



Industrial Quality

Testen | Prüfen | Messen



WINGS-FERNSTUDIUM

Werde Experte

Master Quality Management

- Technisches QM für Ingenieure
- Berufsbegleitend & flexibel
- 100 % Praxistransfer
- 9 Studienstandorte bundesweit
- Master of Engineering (M.Eng.)

Das Original seit 2008.



wings.de/mqm



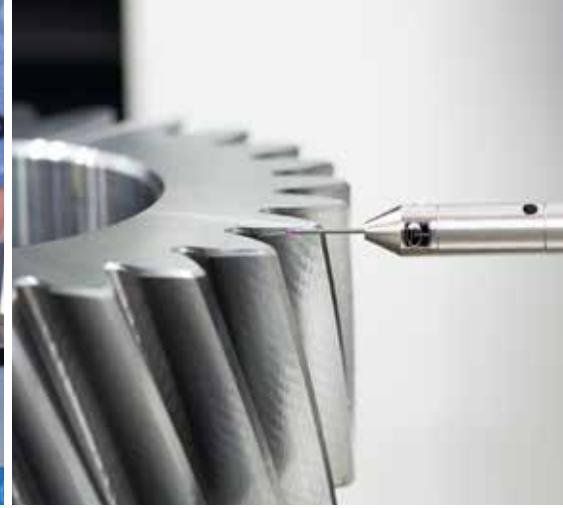
Sehr gut 4.5/5.0

100 % Weiterempfehlungen bei
www.fernstudiumcheck.de

TOP
ANBIETER FÜR
WEITERBILDUNG
2021

FOCUS
WEITERBILDUNGS-
ANBIETER
IM VERGLEICH

FOCUS-BUSINESS
9 | 2020



Inhalt

Editorial

Mit der Ressource Qualität arbeiten U2

Titelthema

■ Tassilo-Maria Schimmelpfennig
Wie verstehe ich meinen Prozess richtig 2

Fachberichte und Produkt-Infos

■ Matthias Brüderle
Wichtiger Baustein für E-Mobilität: Verzahnungsmessung erfasst auch Fasen 6

■ Christian Klostermann
Signifikante Verkürzung der Messzeit durch Einsatz eines Baukastenspannsystems 7

■ Antonio Bottazzo
Integrierte Lasertechnik für die Präzisionsbearbeitung 8

■ Andreas Meyer
Sicherer Drehgeber auf Berg- und Talfahrt 10

■ Jasmin Ott
Flexibilität in der Leiterplattenprüfung 14

■ Wolfgang Moersch
Materialprüfung mit optischen Extensometern 16

■ Dieter Michalkowski
Intelligenter Durchflusssensor spart Energie in der Produktionslinie 19

■ Darren Bessette
Sensoren für das richtige Lichtspektrum 20

■ Dr. Hartmuth Müller
Höchste Präzision mit Robustheit kombiniert 22

■ Christian Calon
Plattform für Drucktransmitter mit hoher Wirtschaftlichkeit 23

■ Dr. Peter Velling
Smartes System für Positionieranwendungen 24

■ Peter Stiefenhöfer
Autonome Bildverarbeitung zur Qualitätsprüfung von FFP2-Schutzmasken 25

■ Silke von Gemmingen
Wachsender Online-Handel erhöht Bedarf an Automatisierung in der Logistik 26

■ Simon Côté
Reverse Engineering einer Leitschaufel 28

■ Sebastian Göttel
Informationsmanagement und Übersetzungen im Griff 30

■ Tobias Nickchen
Additiv produzierbar? 32

■ Lukas Cee
Angebote werden automatisiert erstellt 34

■ Peter Sebastian Pütz
Energie kommt mit der Bewegung 35

■ Katharina Röhrig
Künstliche Intelligenz im Produktionsmanagement 36

■ Heino Brose
Technische Systemdiagnostik treibt neue Technologien voran 38

■ Alina Heynen und Aileen Blondrath
Die Qualität von additiv gefertigten Bauteilen muss stimmen 40

■ Dr. Thomas Tosse
Mit künstlicher Intelligenz kalkulieren 42

Messtechnik 5

1

Test- und Prüftechnik 11

2

Sensorik und Bildverarbeitung 17

3

Qualitätsmanagement 27

4

Service/ Dienstleistungen 43

5

Wie verstehe ich meinen Prozess richtig?

Entscheidend für das optimale Qualitätsmanagement ist die prägende Unternehmensphilosophie. Prof. Tassilo-Maria Schimmelpfennig sieht die Ausrichtung an der Norm eher als ein Hilfsmittel an. Im Interview mit Georg Dlugosch, dem Redaktionsleiter Industrial Quality, erläutert er die Besonderheiten des Masterstudiengangs Quality Management und die enge Verknüpfung mit seiner Forschungstätigkeit. Schimmelpfennig ist verantwortlich für das Qualitätsmanagement mit engem Praxisbezug an der Hochschule Wismar. Neben seiner Tätigkeit als Studiengangleiter des Master-Fernstudiengangs Quality Management im Wings-Fernstudium ist der Professor für Fertigungseinrichtungen und Qualitätsmanagement Leiter des Instituts für Polymertechnologien und Gesellschafter-Geschäftsführer des Produktionstechnologie-Instituts WAVE gGmbH.



Prof. Dr.-Ing.
**Tassilo-Maria
Schimmelpfennig**
Studiengangleiter Master
Quality Management
WINGS-Fernstudium
23966 Wismar
www.wings.hs-wismar.de

Der Masterstudiengang an der Hochschule Wismar nennt sich Quality Management. Wie kam es zu diesem Angebot?

»Wings« als einer der größten Fernstudienanbieter hat die Lücke im Bildungsangebot gesehen. Deshalb kam es zur Fokussierung auf das Qualitätsmanagement. Gleichzeitig möchte sich die Hochschule vom Angebot anderer Bildungseinrichtungen unterscheiden und abgrenzen. Deshalb hat man den Schwerpunkt gesetzt und mit dem Qualitätsmanagement offensichtlich den Zeitgeist getroffen, also das, was die Unternehmen aktuell brauchen. Weil es eine Fortbildung für Ingenieure ist, muss es diejenigen, die dieses Angebot nutzen, auch weiterbringen.

Wie viele Studenten haben sie?

Die Tendenz ist deutlich steigend.

Pro Semester sind es etwa 50 Studenten. Derzeit haben wir zwei Studienstandorte. Unser Angebot kann in Stuttgart und in Hannover direkt besucht werden.

Was war der Grund für Sie, bei dem Masterstudiengang Quality Management einzusteigen?

