliche Objektive für UAV- und autonome mobile Roboteranwendungen nicht ideal?

Lange: Herkömmliche Objektive wurden meist für statische Anwendungen entwickelt und sind den extremen Anforderungen in UAV- und autonomen Robotikanwendungen oft nicht gewachsen. Starke Vibrationen, schnelle Bewegungen und große Temperatur-



Ein stolzer Gewinner: Dr. Boris Lange, Manager Imaging für Europa bei Edmund Optics, mit Urkunde und Pokal des inspect award 2024.

schwankungen können herkömmliche Objektive schnell an ihre Grenzen bringen und die Bildqualität stark beeinträchtigen. Zudem sind sie in der Regel für kürzere Arbeitsabstände ausgelegt und lassen auch bei der Fokuserstellung die nötige Flexibilität vermissen. Die UAV-Serie hingegen ist speziell entwickelt, um auch in solchen herausfordernden Umgebungen zuverlässig zu arbeiten und eine stabile Bildqualität zu liefern.

inspect: Welche Vorteile bieten die UAV-Serienobjektive in Bezug auf Gewicht und Robustheit?

Lange: UAV-Serienobjektive sind besonders leicht und dennoch sehr robust, was sie ideal für den Einsatz in Drohnen und autonomen Fahrzeugen macht, wo jedes Gramm zählt und gleichzeitig eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Stöße und Vibrationen gefragt ist. Diese Eigenschaften tragen nicht nur zur Langlebigkeit bei, sondern sorgen auch dafür, dass die Drohnen oder Fahrzeuge energieeffizienter und länger betrieben werden können.

inspect: Welche Innovation(en) stellen Sie im kommenden Jahr vor?

Lange: In den letzten beiden Jahren haben wir bereits einige spannende neue Produktserien auf den Markt gebracht, darunter die UAV-Serie, unsere neue Mikroskopie-Objektiv-Reihe sowie eine Serie, die speziell auf Anwendungen im Logistikbereich ausgerichtet ist. Im kommenden Jahr werden wir uns darauf konzentrieren, die verfügbaren Brennweiten und Vergrößerungen in diesen Bereichen weiter auszubauen. Zu komplett neuen Produktlinien und Innovationen möchten wir an dieser Stelle aber noch nichts verraten.

AUTOR

David Löh

Chefredakteur der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN

Edmund Optics GmbH, Mainz

Tel.: +49 6131 57000

E-Mail: sales@edmundoptics.eu



1. Platz beim inspect award: das Mini-Spektrometer C16767MA

Interview mit Kilian Höfling, Sales Engineer der Academic-Gruppe bei Hamamatsu

Im Interview erklärt Kilian Höfling, warum das Mini-Spektrometer C16767MA den ersten Platz beim inspect award 2024 verdient gewonnen hat. Die bemerkenswerteste davon: Durch seine geringe Größe ermöglicht es Messgeräte, die Spektralanalysen direkt vor Ort ermöglichen anstatt im Labor.

inspect: Für welche Anwendungen eignet sich das Mini-Spektrometer C16767MA besonders gut?

Kilian Höfling: Das C16767MA eignet sich aufgrund seiner kompakten Geometrie hervorragend zur Integration in verschiedene Arten von portablen Messgeräten, die einen breiten Anwendungsbereich umfassen können. Im Wesentlichen können Anwenderinnen und Anwender Ihrer Innovation hier freien Lauf lassen. Um nur ein paar Beispiele zu nennen, können nach Integration in ein passendes Gerät chemische Analysen im Bereich der Wasserqualitätsmessungen oder der Lebensmittelkontrolle direkt am Ort der Probenentnahme vorgenommen werden.

inspect: Welche Wellenlängen kann das C16767MA auflösen und messen?

Höfling: Unser Spektrometer-Kopf C16767MA ist im Vergleich zu seinen Vorgängern speziell für den UV-Bereich entwickelt worden. Mit unserer firmeneigenen MEMS-Technologie löst der Sensor Wellenlängen im Bereich von 190 bis 440 nm mit einer spektralen Auflösung von typischerweise 5 nm auf.

inspect: Welche technischen Verbesserungen wurden am Zeilensensor des C16767MA vorgenommen, um die UV-Sensitivität zu erhöhen?

Höfling: Wie Ihre Frage zurecht insinuiert, hängt die Messqualität von C16767MA im Wesentlichen von den Eigenschaften des verbauten Zeilensensors ab, der zur Detektion der zuvor aufgespaltenen Lichtanteile genutzt wird. Bisher galt dabei: je kürzer die Wellenlänge, desto schlechter die Empfindlichkeit des Sensors und damit auch die des Spektrometers. Das beschränkte die Einsatzmöglichkeiten unserer Spektrometer-Köpfe im Wesentlichen auf Analyseaufgaben im vorwiegend sichtbaren Spektralbereich. Für das neue Spektrometer wurde die photosensitive Fläche des integrierten Zeilensensors hinsichtlich seiner UV-Beständigkeit verbessert und somit die UV-Sensitivität signifikant erhöht. Daneben konnte das Beugungsgitter in seiner Form optimiert werden, was die Auflösung spürbar erhöht. Außerdem ist es durch ein spezielles Fertigungsverfahren gelungen, einen Filter auf dem Zeilensensoren zu implementieren, der das Streulicht unterdrückt, welches bei der spektralen Aufspaltung des Lichts am Gitter entsteht.

inspect: Welche zusätzlichen technischen Besonderheiten bietet das C16767MA im Vergleich zu anderen Spektrometern?

Höfling: Aufgrund der vorher geschilderten technischen Innovationen am Sensor, ist es gelungen die Sensitivitätseigenschaften und die



Dr. Christoph Seibel, Hamamatsu, direkt nach der Prämierung auf der Vision-Messe. Das Minispektrometer C16767MA gewann den 1. Platz beim inspect award.

spektrale Auflösung im ultravioletten Bereich des elektromagnetischen Spektrum spürbar zu erhöhen. Da die Aussagekraft wissenschaftlicher Ergebnisse in allen Anwendungsbereichen wesentlich von diesen Parametern abhängt, tragen diese technischen Neuerungen auch direkt zur verbesserten Wissensbildung und einer höheren Aussagekraft der gewonnenen Daten bei, die mit dem bisherigen Stand der Technik erhoben werden konnten. ■

AUTOR

David Löh

Chefredakteur der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN

Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH,

Herrsching

Tel.: +49 8152 3750

Fax: +49 8152 2658

www.hamamatsu.com



2. Platz beim inspect award: Laserdistanzsensoren der P3-Serie

Interview mit Christoph Lang, Produktmanager bei Wenglor

Christoph Lang, Produktmanager bei Wenglor, spricht im Interview anlässlich des inspect award über die P3-Sensoren, die Distanzen bis zu 1.000 mm messen können. Sie eignen sich für anspruchsvolle Anwendungen, beispielsweise in der Automobilbranche. Lang gibt zudem einen Ausblick auf kommende Innovationen, bei denen der Fokus auf Benutzerfreundlichkeit und drahtlose Schnittstellen liegen soll.

inspect: Wie genau sind die Messergebnisse der P3-Sensoren und welche Distanzen können sie messen?

Christoph Lang: Die P3-Sensoren sind hochpräzise Laserdistanzsensoren, die nach dem Triangulationsprinzip arbeiten. Sie bieten eine hohe Genauigkeit mit einer Linearitätsabweichung von nur 40 µm – das entspricht in etwa der Dicke eines Haares. Diese Sensoren können Distanzen bis zu 1.000 mm messen und sind damit ideal für Anwendungen, die sowohl eine hohe Präzision als auch größere Messbereiche erfordern.

inspect: Was hat es mit der Triple-A-Technologie auf sich?

Lang: Mit der Triple-A-Technologie werden drei technologische Bausteine integriert, die das Leistungsvermögen der Sensoren auf ein neues Level heben. Die „Aspheric Dual Lens“, also zwei speziell geformte asphärische Linsen, sorgen für eine verbesserte Abbildung des Laserlichtflecks und erhöhen somit die optische Präzision. Die „Adaptive Autoexposure“ ermöglicht das automatische Anpassen der Belichtungszeit des CMOS-Chips. Dadurch können sowohl helle als auch dunkle Objekte unabhängig vom Material ideal belichtet werden, um gute Ergebnisse zu erzielen. Die „Active Temperature Control“ sorgt für einen temperaturstabilen Betrieb. Mehrere im Gehäuse integrierte Temperatursensoren messen dauerhaft die Innentemperatur. Der Nutzen: Die bei CMOS-Sensoren übliche Warmlaufzeit verkürzt sich deutlich im Vergleich zu anderen Sensoren dieser Art. Durch die Triple-A-Technologie werden die P3-Sensoren nicht nur genauer, sondern auch schneller und leistungsfähiger.

inspect: Welche Anwendungsgebiete sind besonders gut für die P3-Sensoren geeignet?

Lang: Die P3-Sensoren sind besonders gut für anspruchsvolle Anwendungen in der Automobilbranche geeignet, da sie mit hoher Präzision arbeiten und materialunabhängig sind. Das macht sie ideal für die Erkennung von Objekten, wie Autolacke, glänzende Oberfläche und dunkle Kunststoffteile, bei denen herkömmliche Sensoren oft an ihre Grenzen stoßen. Weitere Anwendungsgebiete finden sich in der Holz-, Elektro- und Verpackungsindustrie sowie in der Montage- und Robotertechnik.

Darüber hinaus sind die P3-Sensoren dank ihres robusten Aluminiumgehäuses für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen geeignet. Sie bieten eine hohe mechanische Festigkeit sowie Stabilität und sind mit Schutzart IP67 auch wasserdicht.

inspect: Welche Innovation stellen Sie im kommenden Jahr vor?

Lang: Im kommenden Jahr werden mehrere Produktserien auf den neuesten Stand der Technik gebracht und mit neuen Features ausgestattet. Dabei wird besonderen Wert auf Benutzerfreundlichkeit und einfache Bedienung gelegt. Das Ziel ist es, dass die Sensoren so intuitiv sind, dass Kunden sie ohne Anleitung bedienen können. Ein Schwerpunkt liegt auf der Integration von drahtlosen Schnittstellen, um die Handhabung und Installation noch effizienter zu gestalten. ■



inspect
award 2024
winner

Bild: Wenglor

Patrick Oelze (l.), Leitung Marketing, und Christoph Lang, zuständiger Produktmanager, freuen sich über den inspect award 2024 für die P3-Laserdistanzsensoren.

AUTOR
David Löh
Chefredakteur
der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN
Wenglor Sensoric elektronische
Geräte GmbH, Tetttnag
Tel.: +49 7542 53990
Fax: +49 7542 5399988
E-Mail: info@wenglor.com
www.wenglor.com



3. Platz beim inspect award: der Radarimager

Interview mit Dr. Matthias Hoffher, Produktmanager bei Balluff

Im Interview erläutert Dr. Matthias Hoffher die Bildgebungstechnologie des Radarimagers. Diese nutzt elektromagnetische Wellen, die durch nichtleitende Materialien wie Kunststoff oder Pappe dringen und Fremdstoffe in deren Inneren zu detektieren. Damit eignet sich das Gerät für Anwendungen in der industriellen Qualitätskontrolle, insbesondere in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

inspect: Wie funktioniert die Bildgebung des Radarimagers und welche Anwendungen ermöglicht sie?

Matthias Hoffher: Der Radarimager arbeitet mit elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich zwischen Mikrowellen und Infrarot. Diese Wellen durchdringen nichtleitende Materialien und ermöglichen die Detektion von Objekten durch die Messung der Amplitudenreduktion und Laufzeitdifferenzen. Die Software des Systems wandelt diese Daten in kontinuierliche Bildstapel um, die den gesamten Bereich unter dem Sensor abdecken. Diese Technologie ermöglicht Anwendungen in der industriellen Qualitätskontrolle, wie zum Beispiel die Prüfung von Verpackungen auf Vollständigkeit, Unversehrtheit oder das Aufspüren von Fremdkörpern.

inspect: Welche Materialien kann der Radarimager durchleuchten und welche Arten von Objekten kann er detektieren?

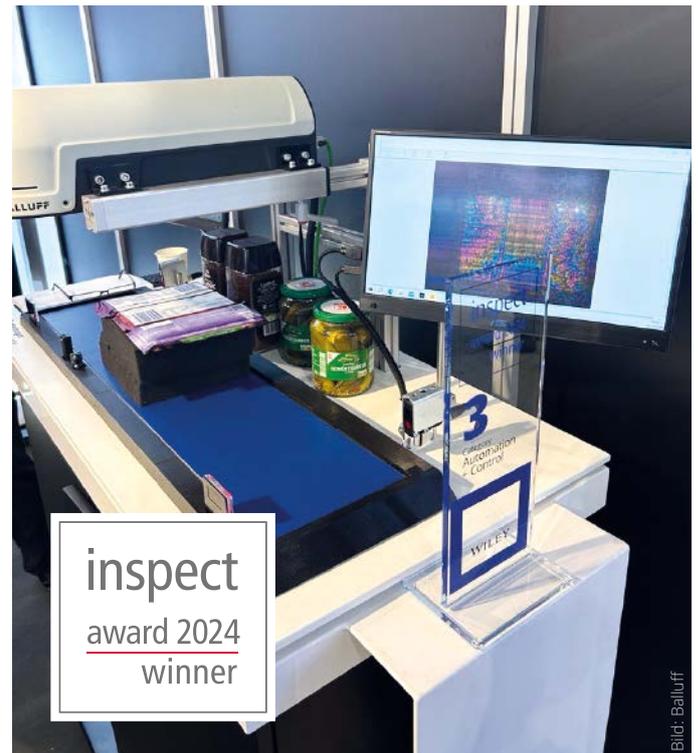
Hoffher: Der Radarimager kann dielektrische Materialien wie Folien, Kartonagen und Kunststoffe, aber auch andere Materialien wie Textilien und gewisse Lebensmittel durchleuchten. Metallische Gegenstände und Flüssigkeiten können detektiert und somit ebenfalls erfasst werden. Der Sensor kann Fremdkörper wie Metallpartikel sowie Füllstände erkennen und auch die Oberflächenbeschaffenheit verschiedener Materialien erfassen.

inspect: Inwiefern ist der Radarimager eine Alternative zu aktuell eingesetzten Technologien?

Hoffher: Im Vergleich zu herkömmlichen optischen Systemen, die viele Verpackungsmaterialien nicht durchdringen können, und Röntgeninspektionssystemen, die Schutzmaßnahmen und Strahlenbeauftragte erfordern, bietet der Radarimager eine einfachere und sicherere Alternative. Er ist besonders vorteilhaft für den Einsatz in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie, da er nicht nur die Unversehrtheit von Verpackungen überprüft, sondern auch Fremdkörper detektieren kann, die von Röntgensystemen nicht zuverlässig erkannt werden.

inspect: Welche Effizienzvorteile bietet der Einsatz des Radarimagers in industriellen Anwendungen?

Hoffher: Der Radarimager lässt sich in bestehende Produktionslinien integrieren, ist wartungsfrei und arbeitet auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen wie Staub, Rauch oder Luftfeuchtigkeit zuverlässig. Die kontinuierliche Überwachung des Fertigungsprozesses und die genaue Rückverfolgbarkeit der Fehler reduzieren Ausfallzeiten



Im Vergleich zu herkömmlichen optischen Systemen, die viele Verpackungsmaterialien nicht durchdringen können, und Röntgeninspektionssystemen, die Schutzmaßnahmen und Strahlenbeauftragte erfordern, bietet der Radarimager eine einfachere und sicherere Alternative. Belohnt wurde diese Innovation mit dem dritten Platz beim inspect award 2024.

und Produktionskosten. Da der Radarimager über dem Förderband platziert wird, spart er zudem Platz in der Produktionslinie und trägt zur Effizienzsteigerung bei.

inspect: Welche Innovation(en) stellen Sie im kommenden Jahr vor?

Hoffher: Im kommenden Jahr plant Balluff, sein Portfolio im Bereich der Radartechnologie weiter auszubauen. Darüber hinaus wird auch die im Radarimager verwendete Technologie stetig weiterentwickelt, um weiter neue Maßstäbe in der Qualitätskontrolle zu setzen. ■

AUTOR

David Löh

Chefredakteur der inspect

KONTAKT ZUM UNTERNEHMEN

Balluff GmbH, Neuhausen

Tel.: +49 7158 173-555

E-Mail: sales.de@balluff.de

www.balluff.com

Zur Überwachung und Instandhaltung von Zügen und Gleisen kommen zahlreiche Sensoren von Micro-Epsilon zum Einsatz. Die Anwendungsbereiche der Sensortechnologien sind vielfältig – von der optischen Vermessung von Antriebswellen, Bremscheiben und Radreifen bis hin zur Verschleißmessung von Schienen.



Sensoren verbessern die Sicherheit und Effizienz im Schienenverkehr

Sensortechnologien für Zug und Gleis

Laser- und induktive Sensoren vereinfachen die Wartung von Schienenfahrzeugen, indem sie den Verschleiß an Rädern und Schienen präzise messen. So sorgen diese Technologien für mehr Sicherheit und geringere Wartungskosten im Schienenverkehr.

Die Nachfrage nach schnellen und effizienten Transportmöglichkeiten ist hoch. Im Jahr 2023 beispielsweise absolvierte die Bahn rund 1,8 Milliarden Fahrten allein in Deutschland. Der fortwährende Neu- und Umbau von Gleisstrecken, die steigende Schienennetauslastung und die zunehmende Geschwindigkeit moderner Züge fordern innovative Lösungen, um die Sicherheit im Personen- und Güterverkehr sicherzustellen. Hier kommt Sensortechnologie von Micro-Epsilon ins Spiel, die eine wichtige Rolle in der Instandhaltung und Überwachung der Bahninfrastruktur einnimmt.

Sensoren des Herstellers sorgen für mehr Sicherheit im Personen- und Güterverkehr.

Die Anwendungsbereiche der Sensortechnologien sind vielfältig – von der optischen Vermessung von Antriebswellen, Bremscheiben und Radreifen bis hin zur Verschleißmessung von Schienen. Diese hochgenauen Messungen liefern essenzielle Daten, die zur Früherkennung von Abnutzungserscheinungen und potenziellen Gefahrenquellen beitragen. Unter anderem sind die Prüfung der Ovalität von Radsätzen und die Radreifenprofilmessung am Prüfstand entscheidend, um Unregelmäßigkeiten zu identifizieren, die unerkannt zu Unfällen führen könnten. In Triebwägen und Wagnen überwachen Sensoren Parameter am Lager.

Das Wichtigste kompakt

Sensoren von Micro-Epsilon ermöglichen die präventive Wartung von Schienenfahrzeugen, indem sie den Verschleiß von Rädern und Schienen messen. Zum Beispiel erfasst ein Prüfstand im Gleisbett präzise Daten zur Bestimmung des Zustands. Diese helfen bei der Planung von Wartungsarbeiten, erhöhen die Sicherheit und senken die Kosten. Außerdem überwachen Laser- und induktive Sensoren den Zustand von Hochgeschwindigkeitstrassen, Achslagern oder Hydraulikzylindern, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten.

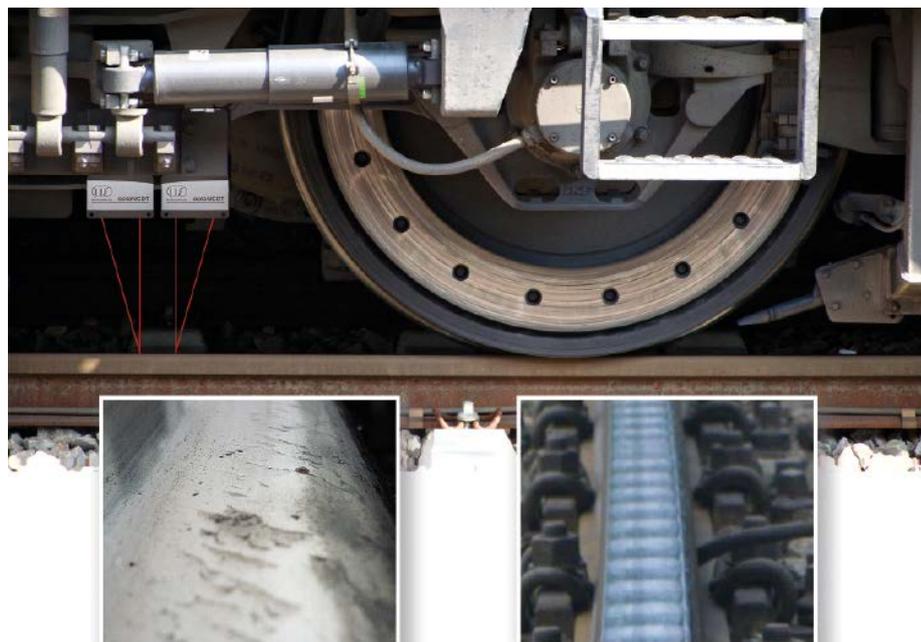
Präventive Wartung von Schienenfahrzeugen mit Lasersensoren

Der Einsatz von Schienenfahrzeugen führt bei hohen Laufleistungen unweigerlich zu Radverschleiß, der nicht nur die Sicherheit und Fahreigenschaften beeinträchtigt, sondern auch erhebliche Instandhaltungskosten nach sich zieht. Um dieser Tatsache effektiv zu begegnen, nutzen Anwender Technologien, wie die Lasersensoren von Micro-Epsilon, die eine präventive Überwachung und Wartung ermöglichen.

So ist ein speziell konzipierter Prüfstand ins Gleisbett integriert. Er besteht aus drei quer zur Fahrtrichtung hintereinander angeordneten Wannen. In den Wannen 1 und 3 sind jeweils zwei Opto-NCDT-Laser-Abstandssensoren installiert, die den Raddurchmesser und die Position des Radreifens präzise erfassen. Diese Sensoren sind entscheidend für die Bestimmung des aktuellen Verschleißzustandes der Räder.

Die mittlere Wanne 2 ist mit Laser-Profilensensoren der Reihe Scancontrol bestückt, die für die detaillierte Messung des Radprofils zuständig sind. Durch halbseitige Aussparungen in den Schienen können diese Sensoren die Oberfläche der Radreifen genau scannen und somit ein vollständiges Profil des Radzustandes erstellen.

