



inspect vor Ort ...
... bei Octum in Ilsfeld

Beim Niederdrücken des Gaspedals sorgt im Motorraum der meisten Dieselfahrzeuge ein Turbolader für ein Hochschnellen der Motorleistung. Ähnlich verhält es sich mit der extrem leistungsstarken Hardware moderner Industrie-PCs. In schnellen Inspektionssystemen garantiert sie die geforderte Rechenleistung, z. B. bei der Prüfung von Verdichterrädern, den zentralen hochkomplexen Bauteilen eines Turboladers. Wie das in der Linie funktioniert, ließ sich inspect in Ilsfeld bei der Firma Octum erklären.



© AKS - Fotolia.com

Ein Turbo für die Bildverarbeitung

Schnelle Hardware und Software für die automatische optische Endkontrolle von Verdichterrädern

Bereits in den ersten Jahren nach der Gründung von Octum im Februar 1996 etablierte sich das Unternehmen mit einem selbst entwickelten System zur Füllgutkontrolle von Blisterpackungen im Pharmabereich erfolgreich im Markt. Heute hat Octum seinen Sitz in Ilsfeld bei Heilbronn und beschäftigt aktuell 31 Mitarbeiter. Mittlerweile projiziert und liefert Octum 2D- und 3D-Bildverarbeitungslösungen für die Vollständigkeits- und Montagekontrolle, die Oberflächeninspektion, für Track und Trace-Lösungen, zur Teilvermessung, zur Roboterführung und zur

Teileidentifikation. Schwerpunktbranchen sind die Automotive-Industrie, die Metallverarbeitung, die Pharmaindustrie und die Medizintechnik.

Die Entwicklung der Bildverarbeitungs-komplettlösungen verteilt sich auf zwei Abteilungen, von denen sich die eine mit PC-Systemen befasst, während die andere auf intelligente Kameras spezialisiert ist, wobei es sich vorzugsweise um Kameras der In-Sight-Serie von Cognex handelt. Hier werden auch mechanische Komponenten zur Adaption der Kameras und der Beleuchtung gefertigt.

Einen bedeutenden und erfolgsrelevanten Teil der Entwicklungsarbeit nimmt die Programmierung der Systemsoftware ein, die auf den Libraries von Cognex VisionPro und Halcon basiert. Dabei wird Pharmakunden auch nach GAMP 5 (GAMP = Good Automated Manufacturing Practice) entwickelt.

„Von uns wird die Planung wie auch die elektrische und mechanische Konstruktion der Bildverarbeitungssysteme vorgenommen“, erläutert Martin Peres, Geschäftsführer bei Octum. „Für diesen Zweck erhalten wir z. B. vom Kunden die kompletten Daten einer Maschine und setzen dann nach er-



Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Abgas-Turboladers mit Verdichterrad

folgreich absolvierten Tests unsere Module und Komponenten in diese Anlage ein. Das hat den Vorteil, dass wir direkt in die Anlage hineinkonstruieren können, und spart somit beim Kunden Konstruktionskosten.“

Was industrielle Bildverarbeitung heute leistet

Die industrielle Bildverarbeitung hat sich seit der Gründung von Octum vor 20 Jahren rasant weiterentwickelt. Aufgrund der gestiegenen Auflösung der digitalen Kameras haben heutige Systeme eine erheblich größere Anwendungsbreite. Die heute in Ilsfeld entwickelten Bildverarbeitungssysteme können größere Bildbereiche mit hoher Auflösung erfassen und daher größere Teile mit hoher Genauigkeit prüfen.

Neu ist auch die LED-Beleuchtung. Sie verdrängt nahezu alle anderen Beleuchtungsarten aus den Anlagen. Dadurch hat sich für Applikationen, bei denen die Experten früher mit Leuchtstoffröhren oder Halogenstrahlern arbeiteten, die Handhabung und Wartungsfreundlichkeit der Beleuchtung dramatisch verbessert.