Das Angebot ergänzt meine Präsenzlehre. Mein Vorgänger hat diesen Studiengang aufgebaut und mich gefragt, ob ich die Leitung übernehme. Ich bin sehr aktiv in der Forschung tätig. Ich sehe die Studenten dieses Studiengangs als künftige Ingenieure in einer führenden Position, die an einer Schnittstelle zum Qualitätsmanagement tätig sind. Es ist nicht nur interessant, sich mit den Studenten auszutauschen, sondern ich nutze den Austausch auch als Netzwerk. Das rundet meinen Tätigkeitsbereich ab.

Das sind aber noch nicht alle ihre Ämter?

Ich leite das Institut für Polymertechnologien mit insgesamt 30 Mitarbeitern. Aktuell habe ich ein neues Institut gegründet. Es ist das Produktionstechnologie-Institut »WAVE«. Das Akronym steht für wissenschaftliche Anwendungen, Verfahren und Entwicklungen. Dort ist eine enge Kooperation mit der Hochschule Wismar geplant. Insbesondere entwickeln wir Technologien für trennende und abtragende Verfahren, Werkzeugmaschinen und Werkzeugmaschinenkomponenten, derzeit für die Dentaltechnik.

In dem neuen Institut bin ich sehr breit aufgestellt und kooperiere mit Forschungs- und Bildungseinrichtungen im Ausland, beispielsweise in der Ukraine.

Hat sich die Ukraine aus medizintechnischer Sicht einen Namen gemacht?



Thermische Prozessanalyse: Mit den Daten kann der Prozess des Fräsens besser verstanden werden.

Bilder: Jens Dettmann/Hochschule Wismar

Die Ukraine ist aus medizintechnischer Sicht sehr interessant. Der Dentaltourismus hat dort zu einer teilweise hervorragenden technischen Ausstattung geführt. Wir arbeiten sehr eng mit der Dentalindustrie in Deutschland zusammen. Wir entwickeln Maschinen zum Fräsen und Erodieren, die unter anderem auch in der Ukraine zum Einsatz kommen. Es geht um Implantate oder Gesichtschirurgie, insbesondere um Knochenimplantate. Bei Kindern beziehungsweise Jugendlichen, die sich im Wachstum befinden, sind Implantate beispielsweise für Zahnersatz besonders problematisch, da sich der Kiefer noch im Wachstum befindet. Üblicherweise wird mit einem Implantat gewartet, bis der Kiefer ausgewachsen ist. Diesen Kindern und Jugendlichen möchte man natürlich gerne früher einen Zahnersatz ermöglichen oder auch Entstellungen entgegenwirken. Eine Lösung dafür sind Implantate, die mitwachsend sind.

Immer wieder wird auf die Bedeutung von Qualitätsstandards hingewiesen. Genügt es, die Normen auswendig zu kennen?

Was ich beim Qualitätsmanagement interessant finde, ist weniger die Norm als vielmehr die Philosophie, die daraus geschaffen wird. Es ist gar nicht notwendig, Normen auswendig zu kennen. Man muss zwar wissen, in welchem Rahmen man sich bewegt, aber ich finde es viel interessanter, aus den Normen eine Unternehmensphilosophie zu schaffen und damit Dinge weiterzuentwickeln.

Damit sind wir bei den Methoden für das Qualitätsmanagement angekommen. Welche finden aktuell Anklang?

Ich bin sehr stark geprägt von der Aufgabe, Fertigungsprozesse zu optimieren. Alle sprechen von künstlicher Intelligenz, und es wird versucht, aus einer möglichst hohen Zahl von Daten aus dem Prozess auf das Arbeitsergebnis zu schließen. Mit digitalem Schatten und digitalem Zwilling gibt es Ansätze, die sich vor allem größere Unternehmen leisten können. Bei der Nutzung ist allerdings die Komplexität sehr hoch. Andererseits finde ich es auch sehr interessant, einfache statistische Methoden und Design of Experiments anzuwenden, um Prozesse zu verstehen. Diese sind auch greifbar für den Maschinenbediener. Er kann sie im Anschluss weiterentwickeln. Diese Ansätze verfolge ich intensiv. Programme können helfen, die Maschinenteknik zu verstehen und damit ein Selbstbewusstsein zu erhalten, um neue Verfahren auszuprobieren.

Wechseln wir die Perspektive: Welches Verständnis von Qualität und angrenzenden Bereichen wie Business Intelligence wollen Sie den Studenten vermitteln?

Nicht alle Studenten kommen aus dem Bereich Maschinenbau. Die Herkunft ist sehr breit gefächert. Wir haben Biotechnologen, Pharmazeuten, Zahntechniker und auch schon mal einen Düsenjetpiloten. Von den deutschen Automobilherstellern ist in der Regel jedes Semester mindestens ein Mitarbeiter dabei, der einen guten Umgang mit modernem Qualitätsmanagement sucht. Den Studenten wollen wir vor allem das Grundverständnis vermitteln. Also Methodiken, wie man Qualität definiert, erzeugt, kontrolliert und Ursachenanalysen durchführt. Wir sind nicht darauf fixiert, Techniken zu vermitteln. Ich gehe

beispielsweise mit den Studenten die statistische Tolerierung durch – wie muss man mit Zeichnungen umgehen oder was heißt Toleranz? Dadurch sollen sie ein Gefühl bekommen, wie Maßketten zu erstellen sind. Beim Thema Metrologie geht es nicht darum, neueste Koordinatenmessgeräte kennenzulernen, sondern die Basics. Die Fehlerrechnung ist für jeden interessant, ebenso Fehlerursachen, -analyse und -berechnung. Im prozessorientierten Qualitätsmanagement geht es in Richtung Qualitätslenkung und Qualitätssteuerung. Wie muss ich vorgehen, damit ich meinen Prozess verstehe. Das sind die Grundvoraussetzungen hinsichtlich einer guten Ausbildung für das Qualitätsmanagement. Bisher hat jeder Student, ob er als erfahrener Mitarbeiter aus einem Automobilunternehmen oder Unerfahrener mit wenig Berührung zum Qualitätsmanagement kam, Punkte gefunden, die er gut verwenden kann.

Wie definieren Sie in diesem Zusammenhang modernes Qualitätsmanagement?

Modernes Qualitätsmanagement hat mit dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess und einer Null-Fehler-Strategie zu tun. Dabei fällt es nicht so leicht zu definieren, was modern ist.