Die gewonnenen Daten aus diesen Messungen sind relevant für die Festlegung der

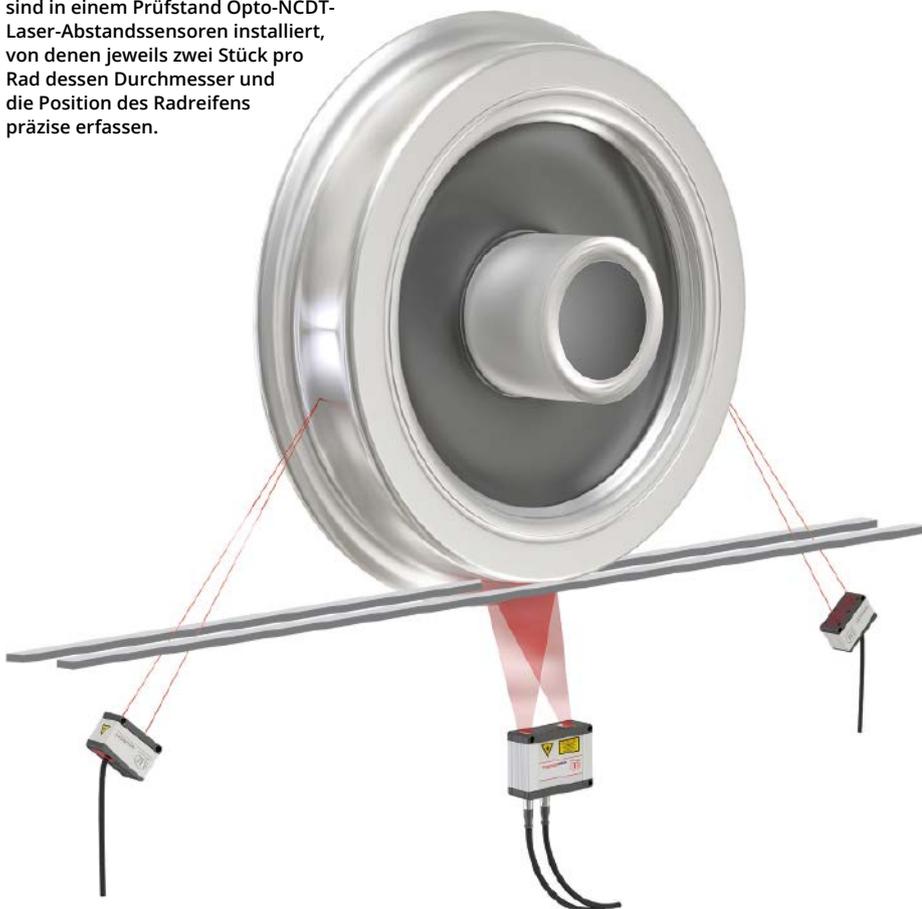


Um den Verschleiß auf Hochgeschwindigkeitstrassen zu erfassen, inspizieren spezielle Messwagen die Gleise.

Wartungstermine. Sie ermöglichen eine datengestützte Planung der Reprofilierungsarbeiten, bevor kritische Verschleißgrenzen erreicht werden. Das erhöht die Sicherheit und senkt die Kosten durch frühzeitige und gezielte Instandhaltungsmaßnahmen

erheblich. Dieser proaktive Ansatz in der Wartung von Schienenfahrzeugen ist somit einen entscheidenden Schritt hin zu einer effizienteren und sichereren Betriebsführung im Schienenverkehr.

Um den Verschleiß am Rad zu prüfen, sind in einem Prüfstand Opto-NCDT-Laser-Abstandssensoren installiert, von denen jeweils zwei Stück pro Rad dessen Durchmesser und die Position des Radreifens präzise erfassen.



Verschleißmessungen an Schienen und Hochgeschwindigkeitstrassen

Steigende Auslastungen von Zügen und Straßenbahnen führen zu erhöhtem Verschleiß an den Schienen. Der Verschleiß am Schienenkopf ist ein äußerst wichtiger Parameter, um den Zustand von Schienen zuverlässig zu beurteilen. Um das Profil des Schienenkopfs zu prüfen, werden Laser-Profilscanner der Scancontrol-Serie eingesetzt, die in Messwagons integriert sind. Diese können den Zustand der Gleisköpfe auch bei hohen Geschwindigkeiten erfassen. Die bei Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h aufgezeichneten Profildaten werden mit Sollprofilen verglichen. Bei Abweichungen von der definierten Toleranz werden die entsprechenden mittels GPS ermittelten Koordinaten in einer Karte markiert. Auf Basis dieser Informationen können gezielt Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden.

Um den Verschleiß auf Hochgeschwindigkeitstrassen zu erfassen, inspizieren spezielle Messwagen die Gleise. Im Messwagen befinden sich zwei Laser-Wegsensoren der Serie Opto NCDT 1900. Diese

messen mit hoher Messrate den Abstand zum Gleis. Beim Einsatz der Standardmodelle mit kleinem Laserpunkt lassen sich Ausbrüche und Fehlstellen mit hoher Auflösung ortsgenau erfassen. Dadurch werden Verschleiß, Ausbrüche und Schlupfwellen ermittelt.

Die Opto-NCDT-LL-Sensoren nutzen eine kleine Laserlinie, durch die Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche kompensiert werden



Die induktiven Wegsensoren der Serie Indusensor EDS sind dafür konzipiert, den Hub des Hydraulikzylinders, der das Getriebe der Lokomotive steuert, genau zu messen und so den Zustand der Kupplung zu überwachen.

und so geglättete Messwertkurven generiert werden. Dies eignet sich besonders zur Ermittlung des Längstrends. Die robusten Sensoren bieten eine hohe Messgenauigkeit und zeigen sich gegenüber Reflexionen und Umgebungslicht unempfindlich.

Ebenheitsprüfung an Gleisen mit Laser-Mikrometern

Ebenheit und Durchbiegung der Gleise sind kritische Faktoren für Sicherheit und Effizienz im Schienenverkehr. Um diese Parameter präzise zu überwachen, setzen Bahnbetreiber auf fortschrittliche Messtechnologien wie die Präzisionsmikrometer Optocontrol. Diese sind für die Anforderungen im Eisenbahnbereich konzipiert und ermöglichen eine hochgenaue Messung der Gleisgeometrie. Die Sensoren werden in einen Prüfwagen integriert und erfassen das Gleis an mehreren wichtigen Punkten. Diese Methode ermöglicht es, die Ebenheit und mögliche Durchbiegungen des Gleises zuverlässig zu bestimmen.

Ein wesentlicher Vorteil der Präzisionsmikrometer besteht darin, dass sie unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des Gleises funktionieren. So sind auch unter schwierigen Bedingungen, wie bei Nässe oder Verschmutzung, präzise Messungen möglich. Zudem lässt sich der Abstand der Mikrometer zueinander variieren, was eine flexible Anpassung an Messaufgaben und Gleisgeometrien ermöglicht.

Die Sensoren sind dabei sehr vielseitig, sodass sie für verschiedene Variationstiefen eingesetzt werden können, ohne dass zusätzliche Systeme erforderlich sind. Dies reduziert die Komplexität und Kosten für die Ausrüstung und Wartung der Messsysteme.

Optimierung der Lageregelung in hydrodynamischen Kupplungen durch induktive Wegsensoren

In dieselhydraulischen Antriebssystemen von Lokomotiven spielt die präzise Hubmessung

von Hydraulikzylindern eine entscheidende Rolle für die Sicherheit und Effizienz des Betriebs. Die induktiven Wegsensoren der Serie Indusensor EDS werden zur Überwachung dieser kritischen Parameter eingesetzt. Diese Sensoren sind dafür konzipiert, den Hub des Hydraulikzylinders, der das Getriebe der Lokomotive steuert, genau zu messen und so den Zustand der Kupplung zu überwachen.

Der induktive Langwegsensor ist eine Schlüsselkomponente im Sicherheitsmanagement des Antriebssystems. Er erkennt die ungewollte Traktion der Lokomotive, was insbesondere während Wartungsarbeiten oder bei der Anwesenheit von Rangierern in der Nähe der Lokomotive von größter Bedeutung ist. Die Sicherheitsvorschriften bedingen, dass das Getriebe vollständig ausgekuppelt ist, bevor Arbeiten in der Nähe der Lokomotive durchgeführt werden können. Die induktiven Sensoren sorgen dafür, dass diese Bedingung erfüllt ist, indem er den genauen Kupplungszustand über den Kolbenhub des Hydraulikzylinders ermittelt.

Die Indusensor-EDS-Modelle sind zudem speziell für den Einsatz in rauen Umgebungen konzipiert. Ihre Unempfindlichkeit gegenüber Öl und Druck macht sie zum geeigneten Messsystem für die Integration direkt im Hydraulikzylinder. Diese Robustheit bietet eine zuverlässige Leistung auch unter den anspruchsvollsten Bedingungen und senkt das Risiko von Fehlfunktionen, die zu unsicheren Betriebszuständen führen könnten.

Wirbelstromsensoren messen den Lagerspalt in Hochgeschwindigkeitszügen

Die zuverlässige Funktion von Achslagern ist entscheidend für den sicheren und effizienten Betrieb von Hochgeschwindigkeitszügen. Eine Schlüsselkomponente ist hierbei der Ölfilm im Lagerspalt, der den direkten Kontakt zwischen der Lagerfläche und der Welle verhindert. Dieser Film sorgt für ausgezeich-

nete Gleiteigenschaften, die nicht nur den Wirkungsgrad des Zuges erhöhen, sondern auch die Lebensdauer der Lagerkomponenten verlängern.

Um die Integrität dieses kritischen Ölfilms kontinuierlich zu überwachen, kommen induktive Sensoren auf Wirbelstrombasis der Reihe Eddy NCDT zum Einsatz. Diese messen die Dicke des Ölfilms im Lagerspalt präzise und dies auch unter den anspruchsvollen Bedingungen, die im Betrieb von Hochgeschwindigkeitszügen vorherrschen.

Die Messwerte dieser Sensoren werden in Echtzeit erfasst und direkt in die Steuerungssysteme der Züge integriert. Diese Integration ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung und schnelle Reaktionsmöglichkeiten bei Abweichungen von den optimalen Bedingungen. Die robuste Bauweise der Micro-Epsilon Wirbelstromsensoren sorgt für mikrometergenaue Messwerte auch unter hohen Belastungen, wie sie durch Öldruck und hohe Betriebstemperaturen entstehen können.

Der Einsatz dieser Wirbelstromwegsensoren ist eine effiziente und zuverlässige Lösung, um die Betriebssicherheit von Hochgeschwindigkeitszügen zu optimieren. Durch die präzise Überwachung des Lagerspalts können frühzeitig potenziell auftretende Probleme identifiziert und entsprechende Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden. ■

KONTAKT
Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG,
Ortenburg
Tel.: 08542 1680
Fax: 08542 16890
www.micro-epsilon.de

Digitale Events

2025



12. März 2025: Robotiktag

Roboter sind aus der Industrie nicht mehr wegzudenken und werden in einigen Jahren auch in kleinen und mittleren Unternehmen sowie im Handwerk Einzug halten. Unsere Webinare zeigen Ihnen, wie Sie am besten in die Welt der Robotik einsteigen und warum jetzt der richtige Zeitpunkt ist.

16. April 2025: Messtechnik & Fertigungskontrolle

Hohe Qualitätsstandards und die Optimierung der Produktionseffizienz stehen im Mittelpunkt moderner Fertigungsprozesse. Beides ist für Hersteller entscheidend, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Bei dieser Veranstaltung geht es daher um Messtechnik, Produktionssoftware und Bildverarbeitung – kurz: um Technologien, die helfen, Ihre Produktion zu optimieren.

4. Juni 2025: Maschinelles Sehen, Robotik und KI kombiniert

Nur Roboter, die sehen können, sind in der Lage, komplexe Aufgaben wie die Kommissionierung von Behältern oder die Handhabung von unsortierten Gegenständen auf Förderbändern auszuführen. Kameras liefern diesen Sehnsinn. In Kombination mit künstlicher Intelligenz ist die Bandbreite der Anwendungen immens.

25. Juni 2025: Podiumsdiskussion: Was waren die größten Trends auf der Automate?

Auf der Automate, der größten Automatisierungsmesse Nordamerikas, waren wieder zahlreiche innovative Produkte zu sehen oder wurden sogar erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. Die Expertenrunde diskutiert die Highlights und Technologietrends, die sich auf der Messe abzeichneten.

Haben Sie eine spannende Innovation, die Sie Ihrer Zielgruppe vorstellen möchten?

Möchten Sie auf einer großen Bühne über relevante Branchenthemen sprechen?

Haben Sie Expertenwissen, das Sie gerne weitergeben möchten?

Dann sind die digitalen Events von inspect und messtec drives Automation genau das Richtige für Sie. Damit erreichen Sie über 200.000 Bildverarbeitungsanwender und -integratoren, Ingenieure, Automatisierungsspezialisten und Maschinenbauer weltweit.

Interessiert? Dann sprechen Sie uns an.

Zusätzlich zu diesen Veranstaltungen planen wir mit Ihnen auch gerne ein individuelles Webinar zu einem Zeitpunkt und zu einem Thema, das am besten zu Ihrem Marketingplan passt.

Sylvia Heider
Media Consultant
Tel.: +49 6201 606 589
sheider@wiley.com



Birdie Ghiglione
Sales Development Manager
Tel.: +1 206 677 5962
bghiglione@wiley.com

Hochgeschwindigkeitsschnittstelle beschleunigt in neuer Version

Sensormodul und IP-Core schöpfen das Potenzial von SLVS-EC 3.0 voll aus

Der Bildsensor ist das Herzstück eines jeden Bildverarbeitungssystems. Alle Vision-Systeme und damit auch Anwendungen mit dem High-Speed-Interface SLVS-EC 3.0 müssen sich jedoch mit der grundlegenden Frage auseinandersetzen, wie die Daten vom Bildsensor in die -verarbeitung gelangen. Der Optimierung dieser unmittelbar der Aufnahme nachgelagerten Prozesse kommt bei der Entwicklung eines High-Speed-Vision-Systems eine Schlüsselrolle zu. Ein japanischer Anbieter bietet hierfür einen Ansatz mit einem IP-Core und einer Evaluierungsplattform, bestehend aus Sensorboards, FMC-Boards und FPGA-Entwicklungskits.



Das Evaluierungsmodul Luminous IMX901 SLVS-EC von Macnica besteht aus einer Reihe von Sensormodulen, die es dem Kunden ermöglichen, auch eigene Moduldesigns zu verwenden, sowie aus einem Interface-FMC-Board, das das Sensormodul mit Standard-FPGA-Entwicklungskits verbindet.



Scalable Low-Voltage Signaling with Embedded Clock (SLVS-EC) hat sich als Schnittstelle für die Kommunikation zwischen FPGA und CMOS-Bildsensor in vielen High-Speed-Machine-Vision-Anwendungen über große Entfernungen durchgesetzt. Das SLVS-EC-Interface bietet Lösungen für mehrere aktuelle Herausforderungen in der industriellen Bildverarbeitung. Eine davon ist die steigende Nachfrage nach höheren Auflösungen und Bildraten. Das erfordert Schnittstellen, die große Datenmengen schnell und effizient verarbeiten können. Ein weiteres Problem bei der Entwicklung von High-Speed-Vision-Systemen ist der Datenversatz zwischen den Lanes, der zu Fehlern und Leistungseinbußen führen kann. Zudem erfordert eine zuverlässige Datenübertragung robuste Fehlerkorrekturmechanismen, um die Datenintegrität insbesondere in Hochgeschwindigkeitsumgebungen sicherzustellen.

Mit einem eingebetteten Taktsignal (Embedded Clock) eignet sich SLVS-EC für Anwendungen, die eine hohe Geschwindigkeit, dünnere Kabel sowie eine Übertragung über längere Strecken erfordern. Die aktuelle Version, SLVS-EC 3.0, hat die Geschwindigkeit im Vergleich zur Vorgängerversion 2.0 verdoppelt. Durch die Embedded-Clock-Technologie ist SLVS-EC tolerant gegenüber Lane-to-Lane-Versatz, sodass kein Lane-Matching erforderlich ist. Das einfache Protokoll der Schnittstelle erleichtert den Aufbau von Kamerasystemen. SLVS-EC 3.0 ist von

Das Wichtigste kompakt

SLVS-EC ist eine Schnittstelle für die Kommunikation zwischen FPGA und CMOS-Bildsensoren in High-Speed-Machine-Vision-Anwendungen. Sie bewältigt Herausforderungen wie hohe Auflösungen und Bildraten, Datenversatz und Datenintegrität. Die aktuelle Version, SLVS-EC 3.0, verdoppelt die Geschwindigkeit und ist tolerant gegenüber Lane-Versatz. Macnica bietet eine IP für SLVS-EC 3.0, die mit verschiedenen FPGAs kompatibel ist und die Entwicklung erleichtert. Das Sensorboard Luminous IMX901 SLVS-EC integriert den Sony-IMX901-CMOS-Sensor, der mit C-Mount-Objektiven kompatibel ist und die SLVS-EC v3.0-Schnittstelle mit bis zu vier Lanes unterstützt.



der J1A standardisiert und kommt in vielen High-Speed-CMOS-Sensoren von Sony zum Einsatz.

Macnica IP für SLVS-EC 3.0

Als global agierender Value-Added-Distributor hat Macnica das Potenzial der SLVS-EC 3.0-Schnittstelle erkannt und eine IP sowie die notwendigen Bausteine entwickelt, um die volle Leistung in Verbindung mit der neuesten Generation von Bildsensoren voll auszuschöpfen. Mit SLVS-EC Rx IP bietet Macnica als erster Anbieter auf dem Markt einen Interface-IP-Core an, der mit FPGAs von Altera, AMD und anderen Herstellern kompatibel ist und das Board-Level-Design für SLVS-EC 3.0 vereinfacht. Diese IP beschleunigt die Entwicklung durch die nahtlose Integration der aktuellen Sony-CMOS-Sensoren in bestehende FPGA-Entwicklungskits. Eine Schlüsselfunktion ist die Anpassung der IP über Compiler-Optionen, die es dem Anwender ermöglichen, das Design nach seinen Anforderungen zu optimieren. Mit der neuen Funktion „Gigabit Channel Coding“ (GCC) wird die Datenübertragung mit reduziertem Overhead im Vergleich zum herkömmlichen ANSI 8b10b-Protokoll ermöglicht.

Die SLVS-EC Rx IP unterstützt eine Datenübertragung von bis zu 9,5 Gbit/s pro Lane, was die Anzahl der erforderlichen Lanes reduziert und eine hochauflösende Bildgebung ermöglicht. Der integrierte Fehlerkorrekturcode (ECC) zusammen mit der Payload-Fehlererkennung erhöht die Datenintegrität und Systemzuverlässigkeit. Die Ausgabeschnittstelle unterstützt mehrere Konfigurationen, darunter 8, 10, 12, 14 und 16 Bit pro Pixel sowie verschiedene Lane-Setups für eine flexible Systemintegration.

Zusätzlich zur neuesten Schnittstellenversion ist die Macnica SLVS-EC Rx IP abwärtskompatibel, sodass Kunden ihre bestehenden Plattformen zukunftssicher gestalten können, indem sie die Unterstützung für SLVS-EC v3.0 einplanen.

Evaluierungsplattform für aktuelle Sony-Sensoren

Ergänzend zum IP-Paket ermöglicht die Luminous-Hardware-Evaluierungsplattform von Macnica die Verwendung vorhandener Entwicklungs-Hardware, um IP zu testen und Bildsensoren zu evaluieren. Die Plattform bietet alle grundlegenden Bausteine, die für die Entwicklung von Hochgeschwindigkeitskameras benötigt werden. Sie besteht aus einer Reihe von Sensormodulen, die es dem Kunden ermöglichen, auch eigene Moduldesigns zu verwenden, sowie aus einem Interface-FMC-Board.

Die Plattform wurde speziell entwickelt, um die Leistung der aktuellen Sony-CMOS-Sensoren zu evaluieren. Das FMC Board verbindet das Sensormodul mit Standard FPGA Entwicklungskits. Darüber hinaus kann das FMC Board auch kundenspezifische Kamera-

module unterstützen. Außerdem beschleunigt es die Entwicklung erheblich, da es sich nahtlos in bestehende FPGA-Entwicklungskits integrieren lässt. Durch das umfassende, gebrauchsfertige Referenzdesign lassen sich die Evaluierungskosten senken, und die Entwicklung kann mit dem Macnica SLVS-EC IP-Kern problemlos angepasst und optimiert werden.

Sensorboard für Sony IMX901

Das jüngste Produkt in der Macnica-Sensorboard-Reihe ist das Luminous IMX901 SLVS-EC. Dieses Evaluierungsmodul integriert den Sony-IMX901-CMOS-Sensor, der mit C-Mount-Objektiven kompatibel ist und die SLVS-EC v3.0-Schnittstelle mit bis zu vier Lanes unterstützt. Zusammen mit der Macnica SLVS-EC v3.0 Rx IP kann dieses Kit zur Evaluierung und Verifizierung eines Kameraprototypen verwendet werden. Der 1,4 Zoll große Sony-IMX901-AMR-C-Global-Shutter-Weitwinkel-CMOS-Bildsensor bietet etwa 16,41 Millionen Pixel bei horizontaler 8K-Auflösung.

Mit dieser Gesamtlösung aus Sensormodul, IP-Core und SLVS-EC-3.0-Schnittstelle lassen sich die Anforderungen vieler Anwendungen erfüllen. In der Logistik etwa geht der Trend zu breiteren Förderbändern und höheren Geschwindigkeiten, was hochauflösende Global-Shutter-Bildsensoren erfordert. Die SLVS-EC v3.0 Rx IP kann Hochgeschwindigkeitsdaten übertragen, wodurch Barcode-Leser den Systemdurchsatz verbessern können. In Fertigungsprozessen ermöglicht eine hohe Pixelzahl und Auflösung eine detaillierte Prüfung von Produkten, um Defekte, Kratzer oder andere Anomalien zu erkennen. Dies ist insbesondere in Branchen wie der Elektronik-, Automobil- und Pharmaindustrie von entscheidender Bedeutung. Solche Systeme sind nur mit einer fortschrittlichen Schnittstelle wie SLVS-EC 3.0 möglich, die die Übertragung größerer Datenmengen bei gleicher oder höherer Geschwindigkeit im Vergleich zu aktuellen Systemen ermöglicht. Darüber hinaus profitieren auch Robotersysteme, die sich bei der Wegfindung oder Objektidentifizierung auf Bildverarbeitung verlassen, von der hohen Bildwiederholrate und geringen Latenz der SLVS-EC v3.0 Rx IP, was zu einer insgesamt höheren Systemleistung führt. ■

AUTOREN

Andreas Breyer

Inhaber von Vision Communications

Konstantinos Pappas

FAE & IP Product Line Manager bei Macnica
ATD Europe

KONTAKT

Macnica ATD Europe S.A.S., Chatou,
Frankreich

Tel.: +33 130 156970

E-Mail: sales.europe@macnica.com

www.macnica.com/eu

Reliability in Battery Production

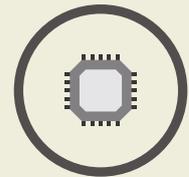
VL Series

8k, 16k Line Scan Cameras

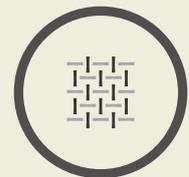
CXP-12



Battery inspection



Semiconductor inspection



High speed web inspection



Das Laborsystem analysiert mittels hyperspektraler Bildverarbeitung eine Kiste mit frischen Früchte. Anhand von Feuchtigkeits- und Löslichkeitsgehalt lassen sich Aussagen über den Reifegrad des Obstes treffen.

Automatisierte Analyse von Frischwaren

Hyperspektrale Bildverarbeitung für Anwender mit geringen Kenntnissen

Holländische Wissenschaftler haben ein intelligentes Laborsystem entwickelt, das sie als All-in-One-Spectral-Imaging (ASI)-System bezeichnen. Es analysiert Lebensmittel und Frischwaren mittels hyperspektraler Bildverarbeitung. Vorteil ist, dass das System auch von Laien nutzbar sein soll. Basis bilden zwei verschiedene Zeilenkameras, deren Spektralbereiche sich ergänzen. Auf diese Weise lassen sich Früchte präzise charakterisieren. Innerhalb von 40 Sekunden erhalten Anwender eine Aussage über den Reifegrad der Ware.