Vor allem aber sind es die Rechner, die viel leistungsfähiger geworden sind. Nahezu alle Komponenten eines Industrie-PCs, seien es Prozessoren oder Schnittstellen, haben mit jedem Entwicklungsschritt ihre Leistung sprunghaft vervielfacht. Die heutige Rechnerarchitektur ist mit der von vor 20 Jahren kaum noch vergleichbar.

Die Ilsfelder Bildverarbeitungsexperten können auch bestätigen, dass im Bereich der industriellen Bildverarbeitung wesentliche Anstöße für Weiterentwicklungen von neuen

Anforderungen und Aufgabenstellungen der Anwender kommen.

Eine solche Anforderung ist die Rückverfolgbarkeit, die mittlerweile fast alle Branchen betrifft. Es geht um Serialisierung wie in der Pharmaindustrie, um Fälschungssicherheit und auch um die Rückverfolgbarkeit von Komponenten bei Ausfällen. Das ist ein großes Thema auch in der Automobilindustrie. Hier werden z. B. Datamatrix-Codes selbst auf kleinste Teile aufgebracht.

Und schließlich ist die einfache Bedienbarkeit der Bildverarbeitungssysteme zu einer allgemeinen Forderung der Anwender geworden. „Die einfache Bedienbarkeit ist mittlerweile ein wesentlicher Erfolgsfaktor, nicht nur bezüglich der Vermeidung von Fehlbedienungen“, bestätigt Horst Horvath, Vertriebs- und Marketingleiter bei Octum. „Das wird zukünftig der Schlüssel für die breite Akzeptanz der Bildverarbeitung sein.“

Ein kleines Bauteil – eine große Herausforderung

Laut Kraftfahrtbundesamt lag am 1. Januar 2016 der Kraftfahrzeugbestand in Deutschland bei etwa 61,5 Millionen zugelassenen Fahrzeugen. Von den 45,1 Millionen PKWs waren knapp 13,9 Millionen mit einem Dieselmotor ausgestattet. Die meisten dieser Dieselmotoren verfügen über eine Turbolader-Direkteinspritzung, deren Herzstück die sogenannten Verdichterräder sind (Abb. 1). Diese aus dem vollen Material spezieller Aluminiumlegierungen gefrästen Bauteile haben funktionsbedingt eine äußerst komplexe rotationssymmetrische Geometrie.

Bei Drehzahlen von annähernd 200.000 Umdrehungen pro Minute und Betriebstemperaturen, die auf der „heißen“ Seite des Turboladers mehr als 1.000°C betragen können, erzeugen sie den gewünschten Ladedruck für die Direkteinspritzung des Gemischs in den Brennraum des Motors. Dass diese Teile absolut fehlerfrei gefertigt sein müssen, versteht sich angesichts dieser Zahlen von selbst. Eine umfassende Prüfung und Endkontrolle ist also unverzichtbar. Bei der Qualitätsprüfung steckt aber auch hier der Teufel in den zahlreichen Details, die präzise identifiziert und gemessen werden müssen.