Wenn sich kleinere Unternehmen durch die Grundlage, also die ISO 9000, kämpfen, um ein Qualitätsmanagement aufzubauen, dann haben sie am meisten damit zu tun, eine Unternehmensphilosophie für das Qualitätsmanagement zu entwickeln. Wenn die Basis der Philosophie des Unternehmens darin besteht, den Kunden in den Mittelpunkt zu stellen und das Unternehmen diesbezüglich den Reflexionsprozess



Um die Prozesse einer Werkzeugmaschine zu optimieren, ist ein ganzheitliches Prozessverständnis notwendig.

Bild: industrieblick/Fotolia



Werkzeugmaschinenanalyse mit Laserinterferometer: Aus der Analyse der Daten lassen sich Modelle erstellen, mit denen die Werkzeugmaschine optimiert werden kann.

auslegt, dann befindet es sich bereits in einem modernen Qualitätsmanagement. Der Ansatz ist schon seit langem der gleiche.

Was hat sich verändert in den vergangenen Jahrzehnten?

Neu hinzugekommen ist vor allem Business Intelligence. Mit Software-Unterstützung ist eine ganz andere Visualisierung möglich. Die Entscheidungsprozesse werden aufgrund von Kennzahlen getroffen. Es entsteht ein Reporting und ein Planungs-Workflow, ein Ticketsystem anstelle von To-do-Listen.

Sie haben viel Erfahrung mit der Prozessoptimierung. Welche Bereiche stehen bei Ihnen im Vordergrund?

Mein Ziel ist es, die Prozesse der Werkzeugmaschine zu optimieren. Es werden beispielsweise Parameteranpassungen vorgenommen für höhere Leistung, höheren Wirkungsgrad und höhere Qualität. Durch das Prozessverständnis, das dabei entsteht, kann man Arbeiten übernehmen, zu denen man vorher nicht in der Lage war. Das Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Maschineneigenschaften und Arbeitsergebnis als Leistungsfähigkeit der Maschine steigt. Im Anschluss wird der Frage nachgegangen, was ist zu tun, um diese zu verbessern.

Negativ formuliert kann man auch sagen, es genügt, Störeinflüsse zu reduzieren. Wie kann man die Problematik in den Griff bekommen bei Prozessen, die noch nicht erforscht sind?

Der Ansatz über die Störeinflüsse ist hochinteressant. Er steht im Mittelpunkt meiner Tätigkeit. Wenn bei 7M alle Störeinflüsse identifiziert sind und teilweise reduziert werden, ist bereits viel geschafft. Mein Ansatz ist es zu identifizieren, welche Störeinflüsse an den Werkzeugmaschinen entstehen. Meistens sind sie durch Schwingungen verursacht. Dafür wird spezielle Messtechnik eingesetzt. Der Werker kann erkennen, wann diese Schwingungen erzeugt werden. Dadurch kann er sie verhin-

dern, den Werkzeugverschleiß reduzieren und das Arbeitsergebnis verbessern. So hat beispielsweise gerade ein mittelständisches Unternehmen, das die Optimierung mit meinem Forschungsinstitut durchgeführt hat, 70.000 € Kostenreduktion erzielt.

Nun sind sie dort in der Lage, ihre Produktion ganz anders zu managen. Hinzu kommen auch thermische Einflüsse, die betrachtet werden. Damit die Maschine verstanden werden kann, kommt es zum Einsatz von Design-of-Experiments-Methodiken. Dies führt zur Identifizierung von Stellhebeln samt ihrer Auswirkung. Ich erarbeite mit den Unternehmen, welcher Stellhebel das entsprechende Ergebnis bringt.

Ein großer Bereich ist durch das Thema künstliche Intelligenz geprägt. Wenn KI zu Hilfe gezogen wird, macht es die Prozessoptimierer letzten Endes arbeitslos?

Ich habe aktuell drei Forschungsanträge gestellt, um in diesem Zusammenhang KI-Techniken einzusetzen. In meinem Forschungsinstitut beobachte ich mit meinen Mitarbeitern derzeit die Schwingungen verschiedener Fräsprozesse. Genau diese Daten mit den Schwingungen verarbeiten wir mit KI-Techniken und erkennen Zusammenhänge. Dadurch können wir eine bessere Auswertung vornehmen. Zum einen ist die Schwingungsoptimierung für uns interessant. Zum anderen geht es um thermische Bedingungen und Veränderungen. Da steht die Vielzahl an Daten im Vordergrund, die aus der Umgebung und aus Informationen des Mitarbeiters gewonnen werden, um daraus ein Modell zu erstellen. Dieser Zusammenhang zeigt, dass wir KI für unsere Optimierung nutzen, jedoch weit davon entfernt sind ersetzt zu werden.

An welchen Kennziffern orientieren Sie sich vorwiegend beim Stichwort Business Intelligence?

Ich orientiere mich an der Betrachtung der Maschinenfähigkeit und der Prozessfähigkeit. Dadurch erhalte ich Kennzahlen

über Werkzeugmaschinen, um eine Einschätzung vornehmen zu können für die Beurteilung, ob das System Potenzial zur Verbesserung aufweist.

Lässt sich bei der Beurteilung von Werkzeugmaschinen ein Ranking erstellen?

Dieses Thema behandle ich mit meinen Wissenschaftlern aktuell in einem Forschungsprojekt. Da geht es um Funkenerosionsmaschinen. Im nächsten Schritt erfolgt eine Art Benchmarking. Wir unterstützen ein Unternehmen bei der Suche nach einer neuen Maschine. Dafür wenden wir auch diese Methodik an. Dabei spielt die Arbeitsfähigkeit eine Rolle, das bedeutet, welche Software kommt zum Einsatz.

In den vergangenen Wochen hatten wir viele Gespräche mit Unternehmern. Jedes produzierende Unternehmen hatte mit den gleichen Problemen zu kämpfen, mit der Parameteroptimierung und mit dem Auslesen der Daten aus der Werkzeugmaschine. Es trifft den Kern der Problematik.

Was kann der Absolvent mit dem Qualitätsmanagement-Master anfangen?

Er hat einen Master of Engineering. Damit kann er promovieren oder die Karriere voranbringen. Viele übernehmen die Leitung des Qualitätsmanagements. Häufig unterstützen die Arbeitgeber die Studenten bei ihrem Studium, beispielsweise durch Teilzeitfreistellung.

Was lernen Sie von den Studenten?

Einiges. Manchmal auch Überraschendes. Ein Student entwickelte ein Kennzahlensystem für das Unternehmen, in dem er arbeitete, im Rahmen seiner Masterarbeit. Ich vermutete, das wäre eine Tätigkeit aus seinem Alltagsgeschäft, aber ich war dann überrascht, als ich erfuhr, dass dieses Kennzahlensystem noch gar nicht vorhanden war. Er hat es eingeführt und für das gesamte Unternehmen komplett umgesetzt – eine tolle Leistung. Er hatte vorher nie Berührung mit Kennzahlen, sondern stützte sich allein auf die Kenntnisse, die er im Studium erworben hat.