Im Vergleich zu konventionellen Bildverarbeitungssystemen geht die hyperspektrale Bildverarbeitung über das sichtbare Spektrum hinaus. Damit ist sie in der Lage, Informationen zu erkennen, die für das menschliche Auge unsichtbar sind. Die hyperspektrale Bildverarbeitung bietet Vorteile in Bereichen, in denen eine präzise Charakterisierung und Identifizierung wichtig ist. Doch die Komplexität der Datenerfassung und -analyse hat bislang ihre breite Anwendung verhindert.

Auf dem traditionellen Bildverarbeitungsmarkt gibt es zahlreiche Systeme, die es dem Benutzer ermöglichen, Aufgaben ohne Vorkenntnisse im Bereich des maschinellen Sehens zu lösen. Für die hyperspektrale Bildverarbeitung existieren solche bedienerfreundlichen Bildverarbeitungssysteme bisher nicht. Um diese Situation zu ändern, wollten Wissenschaftler in den Niederlanden ein einfach zu bedienendes One-Touch-System entwickeln. Ziel des Projekts war es, ein intelligentes All-in-One-Spectral-Imaging (ASI)-Laborsystem für die standar-

disierte automatisierte Datenerfassung und die Bereitstellung von Spektralmodellen in Echtzeit zu realisieren, um die hyperspektrale Bilderfassung zu vereinfachen.

Standardisierte Bildverarbeitung

Um praktische Anwendungen der spektralen Bildverarbeitung für Routineanalysen zu realisieren, mussten zahlreiche Hürden überwunden werden. Eine der größten Herausforderungen bei der hyperspektralen Bildverarbeitung ist, dass die auf dem Markt erhältlichen Kameras in der Regel eine Systemintegration sowie Modellierung für die Kalibrierung erfordern. Darüber hinaus werden die meisten der auf dem Markt befindlichen Hyperspektralsensoren derzeit als Datenerfassungsgeräte geliefert. Für die Durchführung der Messungen und die Entwicklung des Modells muss der Nutzer Versuchsaufbauten entwerfen, in die der Sensor integriert werden muss. In Forschungslabors werden die Datenerfassung und die Datenmodellierung in der Regel in getrennten Schritten durchgeführt. Dieser Ansatz hat zwar Potenzial,

kann aber nicht als praktische Lösung für den routinemäßigen Einsatz durch Laien angesehen werden.

Um die hyperspektrale Bildverarbeitung vor allem für Laien zu vereinfachen, entwickelten die Forscher ein standardisiertes spektrales Bildverarbeitungssystem mit einem Embedded-PC, um unerwünschte Einflüsse auf die Messung zu minimieren. Ziel war es, eine Re-Integration des Systems zu vermeiden und kalibrierte Modelle wiederzuverwenden, um wiederholbare Messungen zu ermöglichen.

Das Wichtigste kompakt

Ein niederländisches Forschungsteam entwickelte ein benutzerfreundliches One-Touch-System auf Basis der hyperspektralen Bildverarbeitung. Hierfür werden Hyperspektralkameras des finnischen Herstellers Specim eingesetzt. Dabei werden eine VNIR- und eine NIR-Kamera (FX10 und FX17) kombiniert. Auf diese Weise lassen sich alle wichtige chemische Parameter von Früchten analysieren - und zwar innerhalb von 40 Sekunden. Das neu-entwickelte System ist mobil einsetzbar und bietet Vorteile gegenüber traditionellen Punktspektrometern, da es räumliche Informationen erfasst und bestehende Spektraldaten wiederverwendet.

Hyperspektralkameras als Schlüsselkomponenten

Die wesentliche Entscheidung für die Realisierung war die Auswahl der Hyperspektralkameras. In diesem Punkt entschieden sich die Wissenschaftler für Hyperspektralzeilenkameras der Modelle FX10 und FX17 von Specim. Für die kompakte Bauweise des Systems war die mechanische Größe dieser Kameras perfekt. Auch in Bezug auf Auflösung und Geschwindigkeit konnten die Kameras die Vorgaben erfüllen.

Ergänzend zu den Specim-Kameras integrierten die Forscher eine kontrollierte, standardisierte Beleuchtungsumgebung, ein PC-System sowie eine Embedded Software für die automatische Bilderfassung und Modellentwicklung. Dieses Setup bildete die Grundlage für die Analyse der räumlichen Verteilung von Probeneigenschaften im ASI-System in Echtzeit.

Kombination von VNIR- und NIR-Kamera

Um die Leistungsfähigkeit des ASI-Systems zu demonstrieren, führten die Wissenschaftler Analysen von Fruchteneigenschaften für eine Vielzahl von Obstsorten wie Trauben, Kirschen, Birnen und Kiwis durch. Das menschliche Auge und herkömmliche Bildverarbeitungskameras haben eine Empfindlichkeit für Wellenlängen zwischen 380 und 760 nm. Da sie auf diesen Bereich beschränkt sind, kann es schwierig sein, die mit der Fruchtreihe verbundenen chemischen Parameter wie die Feuchtigkeit und den löslichen Feststoffgehalt zu erkennen. Im Gegensatz dazu ermöglicht der erweiterte Wellenlängenbereich von Hyperspektralkameras die Vorhersage dieser Parameter.

In der ersten Entwicklungsstufe des Systems kam eine Hyperspektralkamera des Typs Specim FX10 zum Einsatz, die im sichtbaren und nahen Infrarotbereich (VNIR) von 400 bis 1000 nm arbeitet. Damit war es möglich, den Zuckergehalt und einige

andere Merkmale der Früchte zu überprüfen. Um jedoch detailliertere Informationen mit besserer Qualität zu erfassen, die in der Lage sein sollten, beispielsweise Fleisch und andere Lebensmittel zuverlässig zu analysieren, ergänzten die Forscher das System um eine InGaAs-basierte Specim-FX17-Nahinfrarot (NIR)-Hyperspektralkamera. Sie deckt den Wellenlängenbereich von 900 bis 1700 nm ab.

Bild: Specim



andere Merkmale der Früchte zu überprüfen. Um jedoch detailliertere Informationen mit besserer Qualität zu erfassen, die in der Lage sein sollten, beispielsweise Fleisch und andere Lebensmittel zuverlässig zu analysieren, ergänzten die Forscher das System um eine InGaAs-basierte Specim-FX17-Nahinfrarot (NIR)-Hyperspektralkamera. Sie deckt den Wellenlängenbereich von 900 bis 1700 nm ab.

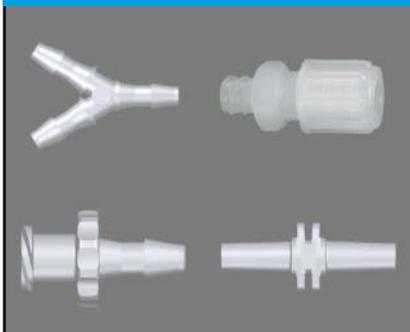
Specim FX10 und Specim FX17 ergänzen sich vor allem bei der Messung von Proben mit hohem Feuchtigkeitsgehalt, wie zum Beispiel bei frischem Obst. Bei dieser Anwendung hat sich gezeigt, dass die Eindringtiefe des VNIR-Lichts aufgrund des geringen Wasserabsorptionskoeffizienten der Wassermoleküle im Spektralbereich von 400 bis 1000 nm höher ist, wodurch mehr Informationen über die Eigenschaften unter der Oberfläche erfasst werden können. Im Bereich von 900 bis 1700 nm ist der Wasserabsorptionskoeffizient von Wassermolekülen hoch, was eine bessere Analyse der Oberflächenfeuchtigkeit in den Proben ermöglicht.

Steigerung der Aufnahmegeschwindigkeit

Hinsichtlich der Aufnahmegeschwindigkeit ist die Specim FX17-Kamera flexibel, da sie die Möglichkeit bietet, nur einen Teil der verfügbaren 224 Wellenlängenbänder auszuwählen und auszuwerten und dabei nur die Wellenlängen zu verwenden, die für die aktuelle Anwendung relevante Informationen liefern. Durch die Reduzierung der Anzahl der beobachteten Wellenlängen kann die Standard-Aufnahmegeschwindigkeit der FX17 von 670 Zeilen pro Sekunde bei Nutzung aller 224 Wellenlängenbänder auf mehrere tausend Zeilen pro Sekunde gesteigert werden, wenn man sich auf einige wenige Wellenlängenbänder konzentriert. Diese Eigenschaft wird als Multi Region of Interest (MROI) bezeichnet. Sie ist sowohl bei den Specim-FX10- als auch bei den FX17-Kameras verfügbar und bietet Anwendern eine hohe Flexibilität in Bezug auf die Geschwindigkeit, ohne dass die Genauigkeit eingeschränkt wird. Darüber hinaus reduziert MROI die Datenmenge und erleichtert so die Verarbeitung und Speicherung der Daten.

Mikro-Schlauchverbinder für die Analytik und Labortechnik

www.rct-online.de



Mikro-Schlauchverbinder und Verschraubungen

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



**Reichelt
Chemietechnik
GmbH + Co.**

Englerstraße 18
D-69126 Heidelberg
Tel. 0 62 21 31 25-0
Fax 0 62 21 31 25-10
rct@rct-online.de



Der gemeinsame Einsatz der Hyperspektralkameras FX10 und FX17 ermöglicht eine genauere Analyse der Fruchteigenschaften (rechte Auswertung) als die Verwendung von nur einer Kamera (linkes Bild).

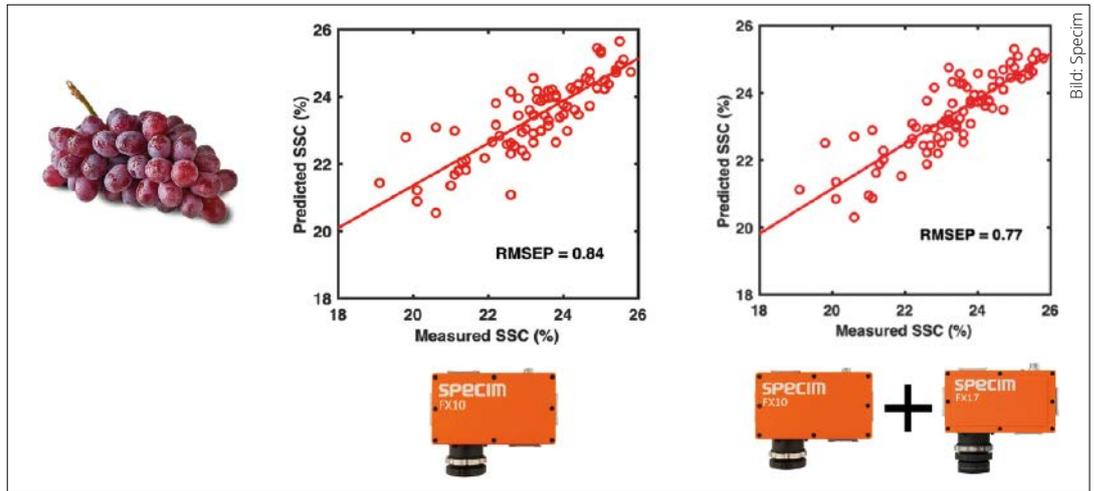


Bild: Specim

Vergleich mit Punktspektrometer-Systemen

Das entwickelte All-in-One-System für die spektrale Bildverarbeitung hat die Anforderungen an eine präzise Analyse des Feuchtigkeits- und Löslichkeitsgehalts in frischen Früchten erfüllt. Die Leistung des Systems wurde mit kommerziellen Punktspektrometer-Systemen verglichen, die häufig für NIR-Analysen verwendet werden. Das ASI-System erreichte eine ähnliche Leistung wie diese seit langer Zeit etablierte Technologie, und es gab nur unbedeutende Unterschiede zwischen den Ergebnissen des ASI-Aufbaus und der kommerziellen Spektrometer. Darüber hinaus bietet die hyperspektrale Bildverarbeitung jedoch weitere Vorteile gegenüber Punktspektrometern.

Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass sie die Untersuchung räumlich verteilter Eigenschaften ermöglicht, da die FX-Hyperspektralkameras umfangreiche räumliche

Informationen erfassen. Darüber hinaus ermöglicht der ASI-Aufbau die Wiederverwendung bestehender Spektraldaten und -modelle, die zuvor in Laborexperimenten gewonnen wurden. Dies eröffnet Möglichkeiten für eine breitere Nutzung der Spektrologie, indem Modelle und Daten von verschiedenen Nutzern der Spektroskopie gemeinsam verwendet werden können.

Zudem ist ASI ein vollständig mobiles System, das zu den Proben gebracht werden kann, anstatt die Proben ins Labor zu transportieren. Und nicht zuletzt dauert es weniger als 40 Sekunden, bis die Ergebnisse vorliegen. In der Vergangenheit musste man unter Umständen mehrere Tage auf die Ergebnisse einer Feuchtigkeitsanalyse warten.

Fazit

In Kombination mit seiner einfachen Bedienung bietet das System Experten und sogar Anwendern mit nur geringen Kenntnissen auf

dem Gebiet der spektralen Bildverarbeitung die Möglichkeit, das Potenzial dieser Technologie zu nutzen. Die holländischen Forscher verwenden das ASI-System bereits für Experimente mit allen Arten von Lebensmitteln. Aufgrund der guten Portabilität des Geräts kann es sogar für Projekte wie beispielsweise die Untersuchung von Fisch auf Booten direkt nach dem Fang eingesetzt werden. Die Möglichkeiten des Systems sind noch nicht ausgeschöpft. ■

AUTORIN

Minna Törmälä

Global Marketing Manager bei Specim

KONTAKT

Specim, Spectral Imaging Ltd.,
Oulu, Finnland
Tel.: +358 10 4244 400
Fax: +358 10 4244 401
E-Mail: info@specim.com
www.specim.com

Nicht verpassen!

Die große Rückschau auf die Vision-Messe als **E-Special** im Web





Bild: Baumer

Kompakte GigE-Vision-Kamera

Baumer stellt mit dem Modell IX eine neue Serie an GigE-Vision-Kameras vor.

Die IX-Serie ist ein All-In-One-Design, sie ist eine hochintegrierte Kamera mit Autofokus und segmentierbarer Beleuchtung. Das ermöglicht schnelle Integration, eliminiert Zusatzkomponenten und reduziert Verkabelungsaufwand. Die GigE-Vision-Schnittstelle erlaubt eine nahtlose Integration in Infrastruktur und Software und das industrietaugliche Gehäuse in IP 67 schützt vor Wasser, Staub und unerlaubter Kameraverstellung. Zusammen mit dem aufsteckbaren Polfilter gegen Bildreflexionen unterstützt dies eine hohe Prozesssicherheit.

Alle Veränderungen an den Bildaufnahmeinstellungen lassen sich durch PC-Software kontrollieren und ermöglichen so Qualitätssicherung und Prozessüberwachung. www.baumer.com



Bild: IDS

3D-Kamera für geringen Arbeitsabstand

IDS stellt eine weitere 3D-Kamera in der Ensenso-Produktlinie vor. Mit ihrem kompakten, industrietauglichen Design sowie der Kombination aus sehr kurzem Arbeitsabstand und großem Sichtfeld eignet sich die Ensenso B für Bin Picking-Anwendungen. Durch die hohe Tiefenschärfe kann sie Objekte auf einer großen Fläche erfassen und zum Beispiel alle Teile in einem Behälter auf einmal lokalisieren. So lässt sich der Pick-and-Place-Prozess optimieren und Behälter leichter leeren.

Die große Stärke der 3D-Kamera liegt in der sehr präzisen Erfassung von Objekten im Nahbereich. Bei einem Abstand von 30 Zentimetern zwischen Kamera und Objekt beträgt die Z-Genauigkeit ca. 0,1 Millimeter. Der maximale Arbeitsabstand beträgt zwei Meter. ids-imaging.com



Bild: jai

Monochrome 2K-Zeilenkameras

JAI hat die vier kompakte Zeilenkameras der Sweep-Serie vorgestellt, darunter Farb- und Monochrom-Modelle. Die Kameras mit 2K-Auflösung bieten Systemintegratoren die Wahl zwischen der 5GigE- und der CoaXPress-Schnittstelle (CXP-6). Die 5GigE-Modelle messen 44 x 44 x 64 mm, während die CXP-6-Modelle mit 44 x 44 x 54 mm etwas kompakter sind. Das macht diese Kameras zu einer guten Wahl für Umgebungen mit begrenztem Platzangebot.

Die Modelle mit der 5GigE-Schnittstelle sind eine vielseitige Lösung, die eine hohe Bandbreite für eine schnelle Datenübertragung bietet, die für Hochgeschwindigkeits-Bildverarbeitungsaufgaben unerlässlich ist. Diese erhöhte Geschwindigkeit verbessert die Verarbeitung und den Durchsatz, ohne dass ein teurer Framegrabber für die Bildaufnahme erforderlich ist. www.jai.com

Aktuelle Software-Version steigert Konnektivität

MVtec bietet ab sofort die Version 5.6 von Merlic zum Download an. Merlic ist eine intuitiv bedienbare No-Code-Software, mit der auch Anwender mit wenig Erfahrung in Machine Vision schnell Erfolge erzielen. Im Hinblick auf die verbesserte Konnektivität wird es in der Version 5.6 ein Plug-in zu den Siemens-SPS Simatic S7 geben. Zudem wurde das bereits vorhandene Plug-in zur REST-API um neue Funktionalitäten zum direkten Zugriff auf Bildergebnisse erweitert. Besondere Highlights bei den hinzugekommenen Machine-Vision-Methoden sind die Möglichkeit zur Qualitätskontrolle von 2D-Datacodes und die Oberflächenrekonstruktion mit Photometric Stereo. Auch auf Erweiterungen bei den KI-basierten Deep-Learning-Anwendungen dürfen sich Anwender freuen. www.mvtec.com



Bild: MVtec

Ringbeleuchtung und ein Dunkelfeld-Aufsatz

Die Wenglor Ringbeleuchtung LRL ist mit kreisförmig angeordneten LEDs ausgerüstet, die für eine gleichmäßige Beleuchtungsintensität über das gesamte Prüfobjekt sorgen. Mit zwei Größen und drei Lichtfarben eignet sie sich für viele Anwendungen und Kameraanforderungen der industriellen Bilderverarbeitung. Die optionalen Angle Changer ermöglichen ein flexibles Anpassen des Beleuchtungswinkels, wodurch eine höhere Homogenität des Sichtfelds erreicht wird.

Zudem wurde das Beleuchtungsportfolio um den Dunkelfeld-Aufsatz ZMRG ergänzt. Erhältlich in zwei Größen mit einem Innendurchmesser von 37 beziehungsweise 76 mm schafft die Ringbeleuchtung LRL optimale Beleuchtungssituationen in begrenzten Räumen und kompakten Anwendungen sowie für größere Objektive und anspruchsvollere Applikationen. www.wenglor.com



Bild: Wenglor





Die automatisierte Identifizierung der Gefäße ist wichtig für einen reibungslosen Produktionsablauf. Doch das Erkennen der aufgelaserten Informationen ist komplex. Auf den Oberflächen der Flaschen sind Informationen wie Seriennummern, Produktdaten, Abfülldatum und Logo eingraviert.

Flasche leer? Nicht mit Deep OCR

Optische Zeichenerkennung in der Lebensmittelindustrie

Mit industrieller Bildverarbeitung lassen sich Produkte während des gesamten Warenflusses verlässlich identifizieren. Schriftzeichen oder Codes können aufgrund diverser Umstände, wie beschädigte Codes oder ungünstige Lichtverhältnisse, nur schwer lesbar sein. Deep-Learning-basierte Technologien bieten hier eine wertvolle Hilfestellung. In der Verarbeitung von Aluminiumflaschen kam genau so eine Lösung zum Einsatz, um deren Rückverfolgbarkeit zu vereinfachen.

Für ein Unternehmen aus der Lebensmittelindustrie hat der Machine-Vision-Integrator Visione Artificiale eine Anwendung entwickelt, mit der sich die Rückverfolgung von CO₂-befüllten Aluminiumflaschen, die zum Aufsprudeln von stillem Wasser verwendet werden, automatisieren lässt. Auf den Oberflächen der zylinderförmigen Flaschen sind Informationen wie Seriennummern, Produktdaten, Abfülldatum und Logo per Laser eingraviert. Diese Buchstaben-Zahlen-Kombinationen dienen dazu, die Aluminiumflaschen mittels optischer Zeichenerkennung (Optical Character Recognition/OCR) automatisiert und mit hoher Präzision zu identifizieren. Dies ist wichtig für reibungslose Produktionsabläufe sowie für die Qualität der ausgelieferten Flaschen und somit für die Kundenzufriedenheit. Um eine lückenlose

Rückverfolgung der Gefäße sicherzustellen, werden die eingravierten Informationen per industrieller Bildverarbeitung auf ihre Richtigkeit überprüft. Die automatisierte Inspektion durch Machine Vision ist robust, schnell, und kann rund um die Uhr durchgeführt werden. So spart das Unternehmen langfristig Kosten.

Reflexionen und Flecken beeinträchtigen die Identifikation mit OCR

Eine Herausforderung liegt dabei in dem Material, in das die Texte gelasert sind. So können aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit des Aluminiums bei der Bildaufnahme durch die Belichtung vielfältige Reflexionen und Flecken entstehen, die eine korrekte Segmentierung der Zeichen erschweren und damit den OCR-basierten Identifikationsprozess empfindlich stören. Um dennoch robuste Erkennungsra-

ten zu gewährleisten, setzt Visione Artificiale auf die Technologie Deep OCR, ein Feature, das in Halcon integriert ist, eine umfassende Software für die industrielle Bildverarbeitung. Die Software ist ein Produkt von MVTec Software mit Sitz in München. Die Technologie von Deep OCR basiert auf Deep-Learning-Algorithmen und kann Zeichen unabhängig von ihrer Ausrichtung, Schriftart und Polarität zu lokalisieren. Zudem lassen sich Buchstaben automatisch gruppieren, was das Identifizie-

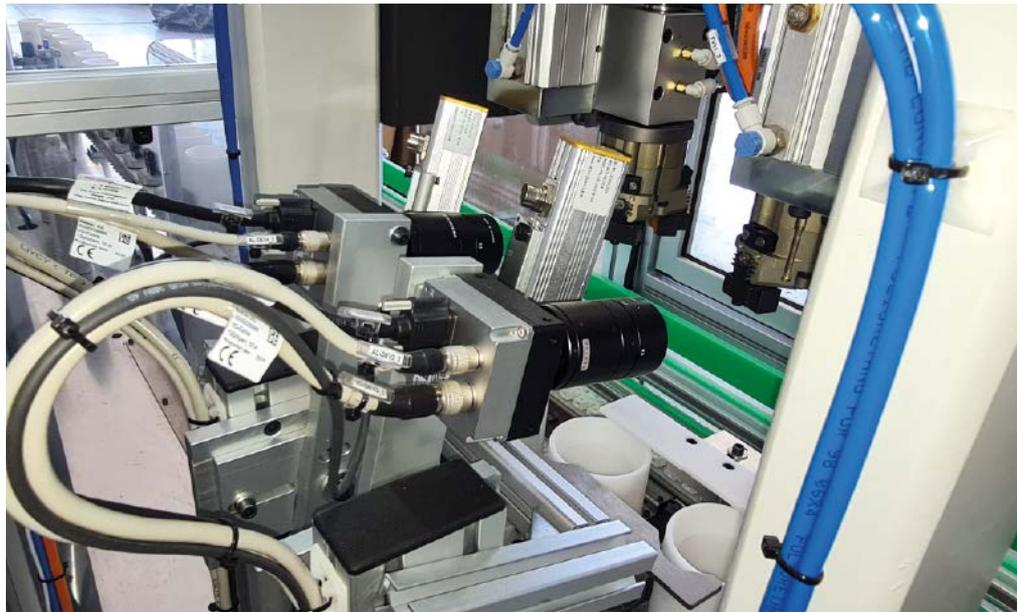
Das Wichtigste kompakt

Visione Artificiale hat eine Anwendung entwickelt, die die Rückverfolgung von CO₂-befüllten Aluminiumflaschen automatisiert. Diese Flaschen sind mit Seriennummern, Produktdaten und Logos per Laser beschriftet, die mittels OCR präzise identifiziert werden. Herausforderungen durch Reflexionen und Flecken auf dem Aluminium werden durch den Einsatz von Deep OCR, einer Deep-Learning-Technologie, überwunden. Dies ermöglicht eine zuverlässige und schnelle Inspektion, die den Produktionsprozess effizienter macht und Kosten spart.