Fortsetzung auf S. 4

AZ 1/3

Seite hoch ohne Anschnitt

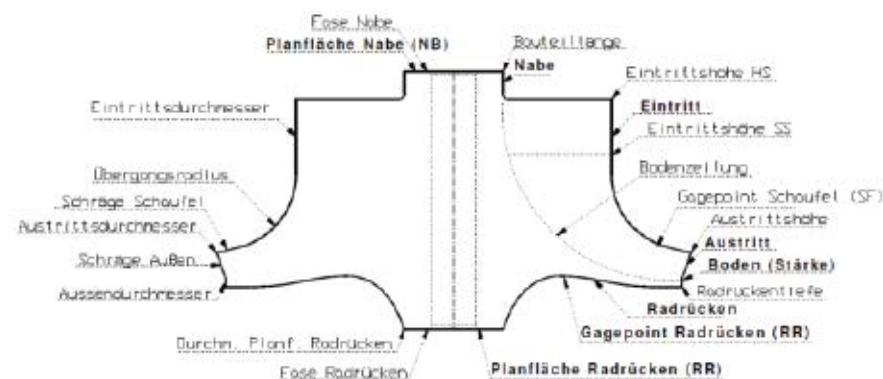
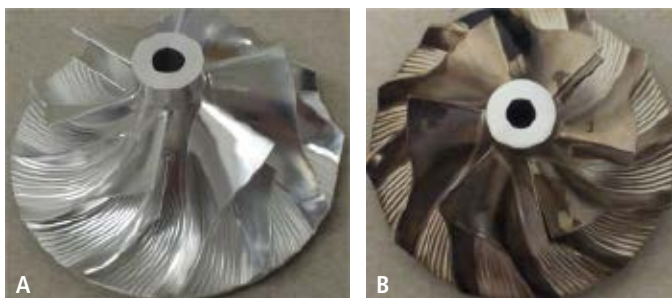


Abb. 2: Geometrische und konstruktive Elemente eines Verdichterrades



© Octum GmbH

Abb. 3: Beispiel für ein blankes (A) und ein beschichtetes Verdichterrad (B)

Diese Mess- und Prüfprozesse im Rahmen einer 100 %-Prüfung in der Linie durchzuführen, ist eine große Herausforderung, der sich die Experten von Octum im baden-württembergischen Ilsfeld erfolgreich gestellt haben.

Mit ihrem Wissen um die technischen Möglichkeiten sowie um die Anforderungen und das Qualitätsbewusstsein ihrer Kunden haben sich die Entwickler jüngst an eine Aufgabestellung herangewagt, an der sich andere bis dahin erfolglos versucht hatten: Die automatische optische Endkontrolle von Verdichterrädern. Die Firma Prae-Turbo in Schwanewede, ein führender Hersteller von Verdichterrädern, hatte sich mit dieser Fragestellung schließlich an Octum gewandt.

Die Systemlösung

Die Verdichterräder eines Turboladers sind mit Durchmessern bis ca. 62 mm nicht besonders groß, stellen aber aufgrund ihrer komplexen Geometrie (Abb. 2) und der geforderten hohen Fertigungsqualität maximale Ansprüche an die optische Inspektion und Qualitätsprüfung.

Die Bauteile werden in verschiedenen Varianten produziert. Die Unterschiede betragen z. B. bei den Durchmessern teilweise nur 0,2 mm. Wenn dann noch die Geometrie der Schaufeln bestimmt und auf mögliche Deformationen hin untersucht werden soll, ist der Mensch mit seiner Sensorik völlig überfordert. Dennoch hat man in der Vergangenheit versucht, die Bauteile rein visuell zu unterscheiden. So traten Verwechslungen auf, die, sofern sie zum Endkunden versandt und verbaut wurden, gravierende Probleme auslösen konnten.

Die Motivation bei diesem Projekt bestand also darin, Verwechslungen bzw. Vermischungen der unterschiedlichen Typen von Verdichterrädern zu vermeiden und diese typenrein und zu 100 % automatisch und objektiv geprüft zu liefern.

Teil der Herangehensweise an solchen komplexen Fragestellungen ist bei Octum grundsätzlich eine Machbarkeitsstudie. Nachdem die Kundenanforderungen präzise aufgenommen worden waren, ging es darum, möglichst für jedes einzelne zu prüfende Bauteilmerkmal eine prozesssichere bildanalytische Lösung zu entwickeln. Dabei waren

anfangs gut 50 Typen von Verdichterrädern auf der Liste, die zunächst nach der Größe (groß, mittel, klein) sowie nach Oberflächenbeschaffenheit (beschichtet, nichtbeschichtet) unterschieden wurden.