Fernstudium Master Quality Management

- Start des Fernstudiengangs: 2008
- Absolventen/innen: 394
- Aktive Fernstudierende: 118
- Verteilung männlich/weiblich: 67/33 Prozent
- Wohnort Fernstudierende: Deutschland, Österreich, Schweiz, Niederlande
- Alter der Teilnehmer: 23 – 62 Jahre

Messtechnik

Produkt-Infos

Messmodule

Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH 83607 Holzkirchen

Schnelle Messmodule ermöglichen die dynamische Messung von DC-Signalen. »Almemo«-Datenlogger werden an Batterieprüfstände, bei der Überprüfung von Leistungskomponenten oder in der Produktion von Batteriezellen eingesetzt. Die Datenlogger speichern alle Parameter. Die Messdaten können aufgezeichnet werden. Durch die Freilegung der Steuerbefehle können auch Daten von Produkten anderer Hersteller ausgewertet und verarbeitet werden. Die Einsatzmöglichkeiten ermöglichen z. B. die Überwachung von Lade- und Entladevorgängen bei der Entwicklung von Batterien für die Elektromobilität, die Überwachung der Versorgungsspannung bei Ein- und Ausschaltvorgängen von Gleichspannungsmotoren, die Prüfung von Schaltern und Schutzschaltern sowie die Überwachung von Photovoltaikanlagen. Die digitalen Messmodule »ZED7« werden an »Almemo«-Datenlogger oder Messgeräte angeschlossen und arbeiten mit einem eigenen A/D-Wandler. Damit ist die Gesamtgenauigkeit der Messung unabhängig vom Messgerät.

www.ahlborn.com

Messwandler

Redur GmbH & Co. KG 52382 Niederzier

Mit den Stromwandlern und Messumformern der »Rex«-Serie hat Redur eine Brücke zu Elektronikbauteilen im kleinen Ampere-Bereich entwickelt. Die präzise Steuerung der elektrischen Energie ist vor allem in der Automatisierungstechnik gefragt. Die Mes-



Aufgesteckt und dennoch Platz gespart: Die Extension-Stromwandler und -Messumformer der »Rex«-Serie von Redur erweitern den Leistungsbereich (Bild: Redur).

sung der Stromaufnahme eines Betriebsmittels kann entscheidende Informationen liefern, wann eingegriffen werden muss, bevor ein kritischer Zustand erreicht wird. Herkömmliche Stromwandler sind jedoch nicht für Kleinsteuerungen geeignet. Der bisherige Standard 1A und 5A verlangt deswegen zusätzliche Bausteine, die Platz und zusätzliche Verkabelung benötigen. Die kompakten und robusten Aufsätze »Rex-I« und »Rex-C« wurden speziell für die »Regulus«-Stromwandler entwickelt. Sie sind für Sekundärströme kleiner als ein Ampere ausgelegt. Der Extension-Stromwandler »Rex-C« ermöglicht eine Erweiterung des Übersetzungsverhältnisses auf Sekundärströme in Milliampere-Bereich – angepasst auf elektronische Systeme. »Rex-I« erlaubt die Messung von sinusförmigen Wechselströmen und gleichzeitig die Umsetzung in DC-Ströme und Spannungen.

www.redur.de

Absolut-Wegmesssysteme

Renishaw GmbH 72124 Pliezhausen

Renishaw bringt die innovativ gekapselten Fortis Absolut-Wegmesssysteme für den Einsatz in rauen Umgebungen wie Werkzeugmaschinen auf den Markt. Das Konstruktionsprinzip beruht auf der industrieprobten Messsystemtechnologie »Resolute«. Es bietet hohe Beständigkeit gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Verunreinigungen. Das System besitzt ein stranggegossenes Gehäuse mit in Längsrichtung eingesetzten ineinandergreifenden Dichtlippen und abgedichteten Endkappen. Das Abtastkopfgehäuse ist durch ein Schwert, das durch die Dichtlippen führt und über die Länge des Messsystems verfährt, mit einer gekapselten optischen Einheit verbunden.

www.renishaw.de/fortis

CNC-Koordinatenmessgeräte

Vision Engineering Ltd. 82275 Emmering

Das Kontaktmesssystem »Deltron« von Vision Engineering ist ein robustes CNC-Koordinatenmessgerät (KMG) mit einer kleinen Grundfläche, das selbstständig arbeitet oder in eine Fertigungszelle integriert werden kann. Es ist mit moderner Delta-Konstruktion, hoher Messgenauigkeit und Wiederholbarkeit sowie leistungsstarker und dennoch benutzerfreundlicher Software ausgestattet. Das KMG verfügt über vollständig abgedichtete Umlauflager, die vier Hauptvorteile bieten: kein Eindringen von Schmutz, kein anfälliges Getriebe, kein Druckluftbedarf und reibungsloser, schneller Betrieb. Eine Maßstabauflösung von 0,1 µm und 3D-Genauigkeit von (2,6 + 0,4 L/100) µm in Kombination mit einer maximalen Beschleunigung von 750 mm/s² bieten ein hohes Maß an Geschwindigkeit und Genauigkeit.

www.visioneng.de

Datenlogger ALMEMO® 710

- 10 Eingänge für alle Sensoren
- hochgenaue Messung
- mobil oder stationär
- zuverlässige Datenauswertung

Jetzt Infos anfordern: info@ahlborn.com



Wichtiger Baustein für E-Mobilität: Verzahnungsmessung erfasst auch Fasen

Die neue Software sorgt für mehr Präzision beim Messvorgang.

Bild: Liebherr Verzahntechnik

Die Messsoftware für Zahnräder entwickelt sich weiter und macht aus zwei Messschritten einen einzigen: Die Fasenmessung ist jetzt in die Verzahnungsmessung integriert. Eine automatisierte Erfassung der Auswertebereiche bereits im ersten Schritt sorgt für Prozesssicherheit und höchste Genauigkeit der Messergebnisse, die vereinfachte Dateneingabe und übersichtliche Darstellung des Messprotokolls für Bedienerfreundlichkeit.

Die Messung von Verzahnungen und Fasen erfolgte bislang in zwei Schritten in unterschiedlichen Messsoftwaremodulen: Zunächst scannte die Messmaschine den gesamten Querschnitt eines Zahns auf Parameter wie Profil, Flankenlinien oder Balligkeit, die in der Verzahnungsmesssoftware eingegeben wurden. Auf dieser Basis definierte anschließend der Messtechniker manuell in den Messsoftwaremodulen die Auswertegrenzen für die Fase, die in einem weiteren Schritt gemessen wurde.