Unternehmen im Detail

Visione Artificiale

Visione Artificiale mit Hauptsitz im norditalienischen Bione hat sich auf die Integration von industriellen Bildverarbeitungstechnologien in durchgängig automatisierten Robotersystemen spezialisiert. Mit mehr als 20 Jahren Branchenerfahrung und Machine-Vision-Expertise entwickelt das Unternehmen Lösungen für Industrieanwendungen. Dazu gehören Systeme zur Qualitätskontrolle von Bauteilen, Messtechnologien zur Automatisierung von In-line-Inspektionsprozessen, 3D-Vision-Systeme, Bin-Picking-Applikationen und eben Deep-Learning-basierte Anwendungen, wie in diesem Anwendungsbeispiel.



Eine Zeilenkamera tastet die Flasche ab und nimmt so ein zweidimensionales Bild ihrer gekrümmten Oberfläche auf.

ren ganzer Wörter ermöglicht. Darüber hinaus werden Fehlinterpretationen von Zeichen mit ähnlichem Aussehen gänzlich vermieden, sodass die Erkennungsleistung deutlich steigt. Halcons Deep OCR wurde für die verlässliche Identifikation zahlreicher Schrifttypen trainiert.

Kontrollprozess automatisieren und beschleunigen

Im Rahmen der Anwendung werden die zylinderförmigen Aluminiumflaschen jeweils in Spindeln arretiert und gedreht. Eine Zeilenkamera tastet die Flasche ab und nimmt so ein zweidimensionales Bild ihrer gekrümmten Oberfläche auf. Zunächst geht es darum, die Bereiche auf dem Bild zu finden, die Buchstaben und Zahlen enthalten. Dabei ermittelt das Netzwerk Boxen, die mit einem „Confidence Score“ gekoppelt sind. Dieser Wert gibt an, wie wahrscheinlich es ist, dass diese Boxen Text enthalten. Innerhalb der Boxen bestimmt das Netzwerk dann die enthaltenen Zeichen, sodass sich die darin enthaltenen Informationen auf ihre Korrektheit überprüfen und verifizieren lassen. So wird der gesamte Kontrollprozess automatisiert und beschleunigt. Dabei ist das Setup mit zwei Kameras und Drehvorrichtungen ausgestattet, sodass pro Takt jeweils zwei Flaschen gleichzeitig getestet werden können. Dies ermöglicht einen noch schnelleren Durchlauf und erhöht die Effizienz.

„Aufgrund der besonderen Beschaffenheit des Materials hätte uns ein konventionelles OCR-System bei der Identifikation der eingravierten Texte nicht zum Ziel geführt. Um trotz der Reflexionen robuste Erkennungsraten zu erzielen, benötigten wir ein intelligentes OCR-System, das mit dieser Herausforderung zurechtkommt. Deep OCR hat sich hierbei als optimale Lösung für unsere Anforderungen erwiesen. Durch die vortrainierten Deep-Learning-Netze lassen sich auch schwer lesbare Texte mit hoher Genauigkeit erkennen“, bestätigt Fazio Saverio, Gründer und Eigentümer von Visione Artificiale. Bei der Umsetzung stand Saverio und seinem Team das Unternehmen Image S beratend zur Seite. Dieses unterstützt seine Kunden in allen Fragen der industriellen Bildverarbeitung und stellt dazu auch eigene Produkte und Technologien bereit.

Höhere Produktivität und Qualität mit Deep OCR

Durch den Einsatz der Bildverarbeitungssoftware Halcon inklusive Deep OCR konnte die Rückverfolgung der CO₂-Flaschen mittels Seriennummern überhaupt erst umgesetzt werden. Denn nur durch die automatisierte Kontrolle und Verifizierung der eingravierten Texte lässt sich dieser Prozess wirtschaftlich und mit der gebotenen Geschwindigkeit realisieren. Außerdem werden dadurch Mitar-



Halcons Deep OCR basiert auf Deep-Learning-Algorithmen und kann Zeichen unabhängig von ihrer Ausrichtung, Schriftart und Polarität zu lokalisieren.

beiter, die die Prüfung der Zeichencodes ansonsten manuell durchführen müssten, von der monotonen Tätigkeit entlastet und können sich anspruchsvolleren Aufgaben widmen. Und nicht zuletzt stieg durch die einfachere Nachverfolgbarkeit die Produktivität der gesamten Prozesskette, und die Qualität der Produkte legte ebenfalls zu. ■

KONTAKT

MVtec Software GmbH, München
Tel.: +49 89 457 695 0
E-Mail: sales@mvtec.com
www.mvtec.com

alle Bilder: Visione Artificiale

Optical Filters

For Machine Vision Applications

Customized designs · OEM solutions · Ultra-thin filters

www.ahf.de



Roman Vracko, Product Cluster Manager Vision bei Balluff: „Der Einsatz von Industriekameras ist dann sinnvoll, wenn andere Sensoren an ihre Grenzen geraten.“

Industriekameras fangen da an, wo andere Sensoren aufhören

Interview mit Roman Vracko,
Product Cluster Manager Vision bei Balluff

Im Interview erklärt Roman Vracko, wie die industrielle Bildverarbeitung vor allem bei komplexen Aufgaben ihre Stärke zeigt und warum maßgeschneiderte Lösungen in der Kameratechnik so wichtig sind. Außerdem erläutert er die Rolle von künstlicher Intelligenz in der Bildverarbeitung und gibt einen Ausblick, wie Balluff auf die aktuellen Trends der Automatisierung reagiert.

inspect: Herr Vracko, die industrielle Bildverarbeitung prägt zunehmend die Automatisierung von Fertigungsprozessen. Wann ist der Einsatz kamerabasierter Sensorik sinnvoll?

Roman Vracko: Wenn andere Sensoren an ihre Grenzen geraten (lacht). Ein typisches Beispiel für klassische Bildverarbeitungsanwendungen ist die optische Qualitätskontrolle. Diese gibt unter anderem Auskunft, ob alle Baugruppen korrekt montiert sind oder Beschädigungen auf einer Oberfläche vorhanden sind. Optische Messungen der Entfernung, Form oder Größe sind ein weiteres wichtiges Feld. Zusammengefasst lässt sich sagen: Vision-Systeme zeigen vor allem bei komplexen Aufgaben ihre Stärke – wenn ich also mehrere Parameter wie beispielsweise Farbe, Mustererkennung und Abstand von Bohrlöchern zeitgleich und effizient erfassen möchte.

inspect: In welchen Branchen kommt dies besonders häufig vor?

Vracko: Zu den wichtigsten Industrien für industrielle Bildverarbeitung zählen die Medizintechnik, Life Science, der Pharmabereich, Packaging, Food & Beverage, die Halbleiterindustrie sowie die (Intra-)Logistik. Bei Balluff haben wir im Machine Vision aber auch bereits in nicht-industriellen Bereichen wie mit der Sport- oder Diamantenindustrie zusammen-

gearbeitet, doch das sind Ausnahmen. Fest steht: Die Anwendungsfelder sind vielfältig.

inspect: Wie verändern künstliche Intelligenz und Machine Learning den Bereich Machine Vision?

Vracko: Künstliche Intelligenz (KI) und Machine Learning haben einen erheblichen Einfluss auf den Bereich Machine Vision. KI-gestützte Algorithmen können Bilder effizienter analysieren und verarbeiten. Sie sind in der Lage, Muster und Anomalien zu erkennen, die für den Menschen und für klassische Bildverarbeitungsalgorithmen schwer zu identifizieren sind. Somit lassen sich viele Aufgaben in der Bildverarbeitung automatisieren, was die Effizienz erhöht, und menschliche Fehler

reduziert. Dies ist besonders nützlich in der Fertigung und Qualitätskontrolle. Machine-Learning-Modelle können aus neuen Daten lernen und sich an veränderte Bedingungen anpassen. Das erhöht die Flexibilität und Genauigkeit von Machine-Vision-Systemen.

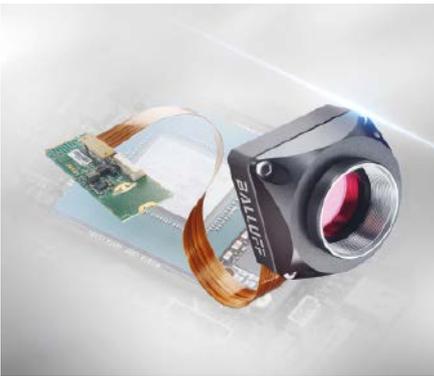
Insgesamt führen KI und Machine Learning zu einer Revolutionierung der Machine-Vision-Technologien, indem sie deren Leistungsfähigkeit und Anwendungsbreite erheblich erweitern.

inspect: Im vergangenen Herbst wurde die Matrix Vision GmbH als Anbieter von Bildverarbeitungskomponenten zur Balluff MV GmbH umfirmiert. Welche Rolle spielt industrielle Bildverarbeitung im Balluff-Portfolio?

Vracko: Eine sehr große. Die Anfänge der industriellen Bildverarbeitung liegen in den 70ern. Seit beinahe 40 Jahren beschäftigt sich Matrix Vision mit der Thematik – nicht zuletzt seit der rechnergestützten Auswertung von Bildinformationen. Es folgte die Einführung der Standardschnittstellen USB und Gigabit Ethernet, welche die Übertragung von Bildsignalen in Echtzeit ermöglichte. Die Entwicklung von Smartkameras, die bewusst einfacher gehalten wurden, machte auch die Konfiguration für den Endanwender deutlich einfacher – und so entstand der Kontakt zwischen

Das Wichtigste kompakt

Roman Vracko, Product Cluster Manager Vision bei Balluff, erklärt im Interview, dass industrielle Bildverarbeitung besonders bei komplexen Aufgaben wie der optischen Qualitätskontrolle und Messungen sinnvoll ist. Künstliche Intelligenz und Machine Learning spielen zudem eine wichtige Rolle, da sie die Effizienz und Genauigkeit von Machine-Vision-Systemen verbessern können.



Seit der Übernahme von Matrix Vision im Jahr 2017 gehören auch Board-Level-Kameras mit PCI-Express-Schnittstelle zum Portfolio von Balluff.



Von der Einsteigerkamera bis zum Vision-System mit Objektiv und Beleuchtung: Balluff deckt mit seinen Kameras ein breites Anwendungsspektrum ab.

Matrix Vision und Balluff. Seit 2017 ergänzt Matrix Vision die Balluff-Gruppe auf dem Gebiet der kamerabasierten Sensorik, seit der Umfirmierung vereinen wir nun unsere Kompetenzen unter einem Markendach. Das Ziel: die gemeinsamen Produkte auch international weiter ausbauen und positionieren.

inspect: Welche Produkte und Lösungen sind das konkret?

Vracko: Da sind zum einen die sogenannten Embedded-Modulkameras mit USB-Schnittstelle, die nicht nur klein und kompakt sind, sondern auch wenig Energie verbrauchen. Vor allem in der medizinischen Diagnostik oder in der Vermessungstechnik sehen wir einen zunehmenden Trend in Richtung Handheld-Geräte, die jeder Mitarbeitende einfach bedienen kann. Für den Einsatz im rauen industriellen Umfeld bieten sich die robusteren Gigabit-Ethernet-Kameras an.

Bei GigE Vision handelt es sich um einen im Jahr 2006 veröffentlichten Schnittstellenstandard, in dessen Standardisierungskomitee Balluff Mitglied ist – und ihn deshalb aktiv mitgestaltet. Und zuletzt bieten Kameras mit der PCI-Express-Schnittstelle [Peripheral Component Interconnect] Anwendern den höchsten Datendurchsatz und die größte Leistungsfähigkeit. Welche Lösung zu welchem industriellen Anwendungsfall passt, ist immer eine individuelle Entscheidung.

inspect: Stichwort: Individuell. Warum sind maßgeschneiderte Lösungen in derameratechnik so wichtig?

Vracko: Sie sind so wichtig, weil die Anwendungen so unterschiedlich sind. Bei manchen Anwendungen ist der geringe Platz das ausschlaggebende Kriterium, bei anderen der Energieverbrauch oder spezielle logistische Umgebungsbedingungen. Befindet sich die

Technik im Detail

„Automation Ready“

Auf der diesjährigen Vision, der Weltleitmesse für Bildverarbeitung vom 8. bis 10. Oktober in Stuttgart, stellte Balluff sein Kamerakzept „Automation-Ready“ vor. Bei einer deutlich vereinfachten Infrastruktur erfüllt dieses auch weiterhin die mechanischen Anforderungen der Automatisierungswelt und ermöglicht Mehrkamerallösungen. Anwender sparen dadurch Integrationskosten und Hardware.

Kamera im Freien, dann muss sie jedem Wetter trotzen können; im Dermatoskop eines Hautarztes muss sie eine besonders gute Farbwiedergabe haben. Hier stellt sich die Frage: Wie kann der jeweilige individuelle Anwendungsfall optimiert werden? Und welche Komponenten müssen dafür eventuell modifiziert werden?

inspect: Können Sie uns ein konkretes Beispiel nennen?

Vracko: Ein Beispiel aus der Forschung: Als Partner haben wir in einem vom BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirt-

schaft) geförderten Projekt zusammen mit dem Fraunhofer IVV (Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung) eine Kamera für die automatisierte Tankreinigung entwickelt, die spezielle Anforderungen hinsichtlich Mechanik, Energieverbrauch und Interface erfüllt.

inspect: Über Künstliche Intelligenz haben wir ja bereits gesprochen. Welche weiteren Themen beschäftigen die Anwender aktuell?

Vracko: Für viele unserer Kunden ist ein erweitertes Wellenlängenspektrum von steigender Bedeutung. Unsere Antwort: unsere UV-Kameras oder neuen Industriekameras mit Short-Wave-Infrared-Technologie-Sensoren, kurz SWIR, die den kurzwelligen Infrarotbereich nutzen. Ein weiteres Thema: die Verarbeitung von 3D-Bildern. Sie ermöglicht eine räumliche 3D-Darstellung, die eine automatisierte Entscheidungsfindung auf der Grundlage der Position, Größe und Ausrichtung eines Objekts gestattet. Und dann ist da natürlich noch der Preisdruck, der zurzeit die gesamte Branche beschäftigt. Hierauf reagieren wir mit unserem neuen Kamerakzept „Automation Ready“, das wir bei Vision-Messe vorgestellt haben [siehe Infokasten]. ■

KONTAKT

Balluff GmbH, Neuhausen
Tel.: +49 7158 1730
www.balluff.com

alle Bilder: Balluff

Made in Germany

LED-Beleuchtungen...

www.beleuchtung.vision



IMAGING • LIGHT • TECHNOLOGY

BÜCHNER



Die Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 gibt Hinweise für die Erstellung eines Lastenhefts für industrielle Bildverarbeitungssysteme und unterstützt damit die Kommunikation zwischen Anbietern von Bildverarbeitungssystemen und Anwendern in der Projektphase. Im Bild: Ein Laserscanner von Vitronic in der Schweißnahtprüfung eines Batteriegehäuses

Hilfe beim Erstellen eines Lastenhefts für die Bildverarbeitung

Neue Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2

Die Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 unterstützt die Erstellung von Lastenheften für industrielle Bildverarbeitungssysteme und verbessert die Kommunikation zwischen Anbietern und Anwendern. Sie hilft, Einflussfaktoren frühzeitig zu identifizieren und Anforderungen klar zu spezifizieren.

In der Kommunikation zwischen Anbietern und Nutzern von Bildverarbeitungssystemen, insbesondere zur Erstellung eines Lasten- und Pflichtenhefts, ist die Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 eine wertvolle Grundlage. Je klarer und eindeutiger in einem Projekt Rahmenbedingungen und Anforderungen spezifiziert werden, desto geringer das Projektrisiko für beide Seiten“, sagt Dr. Heiko Frohn, CTO von Vitronic. „Ich kenne in diesem Kontext keine vergleichbare offen zugängliche und breit akzeptierte Vorlage“

Inhalt der Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2

Die Richtlinie VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 gibt Hinweise für die Erstellung eines Lastenhefts für industrielle Bildverarbeitungssysteme und unterstützt damit die Kommunikation zwischen Anbietern von Bildverarbeitungssystemen und Anwendern in der Projektphase. Wesentliches Augenmerk wurde auf die Darstellung und Beschreibung von Einflussfaktoren sowie deren Auswirkungen gelegt. Die Projektpartner werden damit in die Lage versetzt, Einflussfaktoren während

der Planung frühzeitig zu identifizieren und gemeinsam optimierte Lösungen zu erarbeiten, die entsprechend im Pflichtenheft festgehalten werden.

Die im November 2024 veröffentlichte Richtlinie ist eine überarbeitete Fassung der Ausgabe aus dem Jahr 2015. VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 2 bindet nun die Richtlinien zur Abnahme eines Bildverarbeitungssystems (Blatt 3) und zur Prüfung der Klassifikationsleistung (Blatt 3.1) mit ein und fragt die erforderlichen Rahmenbedingungen ab, um das Vorgehen bei der Abnahme und der Leistungsbewertung für beide Seiten transparent festzulegen und praktikabel umzusetzen. Dabei greift der Richtlinienentwurf konsequent auf die 2023 in VDI/VDE/VDMA 2632 Blatt 1 präzisierete Terminologie der industriellen Bildverarbeitung zurück. Mit der erfolgreichen Abnahme eines Bildverarbeitungssystems beginnt erst der produktive Teil in dessen Lebenszyklus. Die Richtlinie liefert nun weitere Stichpunkte, um die Anforderungen an das System im Betrieb hinsichtlich Gestaltung, Dokumentation, Bedienung, Wartung, Service und Flexibilität bei neuen

Aufgabenstellungen möglichst umfassend zu spezifizieren.

Rolle der Bildverarbeitung in der Fertigung

Industrielle Fertigungsprozesse zeichnen sich durch eine ständig fortschreitende Automatisierung und immer höhere Anforderungen an die Fertigungsqualität aus. Dies wird durch den Einsatz der Bildverarbeitung (BV) in vielen Fällen erst ermöglicht. Die hergestellten Produkte müssen zuverlässig, objektiv, möglichst vollautomatisch und in Bezug auf definierte Produkt- und Qualitätsvorgaben überwacht werden. Hier ist die industrielle Bildverarbeitung mit ihren Methoden und Verfahren zur Fertigungsautomatisierung, zur automatischen Sichtprüfung und zur berührungslosen Messtechnik ein wichtiger Bestandteil. ■

KONTAKT

VDMA Robotik + Automation, Frankfurt
Suprateek Banerjee
E-Mail: suprateek.banerjee@vdma.org
www.vdma.org

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und
Automatisierungstechnik (GMA), Düsseldorf
Dr. Erik Marquardt
E-Mail: marquardt@vdi.de
www.vdi.de

Die Balkenbeleuchtungen der LBHP-Serie erreichen Helligkeiten bis 120.000 Lux im Permanentbetrieb und bis zu 1 Million Lux im Blitzbetrieb und sind in einer Länge von 2 Metern und mehr erhältlich.



Modulare Balkenbeleuchtungen mit bis zu 1 Million Lux und 4 Metern Länge

Beleuchtungen für industrielle Anwendungen

Im vergangenen Jahr wurde ein modulares Beleuchtungskonzept mit Flächenbeleuchtungen eingeführt, das den Übergang von kostenintensiven Sonderentwicklungen zu schnell verfügbaren Standardgeräten erleichtert. Dieses Konzept wird nun mit einer modularen Balkenbeleuchtungsserie erweitert. Die Beleuchtungen sind bis zu 4 Meter kaskadierbar und können mit Zubehör weiter konfiguriert werden. Sie erreichen Lichtleistungen von bis zu 1 Million Lux.

Das HP in LBHP steht für High Performance und bezieht sich unter anderem auf die hohen Lichtleistungen der modularen Balkenbeleuchtungen. Die weiterentwickelte Leistungselektronik sowie Hochleistungs-LEDs sorgen für Helligkeiten bis 120.000 Lux im Permanentbetrieb und bis zu 1 Million Lux im Blitzbetrieb, untergebracht in einem kompakten Aluminiumprofil.

Das Gehäusekonzept ermöglicht vor allem eine hohe Flexibilität bei geringem Zeit- und Kostenaufwand. Die Beleuchtungslängen sind in 100 mm-Schritten frei wählbar und durch das Wegfallen spezifischer Konstruktionen und Einzelfertigungen schnell und kostengünstig verfügbar. Zudem lassen sich auch sehr lange Beleuchtungen mit bis zu 2 Metern Leuchtfeldlänge (auf Anfrage auch mehr) realisieren. Somit können sehr große Prüfobjekte, wie etwa Karosserieteile oder Plattenmaterial, mit nur einer Beleuchtung homogen ausgeleuchtet werden – durch die hohen Lichtleistungen auch aus Arbeitsabständen von über 1 Meter.

Optisches Zubehör erweitert Varianten

Für eine noch genauere Anpassung an die Applikation lässt sich diverses optisches Zubehör einzeln oder in Kombination einsetzen. Mit verschiedenen Lens Arrays zum Beispiel können die Abstrahlwinkel der LEDs von 150° schrittweise auf bis zu 16° verringert werden, um genügend Licht auf den gewünschten Abstand zu fokussieren. Darüber hinaus können Diffusoren oder Polarisatoren oder eine Kombination aus beidem verwendet werden – je nach Beschaffenheit der zu prüfenden Oberfläche. Wellenlängen von Blau bis Infrarot ermöglichen eine kontrastreiche Darstellung der Prüfmerkmale und somit eine zuverlässige Auswertung.

Robust und kompakt

Das Beleuchtungsdesign setzt neben Flexibilität auch auf Kompaktheit sowie Leichtigkeit und vereinfacht so die mechanische Integration der LBHP-Serie, gerade bei Platzmangel oder Bewegung in der Applikation. Für die

Montage können das rückseitige Nutzenprofil und die stirnseitigen Montagebohrungen genutzt werden. Hier ist in Kombination mit dem Montagewinkel auch eine drehbare Montage möglich.

Trotz aller Kompaktheit halten die Balkenbeleuchtungen aber industriellen Bedingungen stand: Die Schutzart IP50 lässt sich bei Bedarf auf IP64 erweitern. Demnächst stehen darüber hinaus zusätzliche Konfigurationen für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie mit Schutzart IP69K zur Verfügung.