Die einzelnen Lösungen wurden dann gemeinsam mit dem Kunden ausführlich bewertet, um beispielsweise festzustellen, auf welches schlecht bestimmbare Merkmal möglicherweise verzichtet werden könnte, wenn dafür mehr in die Bestimmung eines anderen, besser erfassbaren Merkmals investiert würde.

Nach Abschluss der Machbarkeitsuntersuchung entschied sich der Kunde, das System entsprechend den Ergebnissen der Studie bauen zu lassen. Zu Anfang wurden die Anforderungen für blankes (Abb. 3 A) und beschichtete (Abb. 3 B) Verdichterräder formuliert:

- Typidentifikation anhand geometrischer Merkmale, um Verwechslungen zu vermeiden;
- Geometrie Prüfung, z. B. Schaufelanzahl und Richtung, Verbiegung;
- Messung aller Durchmesser \pm (20 bis 80) μ m;
- Oberflächeninspektion aller Planflächen und Kanten ab 0,1 mm;
- Oberflächeninspektion, Bearbeitungsfehler auf dem Radrücken;
- Lesen und Verifikation von Klarschrift ab 1,5 mm und 2D-Codes:

Die Umsetzung wurde von Octum mit einem PC-basierten Bildverarbeitungssystem CV-600 mit der Software CV-Inspect 2.0 konzipiert. Dabei wurden drei Prüfstationen entwickelt, an denen alle durchlaufenden Teile ohne Kamera- oder Optikverstellung geprüft werden. Denn eine Grundvoraussetzung der Systemlösung bestand darin, keine beweglichen Teile zu verwenden, die immer wieder Eingriffe durch die Bediener erfordern hätten. Daher werden u.a. bi-telezentrische Optiken verwendet, die einen sehr großen 16 mm Telezentriebereich haben. Hinzu kommt eine speziell auf die Geometrie der Verdichterräder und deren Position bei der Bilderzeugung abgestimmte Beleuchtung.

„Es mussten auch anspruchsvolle Bildverarbeitungs-Algorithmen eingesetzt werden“, erklärt Horst Horvath, „etwa um zirkulare

Bearbeitungsspuren auf der Materialoberfläche ausgrenzen und eliminieren zu können“.

Diese Algorithmen waren nicht Teil der verwendeten Standard-Libraries und mussten von den Spezialisten erst entwickelt werden. So kam bei der Umsetzung ein entsprechend hoher Aufwand auf der Softwareseite hinzu. Dieser Aufwand umfasste auch die Erstellung einer strukturierten, leicht handhabbaren und verständlichen Bedien- und Parametrier-Oberfläche, die auf der Basis der Systemsoftware CV-Inspect realisiert wurde (Abb. 4). Sie erlaubt es, Prüfprogramme aus einzelnen Schritten aufzubauen, ohne syntaktische Fehler zu machen, da eine integrierte Prüfung das verhindert.

An jeder der drei Prüfstationen werden spezifische Bereiche eines Verdichterrades erfasst. An Station eins wird die Vorderseite geprüft und dimensionell gemessen (Abb. 5). Ähnliche Messungen werden an der zweiten Station für den Radrücken vorgenommen (Abb. 6). Beide Stationen verfügen auch über eine Bildverarbeitungslösung zur Identifizierung und Ausblendung der sogenannten Wuchtentnahmen. Diese können für jedes Teil in Anzahl, Form, Größe und Position anders ausfallen oder auch gelegent-

Die Pyramid Computer IPC-Lösung für die Applikation zur Endkontrolle von Verdichterrädern:

- Industrie PC CamCube und PyRa Front 4U IPC-Lösung
- Maßgeschneiderter high performance IPC
- Langzeitverfügbare IPC Speziallösung
- Spezielle Befilterung mit kleiner Lochgröße
- BIOS-Anpassungen direkt ab Werk
- „Schlüsselfertige“ IPC-Lösung
- Fertigung als OEM-Produkt mit speziellem Übergabeformular