Problematisch war zum einen, dass spezifische Bereiche schwer zu erfassen sind: Die Auswertegrenzen sowie die Anzahl der erfassten Punkte für die Fase innerhalb dieser vorgegebenen Grenzen wurden lediglich berechnet und nicht real ermittelt. Potenzielle Lageabweichungen der realen Fase konnten nicht immer genau erfasst werden. Zum anderen war die manuelle, benutzerabhängige Dateneingabe zeitaufwändig und konnte die Messergebnisse verfälschen.

Dem Verzahntechnikspezialisten Liebherr ist es gelungen, mit einer Erweiterung der Messsoftware die Fasenmessung in die Verzahnungsmessung zu integrieren. Die Ermittlung der Auswertebereiche und die Definition der zu erfassenden Punkte sind jetzt automatisiert. Das heißt, die Mess- und Auswerteparameter müssen eingangs nur noch einmal eingegeben wer-



Autor:
Matthias Brüderle
Produktmanager/
Technischer Vertrieb Ver-
zahnungsmessgeräte
Liebherr-Verzahntechnik
GmbH
76316 Malsch
www.liebherr.com

den, die Ermittlung der Auswertebereiche für die Fase und die Definition der zu erfassenden Punkte erfolgen automatisch. Die Software erkennt, wo die Fase anfängt und misst diese real. Dies führt zu einer hohen Wiederholgenauigkeit und damit zu noch präziseren Messergebnissen. Die Messsoftware zeichnet sich durch ihre einfache Bedienbarkeit aus. Mit der aktuellen Weiterentwicklung wurden Ein- und Ausgabe der Daten speziell für die Fasenmessung optimiert und vereinfacht: Mit der numerischen Eingabe der Auswertegrenzen kann jede Fase exakt definiert werden. Sowohl für eine einzelne Fase als auch für alle vier Fasen an einem Zahn lassen sich so bereits im Zuge der ersten Messung die Nominalwerte für Fasenbreite, -tiefe, und -winkel eingeben und erfassen. Darüber hinaus kann der Bediener auch Parameter wie das Schleifaufmaß oder die Anzahl der Prüfzähne berücksichtigen und einstellen. Die Ausgabe der Messer-

gebnisse, die bislang nur eine Teilfunktionalität des Messprogramms war, ist jetzt speziell auf die Fasenmessung zugeschnitten. Das Messprotokoll liest sich übersichtlich und wird grafisch und tabellarisch ausgegeben.

Steigende Anforderungen

Die Anforderungen an Verzahnungen hinsichtlich Leistungsdichte, Wirkungsgrad, Lebensdauer und Geräuschentwicklung steigen stetig und in allen Anwendungsbereichen von Getrieben an. Insbesondere bei Applikationen der E-Mobilität ist die Verzahnungsmesstechnik ein wichtiger Baustein zur Qualitätssicherung und Steuerung des Produktionsprozesses. Mit der Automatisierung der Fasenmessung geht Liebherr insofern den folgerichtigen Schritt, der für höchste Genauigkeit und hohe Prozesssicherheit bei vereinfachter und zeitsparender Bedienung sorgt. Die Software, die Liebherr in exklusiver Zusammenarbeit mit der Metrotek GmbH entwickelt hat, ist standardmäßig auf den hochpräzisen WGT-Messgeräten von Liebherr installiert, die mit Renishaw-Tastsystemen, Granitführungen und Luftlagertechnik ausgestattet sind.

Die Software kann auch separat als Basispaket mit individuellen Erweiterungen – je nach Werkstück – erworben und nachgerüstet werden. Sie misst Zahnräder ab einem Modul von >0.1, die Auswertungen erfolgen nach den gängigen Verzahnungsnormen. Dank einer herstellereutralen GDE-Schnittstelle zum Austausch von Geometrie- und Messdaten können die Einstelldaten an den Verzahnmaschinen automatisch korrigiert werden. Sind Lösungen gefordert, die über den Standard hinausgehen, steht Liebherr als Entwicklungspartner zur Verfügung.

Signifikante Verkürzung der Messzeit durch Einsatz eines Baukastenspannsystems



Verdrehen und Verstellen mit Kurbel: Hochpräzise und sehr flexibel können unterschiedliche Durchmesser gerüstet werden.

Bilder: Mike König Photography

Die präzise Messung von Kreissägeblättern bei einer flexiblen Handhabung sind die Errungenschaften einer Messvorrichtung von Witte: eine optische Videomesstechnik in Verbindung mit einem individualisierten Spannsystem zur Aufnahme unterschiedlicher Durchmesser und Gewichte. Durch den produktiveren Durchsatz haben sich die Entwicklungskosten schnell amortisiert.

Neuentwicklungen fangen nicht grundsätzlich bei Null an, oft ist es eine Frage der intelligenten Zusammenstellung bewährter Technologien und deren Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse. Der Schwerpunkt der Klostermann GmbH liegt auf dem Vertrieb von 3D-Messmaschinen und der Entwicklung maßgeschneiderter Konzepte für Industriekunden – dazu zählt oft auch die Individualisierung von Mess- und Vorrichtungssystemen.

Als beauftragter Dienstleister zur Vermessung von Kreissägeblättern hat das Unternehmen von Christian Klostermann mit seinem Team zum Beispiel eine Lösung entwickelt, um Kreissägeblätter mit unterschiedlichen Durchmessern präzise und schneller zu analysieren. »Wir setzen eine Messtechnik ein, die jedes einzelne Sägeblatt Zahn um Zahn immer aus der gleichen Ansicht erfasst und dank der durchdachten Vorrichtung eine stufenlose Rotation um einen festen Drehmittelpunkt erlaubt«, erläutert Geschäftsführer Klostermann. Das erleichtert die Handhabung.