Neben dem neuen mechanischen Konzept findet sich auch bewährtes Know-How in der LBHP-Serie, beispielsweise das einheitliche M16-Anschlusskonzept und die integrierte Controllertechnologie für eine schnelle elektrische Integration sowie einen zuverlässigen Betrieb im Permanent-/Schalt- oder Blitzbetrieb. Letzterer ermöglicht dank Blitzzeiten zwischen 10 und 750 µs und Helligkeiten bis 1 Million Lux fremdlichtunabhängiges Prüfen ohne Bewegungsunschärfe durch schnell bewegte Prozesse. So lassen sich beispielsweise Logistikprozesse zuverlässig umsetzen – mit der modularen LBHP-Serie nun auch an großen Portalen. ■

KONTAKT

IIM GmbH, Suhl
Tel.: +49 3681 455190
Fax: +49 3681 4551911
E-Mail: info@iimag.de
www.lumimax.de



Bild: Cincoze

Edge-AI-Anwendungen in fünf Serien

Cincoze erweitert seine Edge-AI-IPCs und bietet fünf Serien in zwei Produktlinien. Die Rugged Computing-Diamond-Produktlinie umfasst drei Hochleistungsreihen (DV/DX/DS), die die neuesten Intel Raptor Lake-S Core-CPU unterstützen und flexible Größen-, Funktions- und Erweiterungsoptionen bieten, um den Anwendungs- und Umweltanforderungen gerecht zu werden. Die GPU-Computing-Gold-Produktlinie umfasst zwei Serien (GM/GP) mit Hochleistungs-CPU-Optionen und Unterstützung für MXM- und PEG-GPU-Karten zur Verarbeitung großer Bilddaten in industriellen Umgebungen. Sie bieten Rechenlösungen für Bilderkennung, datenbasierte Entscheidungsfindung und maschinelles Lernen. www.cincoze.com



Bild: Fraunhofer

Reibungslose Übertragung von Bilddaten auf Mikrodisplays

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS haben einen universellen Datenkonverter für Displaydaten (UDDC) entwickelt. Dieser ermöglicht das Übertragen von Bilddaten auf Mikrodisplays über verschiedene Schnittstellen. Auf der Electronica 2024 in München wurde der UDDC erstmals präsentiert.

Der UDDC wandelt Grafik- oder Videodaten in elektronische Impulse zur Ansteuerung diverser Mikrodisplays um und bietet Entwicklern verschiedene Schnittstellen, um Bilder und Videos auf Mikrodisplays darzustellen. Dies erleichtert die Entwicklung neuer Produkte für Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) und andere Einsatzgebiete.

www.fraunhofer.de



Bild: Vision & Control

Optiken für Hyper- und Multispektral-Imaging

Bei Vision & Control gibt es ab sofort das Vision-Objektiv Vicotar Blue TO66/11. Es wurde die apochromatische Korrektur angewandt, um die Optik für den VIS- bis SWIR-Bereich zu optimieren. Die geringe Anpassung des Arbeitsabstandes (WD) und die Diffraction MTF bei Blende F14 unterstreichen die hohe Präzision dieser Optik. Vision & Controls bi-telezentrische Objektivs, ursprünglich für VIS+NIR konzipiert, sind vielseitig einsetzbar und bieten viel Leistung im SWIR-Bereich. www.vision-control.com



Bild: Excelitas

Kameras mit kurzen Interframing-Zeiten und aktiver Kühlung

Excelitas erweitert sein Sortiment an PCO-sCMOS-Kameras um Modelle mit Double-Shutter für Strömungsmessverfahren wie Particle Image Velocimetry (PIV) und weitere anspruchsvolle Anwendungen in Forschung und Messtechnik. Die PCO Edge 5.5 DS CLHS und PCO Edge 26 DS CLHS bieten eine hohe zeitliche Präzision und hohe Auflösungen sowie Geschwindigkeiten. Mit Interframing-Zeiten von 100 beziehungsweise 350 ns im Double-Shutter-Modus eignen sie sich zum Erfassen schneller Strömungsvorgänge. Die Pixelauflösungen betragen 2.560 x 2.160 (5,5 MP) beziehungsweise 5.120 x 5.120 (26 MP), die Pixelgrößen 6,5 x 6,5 µm und 2,5 x 2,5 µm. Die PCO Edge 5.5 DS CLHS ist wahlweise mit Farb- oder monochromem Sensor erhältlich. Für die PCO Edge 26 DS CLHS mit einem monochromem sCMOS-Sensor bietet der Hersteller als Zubehör unter anderem einen Scheimpflug-Adapter an.

www.excelitas.com



Bild: Optometron

Segmentierbare Matrix-LED-Ringbeleuchtungen

Optometron bietet ab sofort Matrix-LED-Ringbeleuchtungen an, die eine punktgenauere Ausleuchtung von Prüfobjekten ermöglichen. Ab sofort stehen nicht nur LED-Ringe für Optiken mit einem Durchmesser von 45 mm und 60 mm, sondern jetzt auch für sehr große Optiken mit 110 mm Durchmesser zur Verfügung. Die Steuerung jedes einzelnen der 8 Lichtsegmente erfolgt ganz einfach über den LED-Controller NT-II. Mit der zusätzlichen USB-Schnittstelle lässt sich die gesamte Ringbeleuchtung und die einzelnen Segmente auch mit einem Windows-Computer regeln. Anwender können die kostenlose Software von Optometron nutzen oder die Steuerung der LED-Ringe nahtlos in eigene Programme integrieren. Diese Flexibilität erleichtert die Bedienung und den Einsatz der LED-Ringe in unterschiedlichsten Prüf- und Analyseumgebungen.

www.optometron.de



Bild: Teledyne Dalsa

Sensoren in Farbe erhältlich

Die voll integrierten, hochauflösenden High-Speed-Zeilenkamera-Module der AxCIS-Familie von Teledyne Dalsa sind jetzt auch in Farbe erhältlich. Sie liefern eine hohe Bildqualität mit einer Zeilenbildaufnahmezeit von bis zu 60 kHz x 3 Zeilen nativer RGB-Farben bei einer Pixelgröße von 28 µm bzw. 900 dpi Auflösung, so dass Defekte mit bisher unerreichter Präzision erkannt werden können. Das Sensordesign deckt das gesamte Sichtfeld ohne fehlende Pixel ab und liefert ein 100 Prozent nahtloses Bild ohne jegliche Interpolation. Neben der Fehlererkennung unterstützt das einzigartige Design auch echte messtechnische Anwendungen.

AxCIS wurde so konzipiert, dass es mit einer einzigen 24-V-Stromversorgung auf verschiedene Sichtfelder skaliert werden kann. Mit seinem kleinen Formfaktor und einem optischen Pfad mit staubdichtem IP50-Design passt AxCIS selbst bei begrenztem vertikalem Einbauraum in nahezu jedes System.

www.teledynedalsa.com

2.5GiGE + SWIR
with Power over Ethernet



5.2 MP IMX992
3.2 MP IMX993



Bild: Lucid

2,5-GigE-Kamera mit hochauflösenden Sensoren

Lucid hat Triton-2-SWIR-Kameras mit Sonys hochauflösenden 3,2 MP- und 5,2 MP-Sensoren vorgestellt. Die Triton 2 SWIR ist eine 2,5GigE-Kamera mit den Sony-InGaAs-Sensoren Senswir 3,2 MP IMX993- und 5,2 MP IMX992. Diese Sensoren ermöglichen es der Kamera, Bilder im sichtbaren und im infraroten Spektrum mit einer Pixelgröße von 3,45 µm aufzunehmen. Die Fähigkeit der Kamera, im kurzwelligen Infrarotspektrum Bilder zu erzeugen, ermöglicht eine hohe Leistung in industriellen Anwendungen, darunter Halbleiterinspektion, Lebensmittel und Landwirtschaft, Medizin und Biowissenschaften, Materialsortierung und Verpackung.

Das Factory-Tough-Design der Triton 2 bietet IP67-Schutz, Power over Ethernet (PoE) und Schutz vor Stößen, Vibrationen, Wasser, Staub und elektromagnetischen Störungen. Sie verfügt über Active Sensor Alignment für eine hohe optische Leistung, einen Formfaktor von 44 x 29 mm, M12-Ethernet- und M8-Allzweck-E/A-Anschlüsse für eine robuste Verbindung, industrielle EMV-Immunität und einen Umgebungstemperaturbereich von -20 bis 50 °C.

www.thinklucid.com



Bild: Autovimation

Klimatisierte Schutzgehäuse für Kameras

Autovimation bietet ab sofort Schutzgehäuse mit Peltier-Klimatisierung für Kameras mit Querschnitten bis 100 x 100 mm und maximale Objektivdurchmesser von 120 mm. Die überaus effizienten und dabei platzsparenden Gehäuse der Turtle-Serie kühlen die eingebaute Kameratechnik um bis zu 30 K unter Umgebungstemperatur. Sie erlauben Bildverarbeitungsanwendungen bei Außentemperaturen von -20 bis 70 °C und damit in nahezu allen Klimazonen und in warmen Industrieanwendungen, bei denen die Installation einer Wasserkühlung nicht möglich oder zu aufwändig ist.

Drei Regelvarianten sind verfügbar: ein kompakter interner Regler ausschließlich zur Kühlung, ein externer Zweipunkt-Regler mit automatischer Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb und die gradgenaue Temperierung der Kamera für Messanwendungen mit höchsten Präzisionsanforderungen. Die UV- und witterungsbeständigen Gehäuse erfüllen die Anforderungen der Schutzart IP65.

www.autovimation.com

WILEY

Neues Konzept für neue Innovationen!

Anmeldeschluss:

14. Februar 2025

Der inspect award 2025 bietet mehr Kategorien, um mehr Neuheiten die Möglichkeit auf eine Auszeichnung zu geben.

Weitere Details sowie das Teilnahmeformular gibt es auf der bekannten Website des inspect award:

www.inspect-award.de

www.inspect-award.com

inspect
award 2025
winner

1

Category
Vision

WILEY

inspect
award
2025



Messgerät verkürzt Fertigungsprozesse von Stunden auf Minuten

Lasertracking und berührungslose Messtechnik

Der Leica Absolute Tracker ATS800 eignet sich zum Scannen großer Bauteile aus der Entfernung, etwa um Details eines Flugzeugrumpfes zu erfassen.

Ein mobiler Lasertracker ermöglicht das präzise Messen von Schlüsselmerkmalen aus der Ferne mittels direktem Scannen. Damit wird die Inspektion mit anspruchsvollen Toleranzen in der Luft- und Raumfahrt sowie anderen Fertigungsbereichen ermöglicht.

Hexagon Manufacturing Intelligence stellt eine Technologie vor, mit der sich die Qualitätsprüfung von großen Bauteilen signifikant beschleunigen lässt. Durch die Kombination von Laser-Tracking und hochgenauem, direkten Scannen können Hersteller detaillierte Merkmale messen und enge Montagetoleranzen aus einer Entfernung von mehreren Dutzend Metern einhalten. Der Leica Absolute Tracker ATS800 basiert auf der Mess- und Positionierungstechnologie von Hexagon und ermöglicht Produktivitätssteigerungen in der Fertigung und bei der Montage von großen Bauteilen, indem er kritische Merkmale sicher und schnell misst und Produktionsengpässe minimiert.

Mit dem System messen Herstellern feine Kanten und Merkmale in großen Arbeitsvolumina. Dies ermöglicht die Durchführung des Messprozesses aus einem bequemen Abstand heraus und erhöht somit die Produktivität deutlich. Ob bei der Inspektion großer Strukturen in der Luft- und Raumfahrt oder im Automobilbau, bei Schiffssektionen oder Komponenten von Windkraftanlagen – Bediener oder Roboter müssen sich nicht in unmittelbarer Nähe des zu messenden Teils befinden. Das vermeidet unzuverlässige

Messungen und Sicherheitsprobleme und bringt eine erhebliche Zeitersparnis mit sich.

Kombination aus direktem Scannen und Reflektorverfolgung

Durch die Kombination von direktem Scannen und Reflektorverfolgung vereint das System zwei Hardware-Komponenten in einem Gerät. Mit der Powerlock-Technologie von Hexagon findet der ATS800 automatisch und sofort Reflektoren in seinem Blickfeld und verfolgt dessen Bewegungen in Echtzeit, sodass eine absolute Positionsreferenz

Das Wichtigste kompakt

Der Leica Absolute Tracker ATS800 beschleunigt die Qualitätsprüfung großer Bauteile durch die Kombination von Laser-Tracking und direktem Scannen. Hersteller können damit detaillierte Merkmale aus großer Entfernung messen und enge Montagetoleranzen einhalten. Dies steigert die Produktivität und minimiert Produktionsengpässe, besonders in der Luft- und Raumfahrt und im Automobilbau. Er ist ab dem Jahr 2025 erhältlich.

entsteht. Die Möglichkeit, fest installierte Reflektoren zu messen, vereinfacht auch Roboterautomatisierungsprozesse erheblich. Denn es ist eine schnelle und präzise Positionsreferenzierung innerhalb eines größeren Koordinatensystems möglich, wenn sich der Tracker auf einer Linearschiene oder einem autonomen mobilen Roboter (AMR) zwischen verschiedenen Messpositionen bewegt.

Mit seiner Fähigkeit, hochpräzise Messungen von aufwändigen Geometrien und komplexen Oberflächen aus sicherer Entfernung durchzuführen, eignet sich das Messgerät als vielseitiges Werkzeug für schnelle Inspektionen in verschiedenen Branchen und Anwendungen:

Ein Flugzeugrumpf kann schnell und produktionsbegleitend geprüft werden, ohne dass auf dem Messobjekt Reflektoren angebracht werden müssen, wodurch die Gesamtprüfzeit von Stunden auf Minuten reduziert wird. Durch den Einsatz mehrerer Geräte oder eines AMR lassen sich mehrere Rumpfabschnitte oder Paneele über Nacht vollautomatisiert prüfen, was die Prüfzeit weiter verkürzt und Unterbrechungen während der Schichten vermeidet.

Geführte Montageprozesse, die jederzeit präzise 3D-Positionsdaten während der Montage- und Fügeprozesse erfordern, werden durch die Simultanverfolgungsfunktion des ATS800 vereinfacht. Diese bietet eine messtechnische Führungsgenauigkeit, die es Anwendern ermöglicht, Probleme in Echtzeit

zu beheben, ohne dass eine Neukalibrierung und -messung erforderlich ist.

Die präzise Hochgeschwindigkeitsmessung von Löchern, Befestigungselementen und Kanten kann mit den Anforderungen der Großserienproduktion in der Automobilindustrie mithalten und prüft automatisch kritische Merkmale innerhalb von Sekunden, ohne Unterbrechung und ohne das Risiko einer Roboter-Kollision.

Viele schwer zugängliche Merkmale, wie die Löcher, aus denen sich ein Lochbild zusammensetzt und die entscheidend für die Ausrichtung und Befestigung riesiger Windturbinenteile oder industrieller Rohrleitungen sind, können zuverlässig und sicher im Werk gemessen werden.

Kabellos und mobil

Pirmin Bitzi, General Manager für tragbare Messgeräte bei Hexagon, kommentiert: „In Branchen, wie der Luft- und Raumfahrt und dem Schiffbau, werden große Strukturen hergestellt, bei denen die Größe und die Details gleichermaßen wichtig sind. Wir freuen uns, den Herstellern ein System anbieten zu können, das moderne Funktionen zur Messung komplizierter Merkmale mit weniger Unterbrechungen im Herzen der Produktion und in den kritischen Phasen der Montage bietet.“

Andreas Werner, CTO von Hexagon Manufacturing Intelligence, fügt hinzu: „Dieser Laser Tracker ist ein Beweis für unser Engagement, sehr eng mit unseren Kunden zusammenzuarbeiten und Produkte zu entwickeln, die auf die zentralen Bedürfnisse des Marktes ausgerichtet sind. Als Ergänzung zu unseren Laserscanning-Systemen kann der leicht tragbare ATS800 manuelle Prozesse von Stunden auf Minuten verkürzen und die Erstellung eines digitalen Zwillings unterstützen. Darüber hinaus kann er mit den von



In der Großserienproduktion der Automobilindustrie müssen häufig Löcher, Befestigungselemente oder Kanten exakt vermessen werden. Der Absolute Tracker ATS800 prüft diese kritischen Merkmale automatisch innerhalb von Sekunden.

unseren Kunden bevorzugten AMR- oder Robotersystemen eingesetzt werden, um die automatisierte Inspektion auf Knopfdruck in der gesamten Fertigung zu beschleunigen.“

Bis vor kurzem war die Roboterautomatisierung durch die notwendige Verkabelung und große Schaltschränke eingeschränkt: Diese verhindern den Einsatz von AMR und erschweren die Nutzung von Robotern in der Großserienfertigung. Der ATS800 entspricht der Schutzart IP54, kann vollständig kabellos betrieben werden und ist mobil, da er alle Systeme und die Elektronik in einer einzigen leichten Tracker-Einheit mit einem kleinen Controller integriert, der sicher an gängigen Robotersteuerungssystemen montiert und in diese integriert werden kann.

Diese Technologie basiert auf der bewährten Plattform von Hexagon für Absolute Tracker und erweitert die ATS-Familie, die nun

aus dem bekannten ATS600 und nun aus dem ATS800 besteht. Die Anwender können Zubehör wie Batterien, Stative und Reflektoren je nach Bedarf in ihrer bestehenden Installationsbasis austauschen, wenn sich ihre Anforderungen ändern. Die ATS-Familie ist so konzipiert, dass sie sich in die bestehenden Arbeitsabläufe der Anwender einfügt. Sie unterstützt die Software Development Kits von Hexagon und unterstützt die Integration in manuelle und automatisierte Lösungen von Drittanbietern.

Der Leica Absolute Tracker ATS800 wird ab 2025 weltweit verfügbar sein. ■

KONTAKT

Hexagon Metrology GmbH, Wetzlar
Tel.: +49 6441 2070
Fax: +49 6441 207122
hexagon.com/mi

alle Bilder: Hexagon

Hexapod für Positionier- und Bewegungsaufgaben

Aerotech präsentiert den Hexapod HEX150-125HL vor, der für präzise Positionier- und Bewegungsaufgaben bis in den Nanometerbereich geeignet ist. Im Vergleich zum Vorgängermodell ist er schmaler und weniger hoch. Darüber hinaus wurden konstruktive Verbesserungen vorgenommen, die laut Hersteller zu einer deutlichen Leistungssteigerung führen.

Der Hexapod bietet eine vielseitige Lösung für Anwender, die Werkstücke mit hoher Dynamik und Präzision positionieren müssen. Durch seine spezielle Konstruktion ist der parallelkinematische Hexapod robust und steif. Er eignet sich daher besonders für den Einsatz in Automatisierungslösungen und für die Mess- und Prüftechnik, zum Beispiel in der Qualitätssicherung. Vielfältige Einsatzmöglichkeiten für den HEX150-125HL sieht Aerotech auch in den Bereichen Elektronik, Photonik, Automotive, Maschinenbau und Medizintechnik.



Bild: Aerotech

www.aerotech.com

Produkte und neue Plattform

Renishaw hat auf der IMTS 2024 neue Produkte vorgestellt, darunter eine Produktlinie für industrielle Automatisierung sowie Renishaw Central, eine Plattform für Fertigungsdaten. Zudem wurde die Tempus-Technologie und das Renam 500 Ultra Metall-3D-Drucksystem dort gezeigt, das Bauzeiten um bis zu 50 Prozent verkürzt.

Im Zentrum des Messeauftritts von Renishaw standen Technologien, die die Produktivität steigern, Benutzerfehler eliminieren und Produktionsprozesse verbessern. Dazu gehört Renishaw Central, das Daten sammelt und präsentiert, was Produktionsunterbrechungen um 69 Prozent reduziert. Die neue Produktlinie für Industrierobotik umfasst RCS L-90, RCS T-90 und RCS P-Serie.

www.renishaw.com

Der IVS 108 von Leuze eignet sich für alle Anwendungen, bei denen das Vorhandensein oder Fehlen von Objekten geprüft werden soll. Beispielsweise Verschlüsse, Etiketten oder Aufdrucke auf Flaschen oder Flacons in Abfüllanlagen.



Es muss nicht gleich eine Smartkamera sein

Produkte für den Einstieg in die Welt der Bildverarbeitung

In der Bildverarbeitung für die industrielle Automation sind bei der Sensorik vor allem drei Aspekte entscheidend: Performance, Flexibilität und Usability. Die Vision-Sensoren erfüllen diese Anforderungen. Sie lassen sich so einfach bedienen wie optische Sensoren und sind zudem ähnlich leistungsstark wie Kamerasysteme. Mit diesem Konzept sind sie ein schneller und unkomplizierter Einstieg in die Vision-Technologie.

Vision-Sensoren sind die Augen der industriellen Automation. Denn die kleinen Wunderwerke ermöglichen es Maschinen, die Umgebung zu sehen und zu interpretieren. Dabei lassen sie sich einfacher integrieren und bedienen als Kamerasysteme. Die Geräte eignen sich für viele verschiedene Aufgaben: Sie kommen bei der An- oder Abwesenheitserkennung, bei der Detektion von Teilen, zur Inspektion, beim Codelesen sowie für Mess- oder Zählaufgaben zum Einsatz. Bei der Wahl der optimalen Sensorik lohnt sich ein Blick auf die Performance für die entsprechenden Detektions-, Identifikations- und Inspektionsaufgaben. Zudem sollten Konfiguration und Parametrierung der Sensoren möglichst einfach von der Hand gehen – das spart Zeit und Kosten. Sensorhersteller Leuze hat mit seinem Konzept „Simple Vision“

ein Produktportfolio umgesetzt, das diese Anforderungen erfüllt.

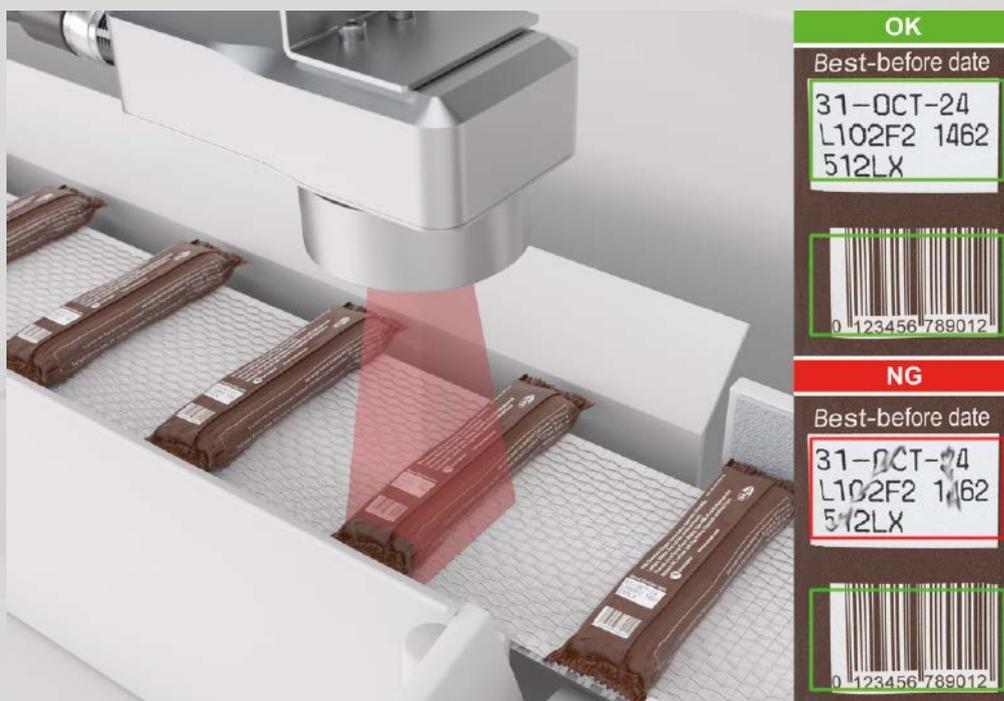
Einfach einrichten, effizient erkennen

Die Bildverarbeitungswerkzeuge von Leuze vereinen Bilderfassungs-, Verarbeitungs- und Kommunikationsfunktionen in einem Gerät. Ein gängiges Einsatzgebiet für diese Sensoren ist die Erkennung der An- und Abwesenheit von Objekten. Etwa in Abfüllanlagen: Hier müssen Verschlüsse, Etiketten oder Aufdrucke auf Flaschen oder Flacons zuverlässig detektiert werden. Mit einem Vision-Sensor lässt sich dabei auch kontrollieren, wie ein Objekt ausgerichtet ist – unabhängig von dessen Format, Material, Farbe oder Abmessung. Anwender sollten auf eine starke Performance des Geräts achten. So bietet beispielsweise der Simple-Vision-Sensor IVS 108 von Leuze konstant eine Ansprechzeit von 50

Millisekunden – selbst bei sich ändernden Objekten, Umgebungs- oder Anwendungsbedingungen. So können Anlagenbetreiber sehr einfach entscheiden, ob der Sensor den Anforderungen ihres Fertigungsprozesses entspricht. Wichtig ist zudem eine schnelle Einrichtung des Sensors. Beim IVS 108 sind dazu weder Programmierungen noch langwierige Konfigurationen erforderlich. Es genügt, „Good“- und „Not Good“-Objekte vor den Sensor zu positionieren und per Teach-Knopf zu bestätigen.