© Pyramid Computer GmbH

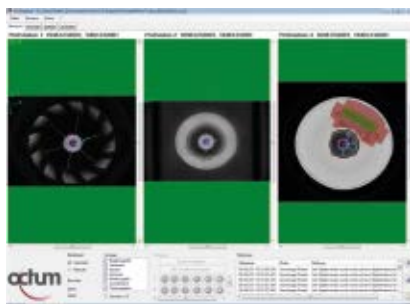


Abb. 4: Übersicht der Stationen 1, 2 und 3 auf CV-inspect

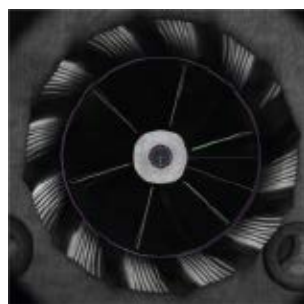


Abb. 5: Station 1 – Prüfungen für die Vorderseite (Kamera 8 MP, Auflösung 20 µm): Eintrittsdurchmesser, Naben Außen- und Innen-Durchmesser, Phase Nabe, Schaufelanzahl, Richtung, Winkel, Symmetrie, Verbiegung, Oberflächenfehler Naben Planfläche, Beschädigungen Nabenkanten

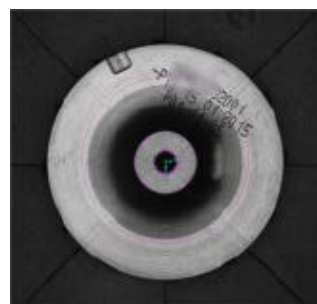


Abb. 6: Station 2 – Prüfungen für den Radrücken (Kamera 16 MP, Auflösung 20 µm): Austritts- und Außendurchmesser, Planfläche RR Außen- und Innen-Durchmesser, Phase Planfläche RR, Oberflächenfehler Planfläche RR, Beschädigungen Kanten Planfläche RR und Außenkante (Ausblendung Wuchtentnahmen), Oberflächenfehler RR

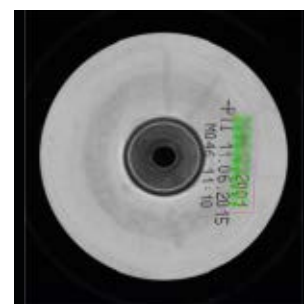


Abb. 7: Station 3 – Prüfungen für den Radrücken (Kamera 4 MP, Auflösung 30 µm): Lesen Klarschrift (Artikelnummer), Lesen DMC, Oberflächenfehler RR Rohstellen

lich fehlen, weil keine Unwucht festgestellt wurde. Sie müssen von realen Fehlern unterschieden werden. An der dritten Station werden einerseits als Rohstellen bezeichnete Oberflächenfehler identifiziert, an denen die Beschichtung fehlt, und andererseits die Klarschrift-Aufdrucke und Datamatrix-Codes gelesen (Abb. 7). Die Messdauer liegt für jede Station unter einer Sekunde.

Eine solche Systemlösung stellt extrem hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der verwendeten Rechner, z. B. aufgrund des Datenvolumens, das von den hochauflösenden Kameras geliefert wird. Zudem ist es bei dieser, wie auch bei allen anderen In-line-Anwendungen, die von Octum realisiert werden, das zwingende Ziel, in den Linien-Zykluszeiten zu bleiben. Für die Prüfung der Verdichterräder, die eine sehr hohe Rechenleistung und hohe Speicherkapazität verlangt, werden Industrie-PCs der in Freiburg ansässigen Firma Pyramid Computer eingesetzt.

Am Ende der Umsetzung steht dem Kunden jetzt eine Anlage zur Verfügung, bei der statt der menschlichen Sensorik leistungsfähige Kameras zum Einsatz kommen, die in eine technisch anspruchsvolle und hoch entwickelte Systemarchitektur eingebettet sind (Abb. 8).