Den Genauigkeitsanforderungen entsprechend kam nur die optische Videomesstechnik in Frage: Mit der hochauflösenden Aufnahmetechnik der eingesetzten



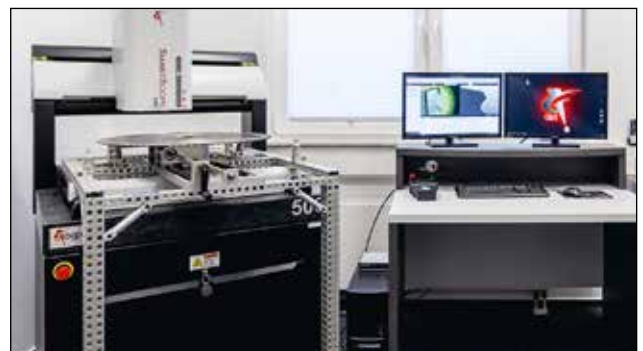
Autor:
Christian Klostermann
Geschäftsführer
Klostermann
Ingenieurbüro
und Vertriebs-
gesellschaft mbH
42897 Remscheid
www.klostermann.com

»SmartScope CNC 500« von OGP können sowohl dimensionale Merkmale als auch die Schneidkanten zur Interpretation ihrer Qualität erfasst werden. Die Messwerte werden durch Draufsicht auf den Zahn des Kreissägeblattes sowie durch zwei im Winkel von 45 Grad positionierte Spiegel aufgenommen und gespeichert. Jeder Zahn wird durch das Spiegelsystem aus vier verschiedenen Perspektiven aufgenommen: Vorderseite, Rückseite, Freifläche und Spanfläche. Das erfordert höchste Ansprüche an die Aus-

sagekraft und Präzision der Auswertung. Die flexible Positionierung der Kreissägeblätter war eine wichtige Anforderung: »Das Blatt muss horizontal und hundertprozentig gerade aufgespannt werden, damit es nicht zu Abweichungen bei der Messung kommen kann. Der Abstand zwischen Bauteil und Kamerasystem muss also immer gleich sein, auch bei einer wiederkehrenden Neupositionierung des Blattes«, erklärt Klostermann.

Hierfür wurde ein Komponentensystem von Witte ausgewählt, ein Spann- und Fixiersystem für reproduzierbare Werkstückaufnahmen im Bereich Mess- und Fertigungstechnik. Dank des Systems kann das Blatt nun leicht axial um einen festen Drehpunkt stufenlos bewegt werden, so dass jeder Zahn immer im gleichen XY-Bereich des Sichtbereichs der Kamera liegt. Zudem ist es möglich, das Dreibackenfutter auch in der Längsachse stufenlos zu verstellen, um unterschiedliche Bauteildurchmesser verwenden zu können.

Durch weitere individuelle Anpassungen kann die Messvorrichtung sogar besonders große Kreissägeblätter aufnehmen: Mit einem zusätzlichen Aufbau wurde der Auflagebereich vergrößert. Jetzt haben auch Kreissägeblätter mit einem Durchmesser bis zu 1400 Millimetern auf dem Messgerät Platz. Der wesentliche Effekt der neuen Messstation: Der Messaufwand pro Bauteil hat sich erheblich reduziert. Während zuvor bei manueller Rotation des Blattes mit aufwändiger Neujustierung ein 800-Millimeter-Blatt Hochpräzise und sehr flexibel können unterschiedliche Durchmesser gerüstet werden. 150 Minuten gemessen wurde, so hat sich durch die »Alufix«-Vorrichtung von Witte der Zeitaufwand auf weniger als 70 Minuten reduziert. Durch den höheren Durchsatz hat sich die Investition der Spannkompone-



Mitfahrende Vorrichtung: Hohe Genauigkeit erfordert den Einsatz von optischer Videomesstechnik.

Test- und Prüftechnik

Produkt-Infos

Prüfmaschinen

Imprintec GmbH 447799 Bochum

Als Weltneuheit bezeichnet Imprintec das neue Produkt: Die nach Herstellerangaben erste Prüfmaschine, die ausschließlich das Eindruckverfahren einsetzt, ist am Markt erhältlich. Mit der Prüfmaschine »i3D WLI« lassen sich mechanische Eigenschaften bei unterschiedlichen Fertigungsverfahren und Wärmebehandlungen prüfen, um Ausschuss und Fehlerquote zu minimieren. Der Test ersetzt den Zugversuch und spart Zeit, Prüf- sowie Materialkosten. Die Messungen sind auch auf gekrümmten oder schlecht präparierten Oberflächen möglich. Der Zugversuch hingegen wäre langwierig, zerstörend und ließe sich nicht an allen Stellen eines Bauteils oder einer Probe einsetzen. Das punktgenaue Eindruckverfahren nach DIN SPEC 4864 liefert innerhalb von Sekunden die Fließkurve und die resultierenden mechanischen Kennwerte zu Streckgrenze, Zugfestigkeit und Duktilität. Der Prüfaufwand des Verfahrens ist ähnlich zur Härteprüfung und benötigt gar keine oder eine geringe Probenvorbereitung. Die typischen Anwendungen liegen in der schnellen Wareneingangs- und Ausgangsprüfung, in der produktionsbegleitenden Prüfung und in der punktgenauen Analytik von Bauteilen. Im Bereich der Analytik können Schadenfälle, Schweißnähte, Randschichthärten, Schichten und beispielsweise kleine Bauteile auf die mechanischen Eigenschaften untersucht werden. www.imprintec.de

Vibrometrie

Polytec GmbH 76337 Waldbronn

Die Simulation von dynamischen Eigenschaften erlaubt Vorhersagen der späteren Produktqualität hinsichtlich Akustik, Komfort und Dauerfestigkeit. Dazu werden die Modelle anhand von Prototypentests mit



Die neue Generation des »PSV QTec Scanning Vibrometers« ist mit einer neuartigen Technologie ausgestattet (Bild: Polytec).

der Realität abgeglichen. Die neue Generation des »PSV QTec Scanning Vibrometers« ist mit einer neuartigen Technologie ausgestattet. Bisher waren raue, technische Oberflächen nur unter Inkaufnahme zusätzlichen Rauschens oder durch vorherige Oberflächenbehandlung messtechnisch erfassbar. Messungen werden jetzt unter gleichen Voraussetzungen bis zu zehn Mal schneller, die nutzbare Auflösung steigt um 20 dB und der Einfluss des Auftreffwinkels wird minimiert. Dieser Zugewinn an Datenqualität und Testeffizienz ist gerade dort, wo optische Schwingungsmessung ohnehin bereits seine Vorteile als berührungsloses, nicht-invasives Testverfahren ausspielen kann, entscheidend. In den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Industrie wird das Vibrometer besonders in seiner 3D-Variante geschätzt, weil beliebig dichte Messgitter dank frei positionierbarer Lasermesspunkt die Testergebnisse nahe an die Güte der FE-Simulation heranbringen. Die Entwickler bei Polytec haben die störenden Rauschkomponenten einer typischen Messung untersucht. Gera-



Der Test mit der Prüfmaschine »i3D WLI« von Imprintec ersetzt den Zugversuch und spart Zeit, Prüf- sowie Materialkosten (Bild: Imprintec).