Das Wichtigste kompakt

Vision-Sensoren sind essenziell für die industrielle Automation, da sie Maschinen ermöglichen, ihre Umgebung zu sehen und zu interpretieren. Sie sind einfacher zu integrieren und zu bedienen als Kamerasysteme und eignen sich für Aufgaben wie Anwesenheitserkennung, Teileerkennung, Inspektion, Codelesen sowie Mess- und Zählaufgaben. Leuze bietet mit „Simple Vision“ ein Produktportfolio, das diese Anforderungen erfüllt.



Vision-Sensoren eignen sich zum Beispiel auch für das Prüfen von Barcodes und gleichzeitig des aufgedruckten Mindesthaltbarkeitsdatums.

Codelesen leicht gemacht

Vision-Sensoren lassen sich ebenfalls einsetzen, um 1D- oder 2D-Codes zu lesen. Praktisch: Sensoren wie der DCR 1048i lesen einzelne oder auch mehrere Codes zugleich. Das ist etwa bei Gebinden mit mehreren Sekundärverpackungen relevant. Möglich macht das eine Multicode-Decodierung. Sind auf die Verpackung gedruckte DPM-Codes zu erfassen, empfiehlt sich ein Sensor wie der DCR 1048i DPM. Er ist mit einem optimierten Lesealgorithmus ausgestattet, um diese zuverlässig zu decodieren.

Auch als Allrounder

Je nach Applikation und Anlagenkonzeption kann sich ein Allround-Modell eines Vision-Sensors bezahlt machen. Mit diesem reagieren Anlagenbetreiber schnell auf Marktanforderungen und Produktänderungen. Die Allrounder unter den Vision-Sensoren, wie der IVS 1048i, empfehlen sich für Detektions-,

Inspektions- und Identifikationsaufgaben. Beispielsweise in einer Verpackungslinie, um zu prüfen, ob Etiketten oder Klebstoff korrekt aufgebracht wurden. Oder in Getränke-Abfüllanlagen zur Kontrolle, ob der Verschluss der Flasche korrekt sitzt. Manche Hersteller bieten Geräte mit unterschiedlichen Auflösungen an. So ist der IVS 1048i mit niedriger (736 x 480 Pixel) oder höherer Auflösung (1.440 x 1.080 Pixel) erhältlich. Das ermöglicht einen sehr flexiblen Einsatz des Sensors. Zudem stehen vier austauschbare S-Mount-Objektive mit variabler Fokuseinstellung zur Wahl. So lassen sich zusätzlich Leseabstand, Sichtfeld und Tiefenschärfe an die Anforderungen in der eigenen Anlage anpassen.

Konfigurieren: Auf die Software kommt es an

Kein Vision-Sensor ohne Software: Bei der Wahl der Sensorik sollte die Usability des

zugehörigen Bildverarbeitungsprogramms mitentscheidend sein. Es spart Zeit und Aufwand im Anlagenbetrieb, wenn die Software leistungsfähige Tools umfasst und auch offline nutzbare Statistiken für die Bildverarbeitung und Inspektion liefert. Gängige Schnittstellenprotokolle wie TCP/IP, Profinet, FTP und SFTP (Secure File Transfer Protocol) sind in die Geräte integriert. Das erleichtert die Kommunikation und Datenerfassung. Leuze stellt mit dem „Vision Studio“ eine PC-basierte Konfigurations-Software zur Verfügung, die diese Anforderungen erfüllt. Sie eignet sich für die Sensoren IVS 1048i und DCR 1048i. Die Software ermöglicht es, die verschiedenen Sensoren virtuell mittels Emulator zu konfigurieren und die Applikationen mit realen Bildern zu testen, ohne dass ein Gerät physisch anwesend ist.

Fazit

Als Anlagenbetreiber kann es von Vorteil sein, sich auf Vision-Sensoren zu fokussieren, die sich ohne Spezialwissen einrichten und bedienen lassen. Das erleichtert die Integration und den laufenden Betrieb, auch wenn sich die Anforderungen im Fertigungsprozess ändern. Die Anlagensensorik lässt sich so mit relativ geringem Aufwand kosteneffizient gestalten. Bei der Gerätewahl ist zudem auf eine hohe Leistung zu achten. ■



Die Vision-Sensoren IVS108 und IVS/DCR 1048 kommen bei der An- oder Abwesenheitserkennung, bei der Detektion von Teilen, zur Inspektion sowie für Mess- oder Zählaufgaben zum Einsatz.

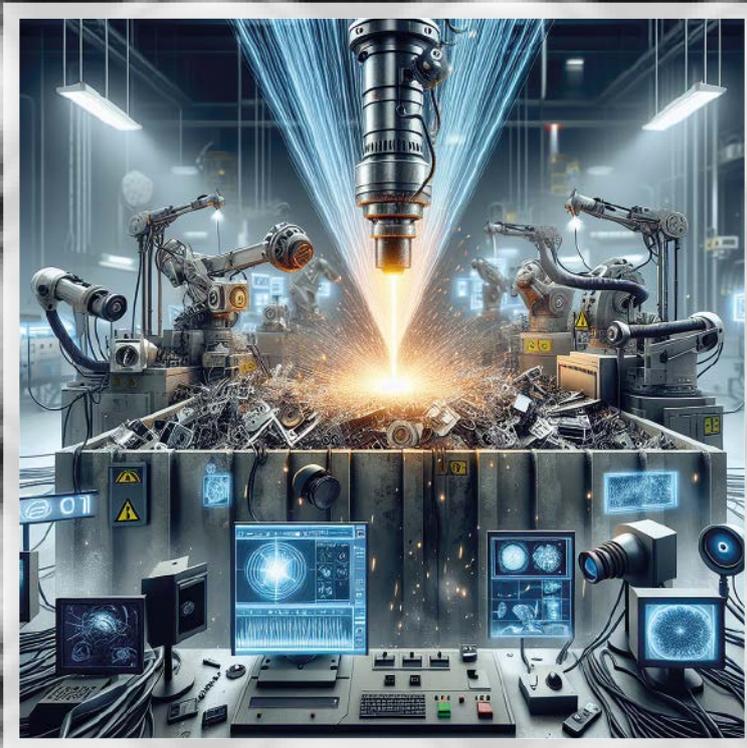
KONTAKT

Leuze electronic GmbH + Co. KG, Owen
Tel.: +49 7021 5730
E-Mail: info@leuze.com
www.leuze.com

inspect



BLICK IN DIE FORSCHUNG



40 [Terahertz-Messtechnik zur Inspektion von Fahrzeugbatterien](#)
Qualitätssicherung für die Elektromobilität

42 [Multimodale Fehlererkennung in Laserablationsprozessen](#)
Prozessüberwachung mittels optischer und akustischer Daten

In Kooperation mit:



Bild: EMVA

Bild: EMVA



Qualitätskontrolle in der Batterieproduktion und Kontrolle von Laserablation fürs Recycling

Beide vorgestellten Ansätze in der aktuellen Ausgabe der EMVA-Rubrik „Blick in die Forschung“ haben dasselbe Ziel; nämlich Ressourcenschonung. Allerdings setzen sie an unterschiedlichen Stellen der Wertschöpfungskette an: Während der erste Beitrag die Batterieproduktion optimiert, sorgt die im Folgenden vorgestellte Technologie unter anderem dafür, dass bereits produzierte Materialien wieder in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden können.

In der Batterieproduktion muss die Beschichtung der Elektroden hohen Anforderungen hinsichtlich Schichtdicke und Homogenität genügen. Die bisher übliche Qualitätsprüfung mittels Beta- und Röntgenstrahlung stößt dabei an Grenzen. Ein Team des Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM stellt als Alternative dazu in seinem Fachbeitrag eine Terahertz-Messtechnik zur Qualitätskontrolle gleich mehrerer Produktionsschritte in der Batterieherstellung vor. Die Einsatzmöglichkeit dieser Messtechnik wurde bereits an einer industriellen Rolle-zu-Rolle Beschichtungsanlage sowie in der Schaumisolation von Rundzellen in Batteriemodulen erfolgreich getestet.

Der zweite Beitrag beschreibt eine Qualitätskontrolle, bei der Bildverarbeitung nicht als Stand-alone-Lösung zur Anwendung kommt, sondern die kamerabasierten Daten vielmehr zusammen mit akustischen und thermischen Informationen für eine Entscheidungsgrundlage liefern. In der konkreten Anwendung wird bei der sogenannten Laserablation Material von einer festen Oberfläche durch Bestrahlung mit einer intensiven kontinuierlichen Welle oder einem gepulsten Laserstrahl abgetragen. Diese Technologie ermöglicht etwa das Recycling oder die Reparatur von elektronischen lackierten Komponenten. Der Ablationsprozess erfordert jedoch eine genaue Überwachung, um vor allem einen zu starken Abtrag – die so genannte Überablation – zu erkennen. In dem Beitrag des Fraunhofer IDMT wird eine Methode beschrieben, die multimodal akustische Emissionen, Bildverarbeitung, thermische Messungen und optische Signale kombiniert. Durch die Extraktion spezifischer Informationen aus jeder Modalität und die Verwendung multimodaler KI-Modelle können Veränderungen, die auf eine Überablation hinweisen, echtzeitnah erkannt und die Laserparameter dynamisch angepasst werden.

Wieder einmal zeigen diese Anwendungen, dass die Möglichkeiten der Produktionsoptimierung unter Einsatz der „Enabling-Technologie“ Bildverarbeitung noch längst nicht ausgeschöpft sind. Das ist auch der Anspruch für die zukünftig in der EMVA-„Research meets Industry“-Reihe vorgestellten Beiträge.

Thomas Lübke
EMVA-Geschäftsführer



Terahertz-Messtechnik zur Inspektion von Fahrzeugbatterien

Qualitätssicherung für die Elektromobilität

In den kommenden Jahren sollen in Europa etwa 1.000 Produktionslinien für Elektrodenfolien gebaut werden; ähnliche Zahlen gelten für Asien und Nordamerika. Um die Qualität inline während der Herstellung zu überwachen, eignen sich nur berührungslose Systeme. Das Gleiche gilt für die Inspektion der Batteriezellen-Schaumisolation und die Überwachung des Lackierprozesses der Batteriegehäuse. Das Fraunhofer ITWM hat dazu die Terahertz-Messtechnik zur Inline-Beschichtungskontrolle weiterentwickelt.

Die Elektrode ist nach wie vor der teuerste Bestandteil einer Batterie: Sie macht ungefähr die Hälfte des Kaufpreises aus. Darum zahlt sich die Qualitätskontrolle während des Herstellungsprozesses schnell aus.

In den Anlagen zur Beschichtung der Elektroden wird diese Schicht meist als Flüssigkeit – Slurry genannt – auf Kupfer- oder Aluminiumfolien aufgetragen. Für die optimale Leistung der Batterie muss die Beschichtung hinsichtlich Schichtdicke und Homogenität hohe Anforderungen erfüllen. Bisher setzt die Industrie Beta- und Röntgen-Strahlung ein, um die Schichtdicken zu ermitteln. Diese haben den Nachteil, dass sie nur die Gesamtdicke, also die Folie mitsamt Beschichtung,

erfassen und damit Differenzmessungen vor und nach dem Beschichten erfordern. Wenn nicht immer an derselben Bandposition gemessen wird, summieren sich die Messfehler im Laufe des Prozesses drastisch.

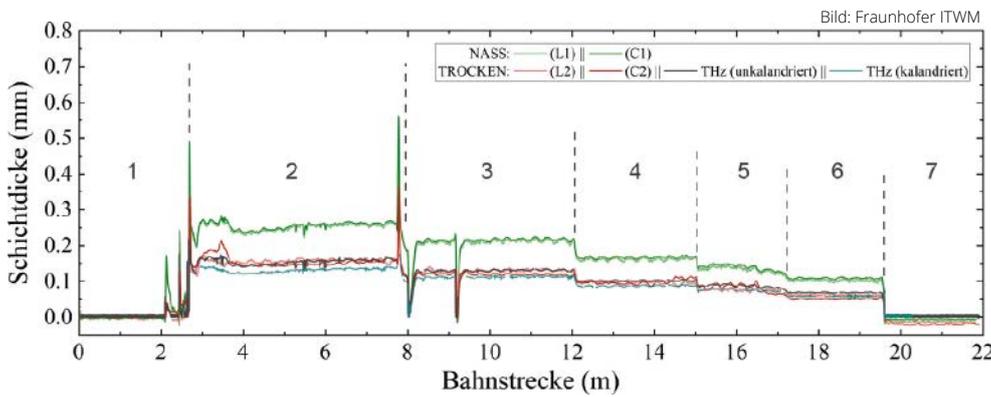
Präzise Dickenmessungen von absorbierenden oder leitfähigen Schichten

Schneller und genauer messen lässt sich mit Terahertz-Strahlung. Diese Technik misst in Reflexion und erfasst so direkt die Dicke der Beschichtung. Dabei benötigt sie für eine Messung weniger als fünf Millisekunden. Diese Sensorik lässt sich flexibel in der Zahl und Position der Messköpfe sowie der Messfrequenz an die jeweilige Aufgabe

anpassen. Die Optimierung auf Frequenzen zwischen 50 GHz und 1 THz und eine angepasste Signalverarbeitung ermöglichen präzise Dickenmessungen an dünnen, stark absorbierenden sowie elektrisch leitfähigen Schichten.

Das Wichtigste kompakt

Die Elektrode ist der teuerste Bestandteil einer Batterie und macht etwa die Hälfte des Kaufpreises aus. Daher ist eine Qualitätskontrolle während der Herstellung wichtig. Traditionell werden Beta- und Röntgenstrahlung zur Schichtdickenmessung verwendet, die jedoch ungenau sind. Terahertz-Strahlung bietet eine präzisere Alternative, da sie direkt die Beschichtungsdicke misst. Diese Technik wird bereits in der Automobilindustrie eingesetzt und zeigt vielversprechende Ergebnisse in der Batteriezellproduktion. Auch bei der Fehlerdetektion in der Schaumisolation von Batteriemodulen ist sie nützlich.



Schichtdickenmessung während des Beschichtungsprozesses mit verschiedenen Sensoren

Schichtdickenmessung mit Terahertz

Die Terahertz-Messtechnik wird bereits bei der Lackschichtmessung in der Automobilindustrie eingesetzt. Dabei sind über 1.000 Messungen pro Sekunde möglich. Die Einsatzmöglichkeit dieser Messtechnik wurde zudem an einer industriellen Rolle-zu-Rolle Beschichtungsanlage im Zentrum für digitalisierte Batteriezellproduktion des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart gezeigt. Die hierfür genutzte Beschichtungsanlage enthält laserbasierte und kapazitive Abstandssensoren zur indirekten Schichtdickenmessung im nassen (L1 / C1) und trockenen (L2 / C2) Zustand, welche typischerweise für diese Anwendung zum Einsatz kommen. Die zusätzliche Integration eines Terahertz-Sensors ermöglicht den Vergleich zwischen den verschiedenen Messverfahren während der Beschichtung.

Insgesamt wurden im Feldversuch ca. 22 Meter Folie mit Lithium-Eisenphosphat (LFP) beschichtet, was sehr häufig als Kathodenmaterial zum Einsatz kommt. Das Anpassen der Pumpleistung an der Schlitzdüse sowie dem Abstand zwischen Düse und Folie ermöglicht es, die aufgetragene Schichtdicke zu variieren. Das Ändern dieser Parameter kann allerdings kurzzeitig zum Filmabriss oder starken Inhomogenitäten führen, was die Ausreißer im Messverlauf erklärt.

Die gesamte Beschichtung lässt sich in sieben Phasen einteilen:

- Phase 1 und 7: Folie unbeschichtet
- Phase 2 bis 6: Auftrag von LFP mit unterschiedlicher Schichtdicke

Es fällt auf, dass die Messungen an L2 und C2 im Verlauf der Messungen driften und zum Ende der Messreihe (Phase 7) eine deutliche Abweichung von ca. $-20\mu\text{m}$ zeigen. Ein häufiges Problem bei indirekten Messverfahren. Dies erklärt auch die Abweichungen zur Terahertz-Messung, die als direkte Messmethode keine erneute Referenzierung benötigt. Die Schichtdickenänderungen zwischen den einzelnen Phasen sind sehr gut erkennbar.

Die anschließende Kalandrierung (Verdichtung) der Folie reduziert die Oberflächenrauheit der Schicht und verbessert die elektrischen Eigenschaften der Kathode. Auch die Schichtdicke reduziert sich aufgrund der Verdichtung.

Mehrere Hersteller arbeiten bereits an der Trockenbeschichtung von Batteriefolien, die durch die Verkürzung des Trocknungsprozesses eine signifikante CO_2 -Reduzierung und damit eine Verbesserung der Umweltbilanz des Herstellungsprozesses bewirkt. Der Einsatz der Terahertz-Messtechnik ist hier besonders vorteilhaft, da Beta- und Röntgen-Strahlung prozessbedingt nicht eingesetzt werden können.

Fehlerdetektion in der Schaumisolation

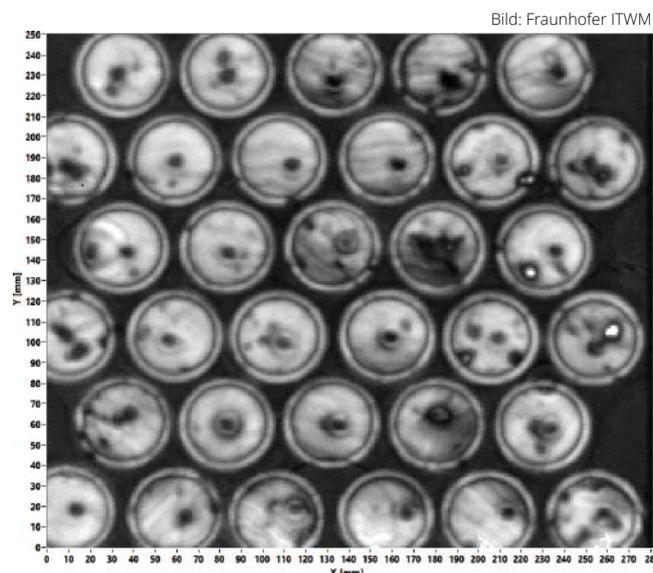
In neueren Batteriemodulen sind meistens Rundzellen verbaut. Die Zwischenräume werden ausgeschäumt, um die Zellen zu isolieren, zu stabilisieren und vor mechanischen Einflüssen zu schützen. Damit der Schaum seine Funktion bestmöglich erfüllt, darf er keine Fehlstellen wie Luftblasen enthalten und muss gleichmäßig verteilt sein. Folgende Fragestellungen müssen beim Einfließen des Isolationsschaums beachtet werden:

- Wie weit liegen Anode und Kathode von der Außenwand entfernt?
- Wie dick ist die sie umgebende Schaumschicht?
- Wurde die Rundzelle beim Ausschäumen des Gehäuses beschädigt?
- Drückt sie an die Gehäusewand?

Gängige Qualitätsstandards fordern, dass höchstens eine Rundzelle pro Package defekt sein darf. Defekt heißt in diesem Fall, dass sie unten oder oben aufplatzt. Darüber hinaus muss ausgeschlossen werden, dass defekte Zellen intakte Zellen zerstören.

Auch hier kann die Terahertz-Messtechnik unterstützen, da das Schaummaterial in diesem Frequenzbereich transparent ist. ■

Terahertz-Abbildung der Unterbodenstruktur von Rundzellen in der Schaumisolation



AUTOREN

Dr. Joachim Jonuscheit

Stellvertretender Abteilungsleiter
Materialcharakterisierung und -prüfung

Dr. Daniel Molter

Gruppenleiter Optische Terahertz-
Messtechnik

Jens Klier

wissenschaftlicher Mitarbeiter

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern
Tel.: +49 631 31600-4911
[www.itwm.fraunhofer.de/
schichtdickenmessung-terahertz](http://www.itwm.fraunhofer.de/schichtdickenmessung-terahertz)

Multimodale Sensorik und KI ermöglichen es künftig, Laserablationsprozesse in Echtzeit zu überwachen und zu optimieren.

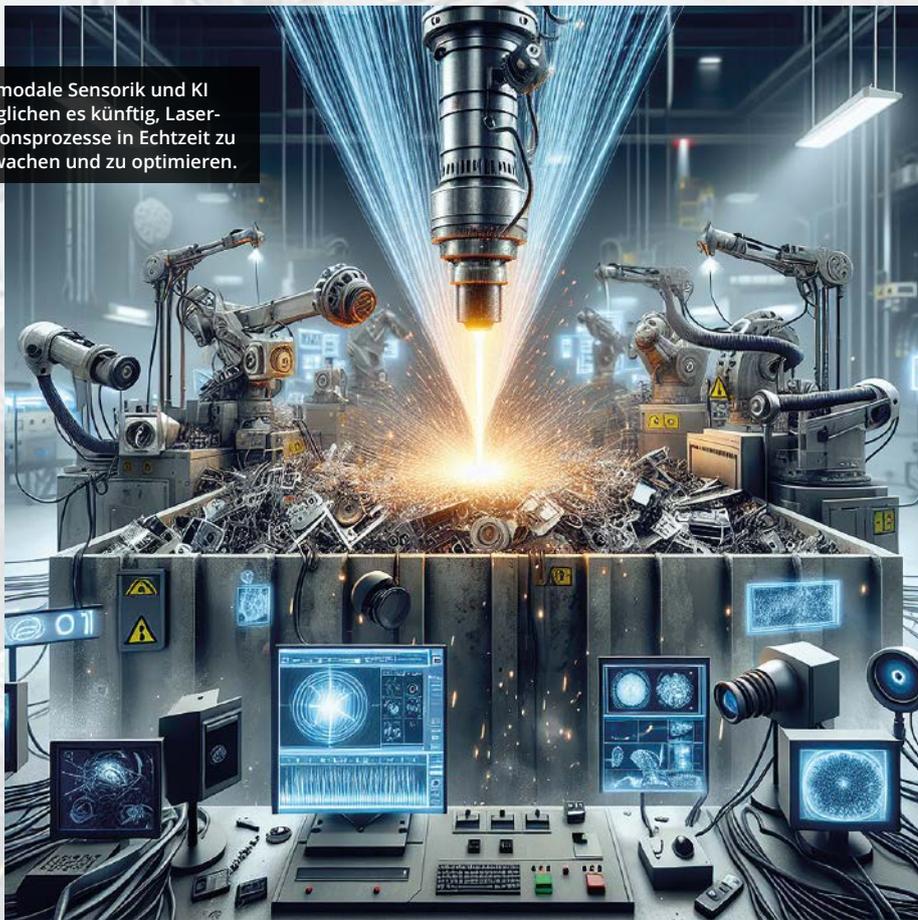


Bild: KI generiert mit Dall-E 3

Stark beanspruchte Elektronik, wie Steuerungen für elektrische Antriebe oder intelligente Messsysteme, werden zum Schutz vor Umwelteinflüssen üblicherweise lackiert oder verklebt. Dies macht eine Reparatur oder das Recycling nahezu unmöglich. Es besteht ein genereller Zielkonflikt zwischen der Langlebigkeit und der Recyclingfähigkeit elektronischer Komponenten. Aber es gibt einen Ausweg.