„Seitdem die Anlage installiert ist, gibt es für die Bauteile, die sie durchlaufen haben, praktisch keine Reklamationen mehr“, betont Horst Horvath.

Strategische Rechenauswahl

PC-Systeme sind nicht nur für die Endkontrolle der Verdichterräder die zentrale Leistungseinheit, sondern für die meisten von Octum entwickelten Lösungen. Sie müssen die benötigte Rechen- und Speicherleistung liefern, die passenden Schnittstellen flexibel unterstützen und dabei zuverlässig und robust sein. Selbsterklärend, dass hier eine Spezial IPC-Lösung eingesetzt werden musste.

Nun ist die Wahl eines passenden Rechnersystems einerseits von zentraler Bedeu-

tung, andererseits wäre es ökonomisch wenig sinnvoll, wenn für jedes Projekt ein anderer spezifischer Rechner konfiguriert würde. Daher widmeten die Entwickler der Auswahl und Konfiguration geeigneter Rechner besondere Aufmerksamkeit. Auf der Basis von zwei Schwierigkeitsgruppen, die anhand der Betrachtung der im Unternehmen bearbeiteten Applikationsfälle unterschieden werden konnten, wurden gemeinsam mit den Freiburger Computerspezialisten zwei spezielle PC-Konfigurationen definiert und



Abb. 8: Anlage zur automatischen Endkontrolle von Verdichterrädern

dabei die Technik sehr sorgfältig ausgewählt und geprüft. Die Langzeitverfügbarkeit und Garantieleistungen waren weitere Auswahlkriterien.

Die eine Konfiguration, die intern gern als „Vernunftrechner“ (Pyramid: CamCube) bezeichnete wird, ist bereits sehr leistungstark und wird für Standardapplikationen verwendet. Daneben gibt es den für Höchstleistung ausgelegten Rechner, der auch gelegentlich als „Turborechner“ (Pyramid: PyRa Front 4U) bezeichnet wird. Er wird für anspruchsvolle Anwendungen, wie etwa die 3D-Oberflächeninspektion, oder auch für die Endkontrolle der Verdichterräder eingesetzt (siehe Kasten).

Von diesen beiden Varianten weicht Octum nach Möglichkeit nicht ab. Es wird entweder die eine oder die andere der bei-

den getesteten Versionen verwendet. Denn auch für das verlässliche Zusammenspiel von Rechner und Software hat diese Strategie deutliche Vorteile – gerade wenn es um Themen wie Software-Updates und Upgrades geht.

Geplanter Erfolg

Die moderne industrielle Bildverarbeitung trägt zur immer höheren Qualität von Produkten und Systemen bei und sie befreit den Menschen von belastenden, monotonen und schwierigen Prüf-Aufgaben. Aber es müssen auch immer höhere Anforderungen erfüllt werden. Die Umsetzung komplexer Lösungen mit der industriellen Bildverarbeitung verlangt daher ein vielschichtiges Vorgehen.

Nur mit umfangreichem technischen und anwendungsspezifischem Know-how sowie viel Erfahrung kommen die Entwickler sicher ans Ziel. Zudem steht bei industriellen Anwendungsfällen immer die Forderung nach einer wirtschaftlich realisierbaren Lösung im Vordergrund.

Lösungsorientiertes strategisches Vorgehen bei der Wahl der verwendeten Komponenten, sowohl auf der Hardware- wie auf der Softwareseite, konsequent durchgeführte Machbarkeitsstudien und eine konstruktive Kooperation mit den Kunden und den Zulieferern sind die Erfolgsfaktoren, die heute zum Erreichen einer effizienten und wirtschaftlichen Systemlösung maßgeblich beitragen.

VISION | Pyramid GmbH:
Halle 1, Stand E 12

Autor
Bernhard Schroth, Chefredakteur inspect,
Technologie

Weitere Informationen
www.octum.de
www.pyramid.de