de bei Messungen auf technischen Oberflächen bringt die Physik der kohärenten Laserstrahlung eine wesentliche Rauschkomponente mit sich. Bewegt sich durch Schwingung oder Rotation eine raue Oberfläche quer zum Laserstrahl, kommt durch gegenseitige Auslöschung der Lichtwellen kurzzeitig wenig oder gar kein Licht auf den Photodetektor des Messgeräts zurück. Da dieser Effekt von der Perspektive abhängt, nutzen die Vibrometer mehrere Detektionskanäle aus leicht unterschiedlichen Perspektiven und kombinieren deren beste Werte nach einem patentierten Verfahren zu einem Gesamtsignal mit sehr hohem Signal-Rausch-Verhältnis. www.polytec.com

Partner für die
Technologie der Zukunft

Kundenspezifische und flexible Lösungen
für jede Anforderung.

ingun.com



Das Differenzdruckprüfgerät von Ceta Testsysteme überprüft die Dichtheit von RFID-Transpondern im Produktionsprozess (Bild: Ceta Testsysteme).



Bei der Ultraschallprüfung von Fill müssen über den Wasserstrahl gekoppelte Signale mit geringer Abweichung ankommen (Bild: P. Kempfner/Fill).

Differenzdruckprüfgeräte

Ceta Testsysteme GmbH 40721 Hilden

Die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification) ermöglicht die berührungslose Datenübertragung, ohne einen direkten Kontakt zwischen dem Sender (Transponder, Tag) und dem Empfänger (Lesegerät) herzustellen zu müssen. Damit eignet sich dieses Verfahren für unterschiedliche Anwendungen (Zutrittskontrolle, Arbeitssicherheit, Rückverfolgbarkeit, Medizintechnik, explosionsgeschützter Bereich »Ex«). Im Rahmen der Qualitätskontrolle werden diese Produkte während des Produktionsprozesses zu 100 % auf Dichtheit geprüft. Der RFID-Transponder besteht aus einem gekapselten Gehäuse mit integrierter Elektronik. Die beiden Gehäusehälften werden häufig per Ultraschall verschweißt. Hierdurch wird ein Luftpolster eingeschlossen, das die Elektronik schützt. Das Gehäuse muss dicht sein, damit keine Feuchtigkeit eindringt. Durch die meist flache und kleine Gehäuseausführung und das geringe Innenvolumen ist eine hochauflösende Dichtheitsprüfung erforderlich. Das Differenzdruckprüfgerät »Cetatest 515« in der Variante »Verschlossenes Prüfteil, hochauflösend« wurde für die prozesssichere Dichtheitsprüfung kleinvolumiger Prüfteile und die Erkennung sehr geringer Volumenunterschiede entwickelt. Hochempfindliche Drucksensoren und eine auf die Erkennung von geringsten Volumenunterschieden optimierte Messtechnik werden eingesetzt. Gekapselte Prüfteile werden in einer Haube geprüft, die unter Druck gesetzt wird. Dabei wird der leckagebedingte Druckabbau in das Innere des Prüfteils gemessen. Weist das Prüfteil allerdings ein Grobleck (z. B. Gehäusedefekt) auf, so wird es schon während des Befüllens der Haube direkt gefüllt. In diesem Fall wäre der Test unwirksam. Daher besteht der Prüfprozess aus zwei Schritten: Zuerst erfolgt die Prüfung auf Groblecks und danach die Fein-

leckprüfung. Typische Prüfdrücke liegen zwischen 100 und 500 mbar und die Anforderung an die Dichtheit ergibt sich aus dem Einsatzbereich des Transponders. Beide Prüfungen (Grobleck- und Feinleckprüfung) können in einer Gesamtprüfzeit von weniger als drei Sekunden durchgeführt werden. Bei der Messsystemanalyse wird ein Cg-Wert (Fähigkeitsindex) von deutlich größer als fünf erreicht.

www.cetatest.com

Zerstörungsfreie Prüfungen

Fill Gesellschaft m.b.H. A-4942 Gurten/Österreich

Eine multimodale zerstörungsfreie Prüfung mit höchster Flexibilität und Präzision hat die Fill Gesellschaft für das Werk München der GKN Aerospace entwickelt. Mit »Accubot«, einer multimodalen Anlage, hat GKN Aerospace die Produktivität und Zuverlässigkeit der zerstörungsfreien Bauteilprüfung deutlich erhöht. Als Anbieter von Komponenten für die Flugzeugindustrie produziert GKN Aerospace im Werk München ausschließlich Flugzeugteile aus Kohlefaserverbundmaterialien. GKN unterzieht alle Teile einer Ultraschallprüfung, um Fremdkorpereinschlüsse, Delamination oder Porosität aufzudecken. Die Prüfzeiten für die zerstörungsfreie Bauteilprüfung (non-destructive testing; NDT) betragen an der vorhandenen Anlage bis zu 100 Minuten. Für eine neue NDT-Prüfanlage bot Fill ein Lösungskonzept mit zwei Knickarmrobotern auf parallel verlaufenden Linearachsen an. Diese können Werkstücke in drei Zonen prüfen, in einer davon gemeinsam. Der automatische Werkzeugwechsel mit dem »FlexChange« ermöglicht in einer Aufspannung Prüfungen mit unterschiedlichen Methoden, etwa Puls-Echo-Prüfungen per »Phased Array« oder Durchschallungsprüfungen mit »Squitter«-Technik. Die Anlage lässt sich auch um Röntgen, Tomographie und Thermographie sowie berührungslose Geometrie-Messverfahren erweitern. Das »Active Tool«, ein Prüf-

kopf von Fill mit zusätzlicher rotatorischer Achse, ermöglicht die Durchschallungsprüfung in kleinen, stark gekrümmten Bereichen. Die erforderliche Absolut-Positioniergenauigkeit erhielt die Anlage durch hochpräzise Fill-Linearachsen und zusätzliche abtriebsseitige Drehgeber an den Rundachsen der Roboter. Bedeutende Effizienzgewinne bringt auch die applikationsunabhängige Anlagensoftware mit der Programmier- und Bedienungsumgebung Fill Studio. Sie enthält den digitalen Zwilling der gesamten Anlage und ermöglicht die hauptzeitparallele Offline-Programmierung der Roboter sowie eine einzigartige Augmented Reality-Schnittstelle. »Allein bei der Puls-Echo-Prüfung mittels »Phased Array« reduzierte sich die Prüfdauer um 93 Prozent«, berichtet Dr.-Ing. Jakob Šekelja, Leiter Qualitätssicherung bei der GKN Aerospace Deutschland GmbH. Fill befindet sich in Familienbesitz und erzielte 2020 mit mehr als 900 Mitarbeitern einen Umsatz von 144 Millionen Euro.