Multimodale Fehlererkennung in Laserablationsprozessen

Prozessüberwachung mittels optischer und akustischer Daten

Bei der Laserablation wird Material von einer festen Oberfläche durch Bestrahlung mit einer intensiven kontinuierlichen Welle (engl. intense continuous wave) oder einem gepulsten Laserstrahl abgetragen [1]. Diese Technik wird aufgrund ihrer Präzision und Kontrolle häufig in Bereichen wie der Materialwissenschaft, der Biomedizin und der Elektronik eingesetzt. Die Laserablation ist jedoch mit einigen Herausforderungen verbunden, insbesondere bei der Erkennung eines zu starken Abtrags, der zu einer Beschädigung der elektronischen Komponenten führen kann.

Das Erkennen der Überablation ist eine anspruchsvolle Aufgabe, da sie eine Echtzeitüberwachung und eine präzise Steuerung der Laserparameter erfordert. Herkömmliche Methoden, wie die visuelle Inspektion, und Nachbearbeitungsanalysen mit Techniken wie Mikroskopie oder Oberflächenprofilierung zur Bewertung des Materialabtrags sind nicht empfindlich oder schnell genug, um den Beginn der Überablation exakt zu

erkennen, weshalb es der Entwicklung neuer Methoden zur automatisierten Prozessüberwachung und -steuerung bedarf.

Neue Lösungswege zur echtzeitnahen Prozessüberwachung

Untersuchungen haben gezeigt, dass die beim Laserabtrag entstehenden akustischen Emissionen wertvolle Informationen über die Materialreaktion und die Abtragdynamik enthalten [2][3]. Durch die Analyse dieser Signale ist es möglich, den Beginn eines Überabtrags zu erkennen und die Laserparameter entsprechend anzupassen. Prozessspezialisten haben zudem deutlich hörbare Schwankungen in den Audiosignalen während des Laserabtrags festgestellt, insbesondere wenn ein Überabtrag auftritt. Diese Schwankungen äußern sich als Änderungen der Frequenz, der Amplitude oder des Rhythmus des emittierten Schalls. Solche akustischen Signaturen dienen den Bedienern als Indikatoren für potenzielle Probleme.

Die Einbeziehung von Bilddaten zum Beispiel eines CCD-Sensors (Charge Coupled

Das Wichtigste kompakt

Laserablation ist eine leistungsstarke Technologie, um das Recycling oder die Reparatur von elektronischen lackierten Komponenten zu ermöglichen. Der Ablationsprozess erfordert jedoch eine genaue Überwachung und Steuerung, um Überablation und Materialschäden zu vermeiden. Die multimodale Analyse, welche akustische Emissionen, Bilder, thermische Messungen und optische Signale kombiniert, bietet eine effektive Lösung, um Unregelmäßigkeiten zu erkennen. Durch das Extrahieren spezifischer Informationen aus jeder Modalität und dem Einsatz von multimodalen KI-Modellen lassen sich auch sehr kleine Veränderungen, die auf eine Überablation hinweisen, echtzeitnah erkennen und die Laserparameter dynamisch anpassen.

Device Sensor) in den Überwachungsprozess kann die Erkennungsmöglichkeiten verbessern [4]. Eine hochauflösende Bildgebung kann ein visuelles Feedback über Veränderungen der Oberflächenmorphologie während des Abtrags liefern, da sie Parameter wie Lichtintensität, spektrale Eigenschaften und Änderungen der Oberflächenmorphologie enthalten, die mit der Qualität des Abtragungsprozesses korreliert. Durch die Konzentration auf bestimmte Wellenlängen, die mit dem Betrieb des Lasers zusammenhängen, kann diese Methode die Fehlererkennung verbessern und den Laserabtragprozess optimieren.

Lasereinstellungen mithilfe von KI dynamisch anpassen

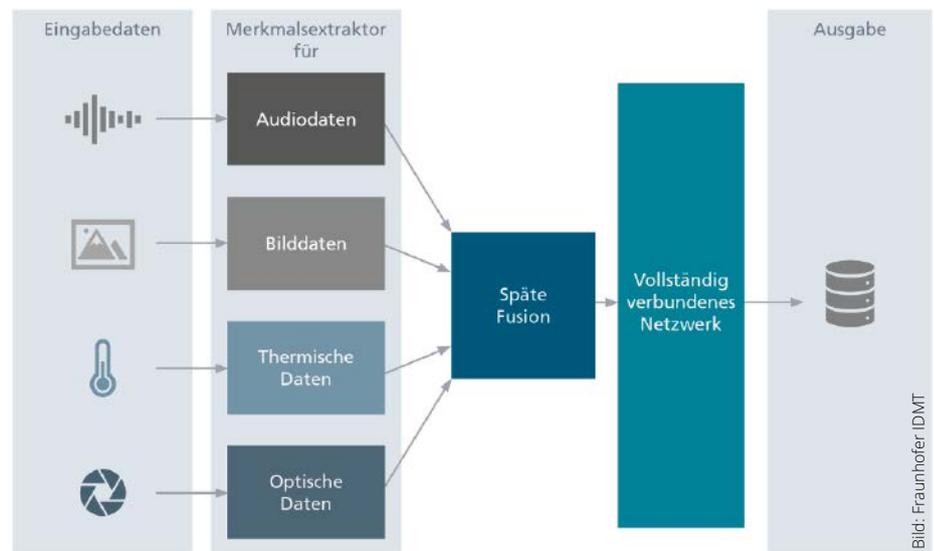
Die thermische Überwachung hingegen konzentriert sich auf die Messung von Temperaturänderungen im Material während des Laserabtrags, um Kollateralschäden zu vermeiden. Das Erfassen der Temperaturverteilung in Echtzeit ermöglicht es, Hotspots zu erkennen, die auf eine Überablation hinweisen können [5]. Diese Modalität lässt sich in die Modellierung integrieren, um den Wärmestau vorherzusagen und die Lasereinstellungen dynamisch anzupassen.

Die akustische Überwachung von Laserablationsprozessen ist ein neues Anwendungsgebiet für die Modelle künstlicher Intelligenz (KI) des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau. Die Wissenschaftler sind auf die Analyse von Industrieeräuschen mittels Luftschallmonitoring und Methoden des maschinellen Lernens spezialisiert. Derzeit wird an intelligenten akustischen Überwachungssystemen zur Verbesserung der industriellen Qualitätssicherung von Füge- und Trennverfahren geforscht. Bei der Überwachung von Laserabtragprozessen können durch den Einsatz der akustischen KI Materialübergänge, Überabtrag und andere Prozessunregelmäßigkeiten frühzeitig erkannt und die Laserparameter optimiert werden, um hochpräzise Ergebnisse zu erzielen.

Prozessdaten geben Aufschluss

Methoden des maschinellen Lernens bieten einen vielversprechenden datengetriebenen Ansatz für die Erkennung von Überabtrag in Laserablationsprozessen. Diese Verfahren können große Datensätze analysieren und Muster erkennen, die mit konventionellen Methoden nicht zu erkennen sind. Tiefe neuronale Netze beispielsweise (engl. Deep Neural Networks DNN) können darauf trainiert werden, bereits sehr kleine Veränderungen im Ablationsprozess zu erkennen, die auf eine Überablation hindeuten. Durch diese Überwachungsmöglichkeiten lassen sich somit Schäden am Material vermeiden.

Die Prozessstabilität kann multimodal überwacht werden. Audio- und Bilddaten (zum Beispiel von CCD-Sensoren) sowie thermische und optische Daten (zum Beispiel von



Die Kombination verschiedener Datentypen – etwa mithilfe eines Deep Neural Networks, kann die Erkennungsgenauigkeit eines Überabtrags erhöhen und ein umfassenderes Verständnis des Abtragprozesses ermöglichen. Im Bild: die Architektur des KI-Modells

der abstimmbaren Diodenlaser-Absorptionsspektroskopie) sind besonders nützlich, um einen Überabtrag zu erkennen. Das wahrgenommene akustische Signal kann bereits während des Abtrags Aufschluss über die Reaktion des Materials auf den Laser geben. Bilddaten hingegen liefern visuelle Informationen über die Oberflächenmorphologie und Veränderungen im Materialgefüge. Zusätzlich unterstützen thermische und optische Prozessdaten die Anpassung der Laserparameter in Echtzeit und verbessern somit die Prozesskontrolle. Die Bildmodalität liefert hierbei statische visuelle Darstellungen, um die physikalischen Eigenschaften zu bewerten. Die optische Modalität konzentriert sich auf dynamische Lichtwechselwirkungen, die die Materialzusammensetzung und Veränderungen während des Abtragprozesses zeigen.

Die Kombination dieser Datentypen kann die Erkennungsgenauigkeit eines Überabtrags weiter erhöhen und ein umfassenderes Verständnis des Abtragprozesses ermöglichen.

Multimodales Deep-Learning-Verfahren zur Prozessoptimierung

Ein multimodales DNN ist für diese Kontrolle von Laserabtragprozessen besonders nützlich, da es mehrere Datentypen gleichzeitig analysieren kann. Durch die Kombination von Audio-, Bild-, Wärmebild- und optischen Daten kann das Modell die Stärken der einzelnen Modalitäten nutzen und eine genauere und robustere Erkennung von Überablation ermöglichen. Durch die Integration verschiedener Datentypen kann das Modell ein breiteres Spektrum von Merkmalen und Mustern erfassen und so seine Gesamtleistung verbessern. Um den Laserablationsprozess zu verbessern, ist es notwendig, spezifische Informationen aus verschiedenen Modalitäten zu gewinnen.

Um die verschiedenen Datentypen effektiv zu kombinieren, können verschiedene Methoden angewendet werden, so zum Bei-

spiel die frühe Fusion, bei der die Merkmale bereits auf der Input-Ebene verkettet werden. Bei der späten Fusion hingegen werden die Vorhersagen der einzelnen Modalitäten erst auf der Output-Ebene (Klassifikationsebene) kombiniert. Ein weiterer hybrider Ansatz, verwendet beide Strategien auf Grundlage der Endergebnisse [6][7]. Mit den Informationen aus jeder Modalität werden verschiedene Extraktionstechniken angewendet. Die Ergebnisse werden dann zu einem kombinierten Merkmalsvektor verknüpft und durch vollständig verknüpfte Schichten geleitet, um eine binäre Klassifizierung zu erstellen, die eine Überablation anzeigt. ■

Literatur

- [1] www.sciencedirect.com/topics/materials-science/laser-ablation
- [2] www.researchgate.net/publication/378921791_Multimodal_image-guided_laser_ablation_system_for_precise_3D_tissue_sampling_and_subsequent_analysis_of_biomolecules_for_cancer_research
- [3] www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7074666/
- [4] www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aot-2021-0038/html?lang=en
- [5] opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-23-2-1035&id=307810
- [6] www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123023003614
- [7] www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10007548/

AUTORINNEN

Anitha Bhat Talagini Ashoka
Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Industrial Media Applications des Fraunhofer in IDMT

Dr. Katharina Anding
Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Industrial Media Applications des Fraunhofer in IDMT

KONTAKT

Fraunhofer IDMT, Ilmenau
Email: katharina.anding@idmt.fraunhofer.de
www.idmt.fraunhofer.de

Modifikationsfreie Drehwinkel- und Drehmomenterfassung

Berührungslose Messmethoden für eine integrierte Messung von Drehzahl und Drehmoment



Die Messung von Drehzahl und Drehmoment spielt eine zentrale Rolle in unterschiedlichen technischen Anwendungen, vor allem aber bei Antrieben und Generatoren. Um bei ihnen intelligente Überwachungs- und Steuerungssysteme zu implementieren, ist es relevant, beide Größen genau zu erfassen.

Bei Schiffsantrieben werden Drehzahl- und Drehmomentmesswerte genutzt, um den aktuellen Verbrauch zu bestimmen und zu optimieren. Je genauer und zuverlässiger der Messwert vorliegt, desto höher ist in diesem Fall das Einsparpotenzial durch Verbrauchsoptimierung. Ein weiteres Beispiel, das die Relevanz von genauen Drehzahl- und Drehmomentmesswerten zeigt, liefern Windkraftanlagen. Um die Eingangsgrößen für den stromerzeugenden Generator genau zu bestimmen und somit dessen Effizienz zu steigern, werden Drehzahl und anliegendes Drehmoment am Rotor gemessen. Unabhängig davon, ob es sich um einen Antrieb oder Generator handelt, können die Messwerte zudem genutzt werden, um frühzeitig technische Fehler an den Systemen zu erkennen. Diese werden durch Anomalien in den Messwerten erkennbar. Üblicherweise werden beide Messwerte getrennt erfasst. Dabei sind Drehgeber und Dehnungsmessstreifen (DMS) die jeweils am verbreitetsten Sensortypen. Beide Sensortypen gehören zu den sogenannten berührenden Sensoren. Zudem gibt es

noch berührungslose Sensoren, die prinzipbedingt weniger Verschleiß unterworfen sind und folglich länger zuverlässige Messwerte liefern können. Des Weiteren müssen sie nicht direkt auf der Welle angebracht werden. Sensorsysteme anzufanschen oder aufzukleben kann einen hohen finanziellen, konstruktiven und zeitlichen Aufwand bedeuten, sollte die Welle schwer zugänglich, groß oder aus empfindlichen Materialien sein.

Das Forschungsvorhaben „Modimo“

Am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover wird bereits seit 2014 an berührungslosen Messmethoden geforscht, welche eine integrierte Messung von Drehzahl und Drehmoment erlauben. Im Rahmen der Forschungsprojekte IntegrAD (IGF-Vorhaben 18200 N) und MiniVib (IGF-Vorhaben 20891 N) wurden exakte Muster auf Stahlwellen graviert, wodurch der aktuelle Drehwinkel einer Stelle an der Welle optisch erfassbar wurde. Im Rahmen des Forschungsprojekts Modimo (IGF-Vorhaben 01IF23006N) wird derzeit auf diesen Forschungsergebnissen

aufgebaut und eine Methode entwickelt, bei welcher keine Modifikation der Wellenoberfläche erforderlich ist. Das dafür konzipierte Messprinzip ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die zugrundeliegende Annahme ist, dass die Oberfläche einer Stahlwelle bereits lokale charakteristische Merkmale aufweist. Diese können beispielsweise Riefen oder Fehlstellen sein, und als erkennbare Muster dienen. Die Muster können dann mit einem zuvor aufgenommenen 360°-Panorama der Wellenoberfläche verglichen und der absoluten Winkelposition φ zugeordnet werden. Das anliegende Drehmoment M wird dann durch die erfasste Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ bestimmt.

Panoramaaufnahme der Wellenoberfläche

Das erste Teilziel des Forschungsprojekts war demnach, eine Methode zu entwickeln, um die 360°-Panoramen der Wellenoberfläche aufzunehmen. Dabei müssen messtechnische Probleme wie Helligkeitsschwankungen und Verzerrungen der Kamera oder Wellenkrümmung berücksichtigt werden. Um eine Echtzeitfähigkeit der Methode zu ermöglichen, muss die Methode möglichst effektiv und effizient das Panorama berechnen. Diese Anforderungen konnten durch einen Ansatz

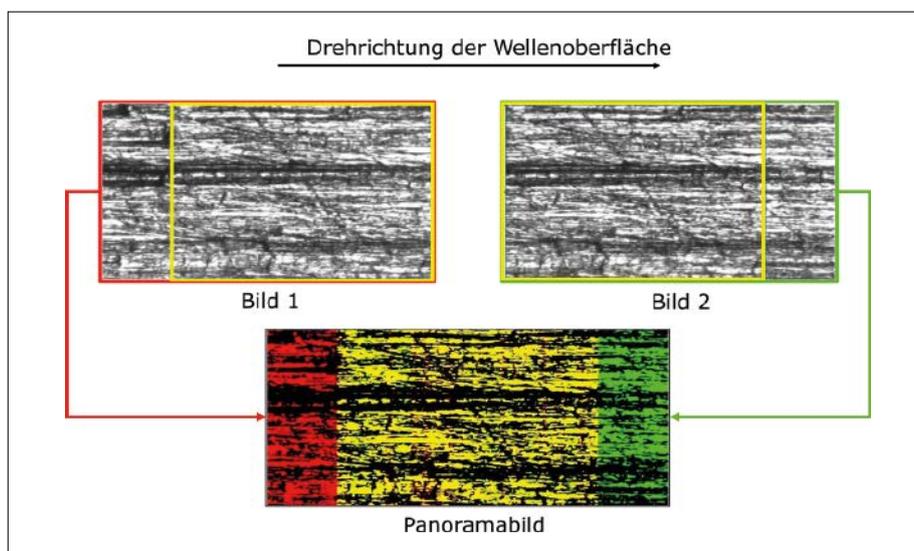


Abb. 2: Bildüberlappung durch Kreuzkorrelation

realisiert werden, welcher mittels Kreuzkorrelation Überschneidungen zwischen aufeinanderfolgenden Bildern bestimmt.

Das prinzipielle Vorgehen für zwei aufeinanderfolgende Bilder wird im Schaubild (Abb. 2) ersichtlich. Darin sind Bild 1 (rot) und Bild 2 (grün) dargestellt, welche beide jeweils einen Teil der Wellenoberfläche mit den markanten Oberflächencharakteristika der Stahlwelle zeigen. In der Zeit zwischen den Aufnahmen wurde die Welle um einige Grad weitergedreht. Dennoch ist ein identischer Bereich der Wellenoberfläche in beiden Bildern abgelichtet. Dieser ist in Bild 1 und Bild 2 jeweils in Gelb umrahmt. Dieser übereinstimmende Bildbereich wird genutzt, um die aufeinanderfolgenden Bilder zueinander auszurichten und zu überlappen. Dies geschieht nun so oft bis eine gesamte Wellenumdrehung erreicht ist und das Ende des Panoramas mit dem Panoramaanfang zusammengefügt werden kann. Das ganze

Panorama entspricht somit 360° und den Oberflächenmerkmalen kann ein bestimmter Drehwinkel zugeordnet werden.

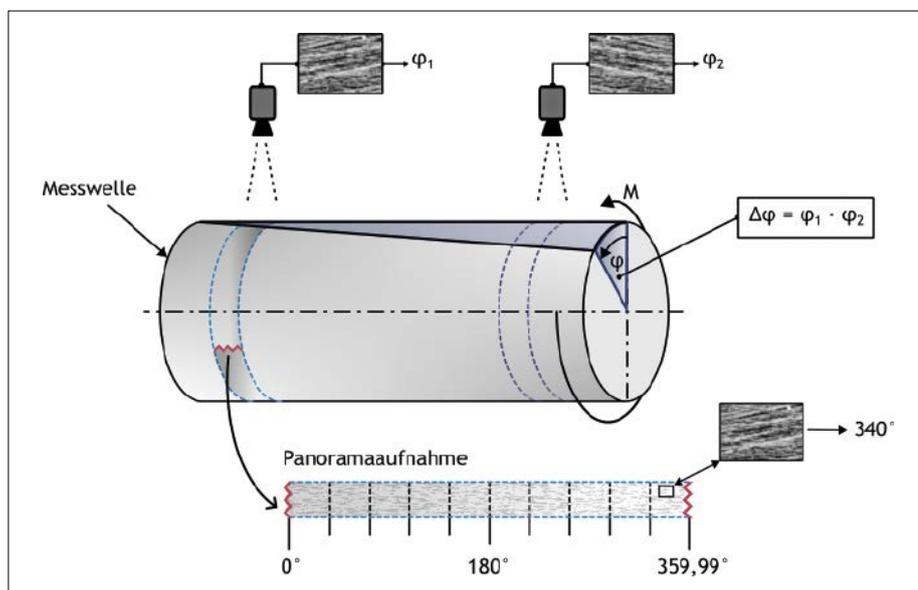
Drehwinkelbestimmung mittels Mustererkennung und Evaluation im Laborumfeld

Neben dem Teilziel der Panoramaaufnahme wurden zwei weitere Teilziele gesetzt. Diese sind die Untersuchung und Implementierung einer Methode zur Drehwinkelbestimmung mittels Mustererkennung. Zuletzt soll das entwickelte System im Laborumfeld evaluiert werden. Für die Drehwinkelbestimmung mittels Mustererkennung wird zunächst ein Feature-basierter Ansatz gewählt. Um die Oberflächencharakteristika unter unterschiedlichen Bedingungen robust zu erkennen, werden Merkmalsdetektoren wie beispielsweise der „Scale-Invariant Feature Transform“-Algorithmus (SIFT) und der „Oriented FAST and rotated BRIEF“-Algorithmus

(ORB) getestet und verglichen. Aufgrund des relativ kleinen Datensatzes wird zunächst ein Brute-Force-Matcher eingesetzt, um Übereinstimmungen zwischen einem Einzelbild und dem zuvor erstellten 360°-Referenzpanorama der Wellenoberfläche zu erkennen.

Als verbleibendes Teilziel werden abschließend die Grenzen des entwickelten Gesamtsystems erforscht. Bei der Evaluierung im Laborumfeld werden dazu Parameter, wie beispielsweise Drehmoment oder Drehzahl variiert. Zudem sollen Umweltbedingungen, wie unterschiedliche Lichtverhältnisse, Verschmutzungsgrad oder Lagerschäden, am Versuchsstand simuliert werden, um deren Einfluss auf die Genauigkeit des Messsystems zu quantifizieren. ■

Abb. 1: Messprinzip der Drehwinkel- und Drehmomenterfassung



Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben (01IF23006N) des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie e.V. (ZVEI) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

AUTOREN

Eike Lorenz

Projektingenieur
Produktionsautomatisierung

Niels Janson

Hard- und Softwareentwickler
Produktionsautomatisierung

Dr. Benjamin Küster

Abteilungsleiter Produktionsautomatisierung

KONTAKT

IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gGmbH
modimo.iph-hannover.de
lorenz@iph-hannover.de

Effiziente Instandhaltung mittels Thermografie

Wärmebildkameras helfen bei der Überwachung von Bahnfreileitungen und Umrichterwerken



Die wichtigsten Objekte, die bei DB Energie mittels Thermografie geprüft werden, sind neben Bahnfreileitungen vor allem die Umformer- und Umrichterwerke.