www.fill.co.at

Koordinatenmessgeräte

Wenzel Group GmbH & Co. KG 97859 Wiesthal

Wenzel präsentiert den KMG-Laserscanner »Nikon L100« für mehr Produktivität und Präzision. Durch den Einsatz von Nikon-Sensoren auf einem Koordinatenmessgerät erweitert Wenzel das Portfolio an optischen Sensoren und kann den richtigen Sensor in Bezug auf Messzeit, Genauigkeit und Detaillierungsgrad anbieten. Der »L100«-KMG-Laserscanner bietet die Kombination aus Geschwindigkeit, Präzision und Bedienerfreundlichkeit. Das Messgerät eignet sich sowohl für Oberflächen- als auch Merkmalsmessungen. Es liefert schnell präzise Daten und aufschlussreiche Teil-gegen-CAD-Prüfberichte, selbst bei Oberflächen, die spiegeln oder aus verschiedenen Werkstoffen bestehen. Durch das 100 mm weite Sichtfeld in Verbindung mit der gesteigerten Messgeschwindigkeit



Das »imc Cronosflex«-Messsystem hat eine Profinet-Schnittstelle erhalten (Bild: imc).



Automatisierte Inspektionssysteme wie das »Kitov One« verringern den Einfluss des Menschen auf die Produktionsleistung (Bild: Atecare).

von 200.000 Punkten pro Sekunde wird eine Messproduktivität erzielt, die bislang für das KMG-Scannen unerreichbar war. www.wenzel-group.com

Messsysteme

**imc Test & Measurement GmbH
13355 Berlin**

Ein Profinet-Interface ist für die »CRO-NOS«-Messsysteme der imc Test & Measurement GmbH verfügbar. Damit ist es möglich, Geräte aus der Messsystemfamilie mit Industriesteuerungen, SPS oder Werkzeugmaschinen zu vernetzen. Die Erweiterung durch die Profinet-Schnittstelle macht die Messsysteme zu einem Profinet-IO-Device. Damit sind die Messgeräte für aktuelle Anwendungen der Prozess- und Prüfstandsautomatisierung, in der Maschinenüberwachung und im Condition Monitoring einsetzbar. In der Automatisierung unterstützen Feldbusse den Austausch von Maschinenparametern, Steuergrößen, Messwerten oder Alarmen. Hier hat sich Profinet als Kommunikationsstandard des echtzeitfähigen Industrial Ethernet etabliert. Als Nachfolger von Profibus (RS485) funktioniert Profinet auf Netzwerk-Basis (100 Mbit/s) und ist jetzt als Interface-Option für »Cronos Messsysteme« verfügbar. Das Interface erlaubt die Vernetzung eines Messsystems in Anwendungen der Prozess- und Prüfstandsautomatisierung, in der Maschinenüberwachung oder im Condition Monitoring und ermöglicht den bidirektionalen Datenaustausch in Echtzeit. »imc Cronos« wird damit zum vollwertigen IO-Device und ist physisch in das Steuerungsnetzwerk durch zwei dedizierte RJ45-Anschlüsse angekoppelt. Die Messsystemfamilie ist als modulare High-End-Messgeräteplattform für physikalische Größen seit über zehn Jahren am Markt eingeführt und wird kontinuierlich weiterentwickelt. Die Geräte sind für anspruchsvolle und vielkanalige Messaufgaben ausgelegt. Als flexibles Messsystem für MSR-Lösungen (Messen-Steuern-Regeln)

werden sie in einem breiten Spektrum von stationären und mobilen Applikationen eingesetzt. In stationären Industrieanwendungen zählen dazu einzelne Prüfstände und die Steuerung kompletter Prüffelder oder Condition Monitoring Überwachung von Maschinen. www.imc-tm.de

Oberflächeninspektion

**Atecare Service GmbH & Co. KG
85232 Günding**

Automatisierten Inspektionssystemen zur Prüfung von Oberflächen auf Schadstellen und Defekten gehört die Zukunft im Qualitätsmanagement. Die Nutzung dieser automatisiert erhobenen Daten ermöglicht es Automobilherstellern und Zulieferern, die Qualität taktzeitoptimiert zu prüfen, Defekte und Fehler frühzeitig zu erkennen und Lieferketten und Produktionsprozesse besser zu managen und zu kontrollieren. Fehler in der Produktion sollen aufspürt werden, und aus diesen Daten werden Rückschlüsse gezogen, die die Ursachen und Gründe für die Fehlerentstehung benennen. Nur so lassen sich die Fehler langfristig vermeiden und die Qualität und Leistung verbessern. Da die Systeme zur automatisierten Sichtprüfung immer intel-

ligenter und einfacher zu implementieren sind, bietet die Deep-Learning-Bildanalyse immer neuere Möglichkeiten der effizienten, fehlerfreien Qualitätskontrolle. »Wo heute zwei Qualitätsmitarbeiter das Äußere eines kompletten Fahrzeugs in Augenschein nehmen, kann eine automatische Sichtprüfung dies in Zukunft fehlerfrei und ganzheitlich übernehmen«, erklärt Olaf Römer, Geschäftsführer der Atecare Service GmbH Co. KG. Das Unternehmen ist Vertriebspartner des »Kitov One«, eines der modernsten Sichtprüfungssysteme auf dem Markt. »Kitov One« ist ein vollautomatisches, roboterbasierendes System, das 2D-, 3D- und Deep-Learning-Technologien kombiniert, um industrielle Anwendungen, die bisher als zu komplex für eine automatisierte Inspektion galten, schnell, präzise und zuverlässig zu ermöglichen. Der »Kitov One« ist ein reines, visuelles Oberflächeninspektionssystem, das es so in heutigen Fahrzeugfertigungen noch nicht in dieser flexiblen Form gibt. Die automatisierte visuelle Oberflächeninspektion kann alle Parameter erkennen und vermessen. Mittels künstlicher Intelligenz kann das System trainiert werden, Fehler zu klassifizieren und daraus eine Entscheidung abzuleiten. www.atecare.de



Intelligent Testing
Für Ihre sicheren Verbindungen **Zwick / Roell**

www.zwickroell.com **ProLine bis 100 kN**

Kabel, Stecker und Schalter müssen oft Jahrzehnte lang zuverlässig funktionieren. Die ProLine ist speziell für standardisierte Prüfungen an Materialien und Bauteilen konzipiert und dabei besonderes einfach zu bedienen.