Bei der Deutschen Bahn werden Wärmebildkameras eingesetzt, um die Sicherheit der Züge zu gewährleisten. Diese Technologie ermöglicht bundesweite Instandhaltungsmaßnahmen, bei denen Bahnfreileitungen sowie Umformer- und Umrichterwerke überwacht und gewartet werden. Die Thermografie hilft dabei, potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen und zu beheben, was für den reibungslosen Betrieb der Bahn unerlässlich ist.

Im Servicebereich Technik der Abteilung „Technisches Consulting Ost“ von DB Energie in Berlin sorgt Xiaoying Wang seit 2020 mit Wärmebildkameras dafür, dass die Züge sicher rollen. Für DB Energie ist sie bundesweit im Instandhaltungseinsatz und nutzt für ihre Untersuchungen eine FLIR T1020sc mit Standard-, Weitwinkel- und Teleobjektiv.

Was wird mit einer Wärmebildkamera untersucht?

Die wichtigsten Objekte, die bei DB Energie thermografiert werden, sind neben Bahnfreileitungen vor allem die Umformer- und Umrichterwerke. Diese sind notwendig, weil die Züge der Deutschen Bahn mit Bahnstrom mit einer Frequenz von 16,7 Hertz fahren, das öffentliche Stromnetz aber mit 50 Hertz betrieben wird. Die Umwandlung des Stroms erfolgt heute hauptsächlich in sogenannten Umrichterwerken. Im Gegensatz zu ihren Vorgängern, den Umformerwerken (die

immer noch in Betrieb sind), arbeiten sie nicht mechanisch, sondern sind mit einer Leistungselektronik ausgestattet und erzeugen so bis zu fünf Prozent weniger Umwandlungsverluste. Umformerwerke bestehen aus einer gewaltigen rotierenden Maschinerie, die mit Elektromotor und Generator allein ein Gewicht von 140 t erreichen kann, sowie parallel dazu einer Schaltanlage. Die technischen Einrichtungen in Umrichterwerken machen im Prinzip dasselbe – nur eben effizienter und deutlich kompakter. Beide Umwandlungsarten erzeugen Wärme und sind damit ein mögliches Einsatzgebiet für die Thermografie.

Thermografie von Bahnfreileitungen

Die wichtigste Jahreszeit für thermografische Inspektionen von Bahnfreileitungen und Oberleitungen als besonderer Form von Freileitungen ist der Winter. Dafür muss

das Team von Wang früh aufstehen: „Wenn wir die Knotenpunkte von Bahnfreileitungen thermografieren, stehen wir schon um 5 Uhr auf – und thermografieren bis 14 Uhr. Wir müssen aber auch manchmal schon um 10 Uhr abbrechen, wenn die Sonne durchkommt, denn direkte Sonneneinstrahlung verfälscht die Ergebnisse genauso wie Schnee, Regen oder Nebel“, erklärt Xiaoying Wang. Daher achtet die Diplomingenieurin schon bei der Planung der zustandsorientierten Instandhaltungsmaßnahme auf die zu erwartenden Witterungsverhältnisse. Ideal ist ein kalter, bewölkter Herbst- oder Wintermorgen ohne Sonne, Regen, Schnee, Nebel oder Wind.

Günstige Wetterbedingungen als Grundlage für aussagekräftige Wärmebilder

„Die Wettervorhersage ist aber erst der zweite Punkt bei unserer Planung. Zuallererst müssen wir uns mit der zentralen Netzstelle abstimmen, um festzulegen, wo wir thermografieren und was wir uns genau ansehen möchten“, erklärt Wang. Denn bei der Bahn ist fast alles auf Redundanz angelegt – eine Ausnahme ist die Fahrdrachtspeiseklemme im Hauptgleis, die deshalb bei der zustandsorientierten Instandhaltung ein zentrales Bauteil

ist – sodass der Betrieb auch beim technischen Ausfall einer Komponente reibungslos weiterlaufen kann. Doch genau diese Redundanz sorgt auch dafür, dass die Komponenten fast nie an ihre Leistungsgrenzen kommen. Wenn das technische Serviceteam also ein bestimmtes Bauteil genauer untersuchen möchte, muss es dafür sorgen, dass die Last nicht gleichmäßig über alle Teile des redundanten Systems geleitet wird, sondern hauptsächlich durch die zu untersuchende Komponente. Nur so kann man mit einer geeigneten Thermografiekamera erkennen, ob alles in Ordnung ist oder ob die Komponente umgehend oder bei der nächsten geplanten Abschaltung ausgewechselt werden sollte.

Gründliche Planung

Während Energieversorger für die Inspektion ihrer Freileitungen oft Drohnen mit Wärmebildkameras einsetzen, ist das für die Bahnstromversorgung aufgrund der stark wechselnden Belastungszustände nicht aussagekräftig. Daher werden die Bahnfreileitungen mit einer hochauflösenden handgehaltenen Wärmebildkamera untersucht. Dafür erstellt das Team vorab mit Google Maps einen genauen Inspektionsplan, der jeden Knotenpunkt einer Strecke umfasst. Das können durchaus 20 bis 30 Knotenpunkte sein. „Für die Strecke Darmstadt-Mannheim benötigt ein Team von zwei Mitarbeitern ungefähr

eine Woche. Um den Prozess zu beschleunigen, haben wir mit zwei Teams von beiden Seiten zeitgleich angefangen und konnten so die Inspektionszeit auf zwei Tage verringern“, erklärt Wang.

Weitere Untersuchungsobjekte: Photovoltaik

Die Deutsche Bahn hat sich dem Ziel verpflichtet, bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür ist die Nutzung erneuerbarer Energien und neuer Technologien ein zentraler Baustein. Um Technologien und Energiekonzepte unter Realbedingungen besser erforschen und testen zu können, betreibt die Bahn das Reallabor Energie in Berlin. Dort sorgen bereits heute ein mit PV-Modulen ausgestatteter Carport und eine sogenannte Solarblume dafür, dass ein Teil der benötigten Energie nachhaltig erzeugt wird. Die korrekte Funktion lässt sich ebenfalls mit einer Wärmebildkamera überprüfen.

Die perfekte Wärmebildkamera: eine Frage der Anwendung

Was eine geeignete Wärmebildkamera ist, hängt ganz von der Untersuchungssituation ab. Wenn man ein Objekt im Hochspannungsbereich untersucht, muss man aus Sicherheitsgründen einen deutlichen Abstand einhalten, um potenziell tödliche Lichtbogenüberschläge zu vermeiden. Für hochauflösende Thermografie an einem

weiter entfernten Knotenpunkt ist daher ein Teleobjektiv sinnvoll. Steht man dagegen direkt vor einem Schaltschrank und kann nicht weiter nach hinten zurücktreten, kommt ein Weitwinkelobjektiv zum Einsatz, um möglichst viel von einer Szenerie auf einem Wärmebild zu erfassen. Will man verschiedene Anwendungsfälle mit einer Kamera abdecken, empfehlen sich Wechselobjektive. Wang nutzt momentan eine Flir T1020sc mit Standard-, Weitwinkel- und Teleobjektiv.

Die Bedeutung der Messfleckgröße

Die geometrische Auflösung ist dafür verantwortlich, dass ein Bauteil im Messabstand vollständig erfasst wird. Nur so ist eine genaue Temperaturbestimmung möglich, denn falls der Messfleck größer als das zu messende Objekt wäre, würden neben der Bauteiltemperatur auch Temperaturen der unmittelbaren Umgebung mitgemessen – und die Messung wäre fehlerhaft.

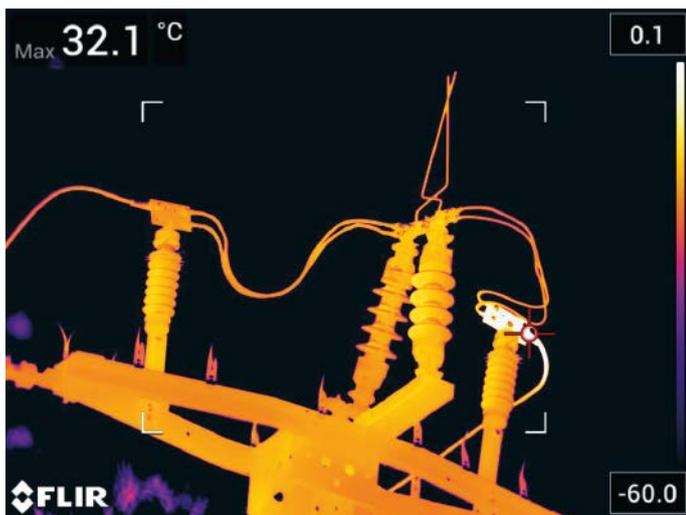
Sicherheitskonzept für Umrichterwerke

In vielen Umrichterwerken stehen die Schaltschränke in Reihen eng beieinander. Aus Sicherheitsgründen darf dieser Bereich im Betrieb nicht betreten werden. Wärmebildaufnahmen von ausgeschalteten Geräten zeigen jedoch keine Auffälligkeiten. Wie kann man dennoch im laufenden Betrieb Wär-

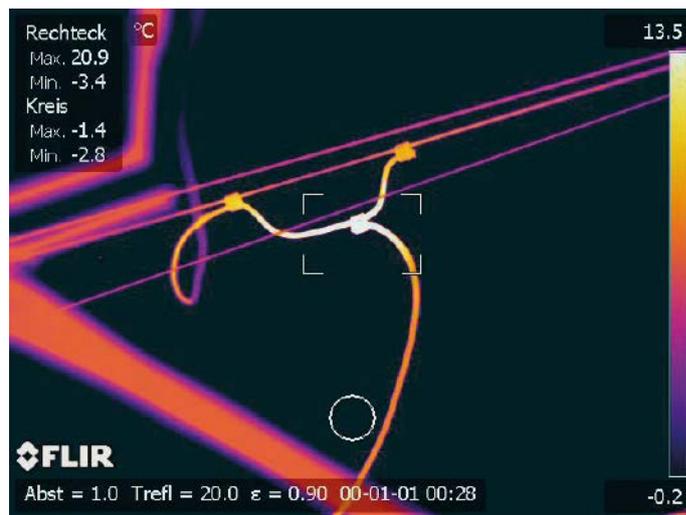
Bitte umblättern ►



Pooria Memari (l.) und Xiaoying Wang (r.) aus dem Servicebereich Technik der Abteilung „Technisches Consulting Ost“ von DB Energie mit Andreas Blug von der Rolf-Weber-Gruppe und der Wärmebildkamera Flir T1020sc mit Teleobjektiv.



Hier sieht man einen Oberleitungsschalter mit den weiterführenden Bauteilen in das Kettenwerk. Auf dem Stützisolator befindet sich eine Klemmplatte, wobei der Anschluss zur Schalterfallleitung durch zu hohe Widerstandswerte erwärmt ist. Innerhalb von weniger als einem Monat wird bei einer Abschaltung die Ursache ermittelt und der Fehler beseitigt.



Durch eine fehlerhafte Pressklemme in der Verbindung zum Fahrdrabt entspricht die Stromaufteilung nicht den technisch gewünschten Bedingungen.

mebildaufnahmen machen? Das Team vom Technisches Consulting Ost der DB Energie hat dafür einen Roboter im Einsatz. Auf einer fahrbaren, ferngesteuerten Plattform wurde ein Stativ mit einem Schwenk-Neigekopf montiert, der die handgehaltene Flir T1020sc mit ihrem Weitwinkelobjektiv zu einer festmontierten Kamera mit größtmöglicher Bewegungsfreiheit macht. Die Konstruktion fährt ferngesteuert durch die Schaltschrankreihen, ohne dass ein Mensch gefährdet wird. Oft macht dem Roboter allerdings die verwinkelte Anlage der Schaltschränke in den Umrichterwerken zu schaffen, denn für die Steuerung über WLAN benötigt man eine weitgehend freie Sicht auf den Roboter, die leider nicht immer gegeben ist. Hier sieht das Team der Abteilung Technisches Consulting Ost der DB Energie in den nächsten Jahren

noch ein Potenzial für weitere Inspektionslösungen und deren Fernsteuerung.

Wünsche für die Zukunft

Mit der Flir T1020 ist Xiaoying Wang für ihre Inspektionen sehr zufrieden. Die beschriebenen halb-automatisierten Untersuchungen mit dem fahrbaren Roboter in Umrichterwerken sind nur die ersten Schritte in Richtung einer immer stärker automatisierten, permanenten Instandhaltung von Bereichen, die für Menschen nicht zugänglich sind. „Aus Sicherheitsgründen werden viele Schaltschränke heute so gebaut, dass sie sich gar nicht mehr öffnen lassen“, erklärt Wang. „Dafür brauchen wir festinstallierte Lösungen, die von vornherein in den Anlagen verbaut werden und permanent zuverlässige Messungen liefern können, oder zeitweise

installierte Minikameras.“ Integrator Andreas Blug schätzt den Trend ähnlich ein: „Gerade im Zuge der Elektromobilität, aber auch bei Energieversorgern beobachten wir einen immer stärkeren Bedarf an festinstallierten, automatisierten Wärmebildkamera-Inspektionslösungen.“ ■

AUTOREN
Frank Liebelt
freier Journalist

Cemil Çaylı
Channel Sales Manager Dach bei Teledyne Flir

KONTAKT
Teledyne Flir, Frankfurt
Tel.: +49 69 80884980
www.flir.de

alle Bilder: Flir

pro-physik



www.pro-physik.de

WILEY VCH



Bild: Edmund

Testphantome für optische Kohärenztomographie

Edmund Optics erweitert sein Produktportfolio um Testphantome für optische Kohärenztomographie (OCT) und diffus reflektierende Testphantome. Forscher und Ingenieure erhalten so standardisierte, sofort einsetzbare Hilfsmittel für die Kalibrierung und Optimierung von Bildgebungssystemen in der Entwicklung und für klinische Anwendungen. Die Testphantome für OCT sind genau kontrollierte Proben zum Testen und Kalibrieren von OCT-Systemen mit gut charakterisierten optischen Eigenschaften wie Brechungsindex, Streukoeffizient und Absorptionskoeffizient, die genaue und zuverlässige Messungen ermöglichen. Die Phantome, die in verschiedenen Varianten erhältlich sind, gewährleisten eine präzise Prüfung der Systemparameter Tiefenauflösung, Bildkontrast und Empfindlichkeit.

www.edmundoptics.de



Bild: Waygate

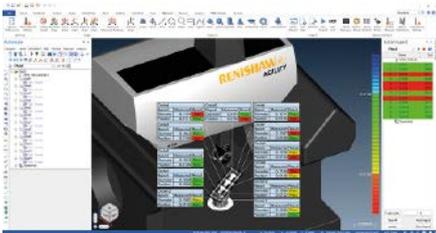
Digitaler Röntgendetektor

Waygate erweitert sein Portfolio mit dem biegbaren digitalen Röntgendetektor DXR Flex. Er wurde entwickelt, um auch härtesten Bedingungen standzuhalten und soll den traditionellen Röntgenfilm ersetzen sowie Feldinspektionen in einer Vielzahl von Branchen optimieren, von Öl & Gas und Energieerzeugung bis hin zu Chemie, Zellstoff & Papier, Luftfahrt und Raumfahrt.

Der DXR Flex wurde für die Anwendung an runden Objekten bis zu einem Durchmesser von 150 mm (6 Zoll) konzipiert und umschließt Rohrschweißnähte eng, was bisher nur mit Röntgenfilm oder CR-Phosphorbildplatten möglich war. Im Vergleich zu starren Flachdetektoren erfasst er einen größeren Teil des zu prüfenden Schweißnahtbereich und reduziert die erforderlichen Aufnahmen um bis zu 65 Prozent. Dies führt zu kürzeren Einrichtungs- und Inspektionszeiten sowie geringere Anlageausfallzeiten.

www.bakerhughes.com

Bild: Verisurf



Erweiterte 5-Achsen-Sensor-Unterstützung

Verisurf stellt die Version 2025 seiner universellen Mess-Software vor. Die Software ermöglicht die 5-Achsen-Bahnplanung ohne Programmieraufwand. Die neue Version unterstützt alle 5-Achsen-Messtastersysteme von Renishaw sowie die komplette Familie der Revo-Sensoren. Der Einsatz eines 5-Achsen-Tastsystems für die Inspektion bietet zahlreiche Produktivitätsvorteile: So wird die Anzahl der Arbeitsgänge und Aufspannungen reduziert und Änderungen der Tasterausrichtung entfallen. Zudem bewegt sich die Masse der Maschine weniger aufgrund des 5-Achsen-Verhaltens und der unendlichen Positionierungsmöglichkeiten des Kopfes. Das positive Ergebnis sind geringere Unsicherheiten und um das Dreifache reduzierte Zykluszeiten.

www.verisurf.com



Bild: Flir

Mobile-Wärmebildkamera im Taschenformat

Fluke Corporation hat ab sofort die Wärmebildkamera Isee Mobile im Portfolio. Dabei handelt es sich um eine tragbare Wärmebildkamera im Taschenformat, deren Auflösung eine detaillierte Bildqualität vergleichbar mit professionellen Kameras bietet und eine vollständige Temperaturbereichsanalyse ermöglicht. Die Kamera wird an ein Smartphone angeschlossen und erkennt die Wärmeabstrahlung, wodurch sich ungewöhnliche Temperaturen einfach und effizient hervorheben lassen. Besonders vorteilhaft ist die Tragbarkeit der Kamera: Sie eignet sich besonders für Aufgaben, die eine präzise Wärmebildgebung aus sicherer Entfernung oder unterwegs erfordern.

Die Kamera ist in einer Sekunde einsatzbereit und wiegt 28 Gramm. Sie wurde für Fachleute entwickelt, die eine einfachere Möglichkeit suchen, genaue Temperaturmessungen zu erstellen.

www.flukeprocessinstruments.com

WILEY

© goluboy - stock.adobe.com

inspect
award
2025

inspect
award 2025
winner

1

Category
Vision

WILEY

Neues Konzept für neue Innovationen!

Anmeldeschluss:
14. Februar 2025

Der inspect award 2025 bietet mehr Kategorien, um mehr Neuheiten die Möglichkeit auf eine Auszeichnung zu geben.

Weitere Details sowie das Teilnahmeformular gibt es auf der bekannten Website des inspect award:

www.inspect-award.de
www.inspect-award.com

Index

FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE	FIRMA	SEITE
Aerotech	35	Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme (IPMS)	32	Micro-Epsilon Messtechnik	Titelseite, 16
AHF Analysetechnik	27	Hamamatsu Photonics Deutschland	13	Mitwest Optical Systems	4. Umschlagseite
AMA Verband für Sensorik und Messtechnik	7	Hexagon Metrology	5, 34	MVTec Software	25, 26
Autovimation	11, 25, 33	IDMT Fraunhofer- Inst. f. Digitale Medientechnologie	42	NürnbergMesse	8, 3. Umschlagseite
Balluff	15, 28	IDS Imaging Development Systems	25	Optometron	32
Baumer	25	IFR International Federation of Robotics	7	PTH-Mediaberatung	32
Baumer	10	IIM	31	RCT Reichelt	Beilage, 23
Beckhoff	7	Instrument Systems Optische Messtechnik	6	Renishaw	35
Büchner	29	Interuniversity Microelectronics Centre (Imec)	6	Specim, Spectral Imaging	22
Cincoze Deutschland	32	IPH - Inst.f.Integrierte Produktion Hannover	44	Teledyne Dalsa	32
Comet Yxlon	2. Umschlagseite	ITWM Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik	40	Teledyne Flir	46
CTX Thermal Solutions	9	JAI	25	VDI Verein Deutscher Ingenieure	30
Edmund Optics	3, 12, 49	Laser Components Germany	6	Verisurf Software	49
EMVA – European Machine Vision Association	39	Leuze Electronic Deutschland	36	Vieworks	21
Excelitas Technologies	32	Lucid Vision Labs	33	Waygate Technologies	49
Fluke Process Instruments	49	Macnica ATD Europe	20	Wenglor Sensoric	14, 25
				Zeiss Industrial Quality Solutions	6

Impressum

Herausgeber

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

Geschäftsführer

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

Stephanie Nickl
 Tel.: +49/6201 606-030
 snickl2@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

Sylvia Heider
 Tel.: +49 (0) 06201 606 589
 sheider@wiley.com

Herstellung

Jörg Stenger
 Kerstin Kunkel (Sales Administrator)
 Andreas Kettenbach (Design)
 Ramona Scheirich (Litho)

Wiley GIT Leserservice

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

Sonderdrucke

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

Bankkonto

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

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste
 vom 1. Oktober 2024

2024 erscheinen 9 Ausgaben
 „inspect“
 Druckauflage: 15.000 (1. Quartal 2024)

Abonnement 2024

9 Ausgaben EUR 53,00 zzgl. 7 % MWSt
 Einzelheft EUR 17,00 zzgl. MWSt+Porto

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

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

Originalarbeiten

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

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

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

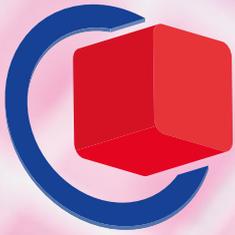
Druck

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany
 ISSN 1616-5284



WILEY



embeddedworld

Exhibition & Conference

CONNECTING THE
EMBEDDED COMMUNITY

11.–13.3.2025

NÜRNBERG, GERMANY



Get your
free ticket now!

embedded-world.de/code

Use the voucher code **GGew25**

Medienpartner

elektroniknet.de

Markt&Technik
Die unabhängige Wochenzeitschrift für Elektronik

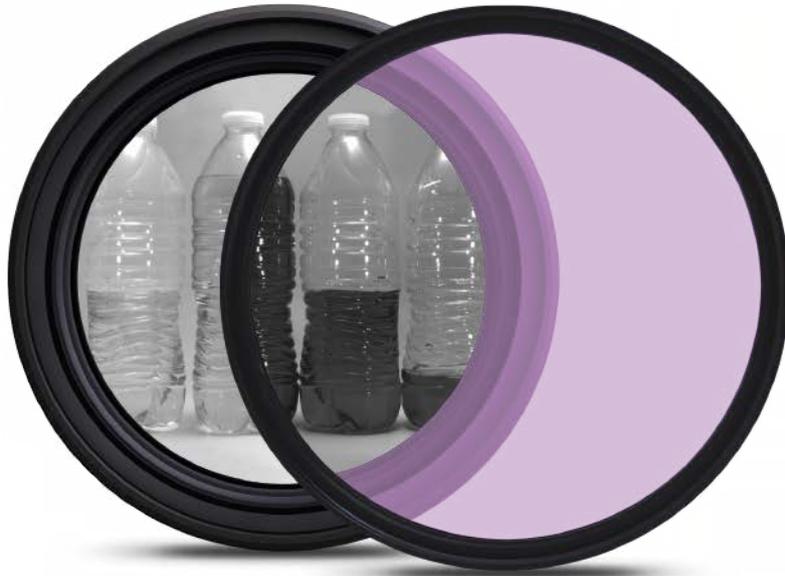
Elektronik

Elektronik
automotive

Elektronik
•medical

connect
professional

NÜRNBERG / MESSE



FILTERS: A NECESSITY, NOT AN ACCESSORY.

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 exceeds industry standard

Product Availability: same-day shipping on over 3,000 mounted and unmounted filters

