



100-prozentige Qualitätskontrolle trifft KI

Optische Prüfsysteme, KI-basierte Anomaliedetektion und Lasermarkierung

Mit leistungsfähigen optischen Prüfsystemen, KI-basierter Anomaliedetektion und Kennzeichnungsverfahren wie der Lasermarkierung von Kistler sind Hersteller in der Stanzindustrie gut gerüstet, die hohen Anforderungen an Qualität, Effizienz und lückenlose Rückverfolgbarkeit der Bauteile zu erfüllen und eine 100%-Qualitätskontrolle einzuführen.

Oliver Schnerr, Stephan Bellem, Ferenc Toth

Informationen über den Produktionsverlauf und rückverfolgbare Qualität bis auf Bauteilstufe: Hersteller von Stanzteilen müssen hohe Anforderungen erfüllen und ihre Qualitätskontrolle erheblich ausbauen. Hier kommen bereits seit einigen Jahren Technologien auf Basis von künstlicher Intelligenz (KI) zum Einsatz: Sie unterstützen bei der Erhöhung der Produktqualität und machen gleichzeitig die Qualitätsprüfung effizienter. Dabei ist es für einen möglichst ho-

hen Nutzen essenziell, dass sich die Technologie in bereits vorhandene Maschinen und Anlagen integrieren lässt und mit einer eindeutigen Identifizierung der Bauteile kombinierbar ist. Mit leistungsfähigen optischen Prüfsystemen, die spezielle Beleuchtungs- und Bildaufnahmetechniken einsetzen, KI-basierter Anomaliedetektion und Kennzeichnungsverfahren wie der Lasermarkierung von Kistler sind Hersteller in der Stanzindustrie gut gerüstet, die hohen Anforder-

ungen an Qualität, Effizienz und lückenlose Rückverfolgbarkeit der Bauteile zu erfüllen und die stichprobenhafte Überprüfung der Bauteile durch eine 100-prozentige Qualitätskontrolle abzulösen.

Optische Qualitätsprüfung mit dem Verfahren „Shape from Shading“

Das optische Prüfverfahren „Shape from Shading“ ermöglicht die exakte Kontrolle einzelner Bauteile in der Stanzindustrie: Es

nutzt eine spezielle Beleuchtungs- und Bildaufnahmetechnik, um die Texturinformationen eines Prüfteils von seinen topologischen Eigenschaften zu trennen. Mit diesem Verfahren können auch kleinste Anomalien der einzelnen Bauteile sichtbar gemacht werden, die mit anderen Verfahren unentdeckt blieben.

Dazu wird das Prüfteil aus mehreren Richtungen beleuchtet und von einer Kamera aufgenommen, was zu Bildern mit unterschiedlicher Licht- und Schattenverteilung führt. Aus diesen (realen) Einzelbildern können dann verschiedene topografische Bilder berechnet werden, in denen nur noch die 3D-Information der Prüfteiloberfläche dargestellt werden. Dadurch ist die Qualitätsprüfung unabhängig von Oberflächenveränderungen des Prüfteils wie Farb- oder Helligkeitsunterschieden, die sich im Texturbild deutlich darstellen und eine stabile Auswertung verhindern würden. Selbst Kratzer, Risse oder Dellen, die nur wenige Mikrometer hoch oder tief sind, können mit dem „Shape from Shading“-Verfahren und mit klassischen Bildverarbeitungsmethoden sicher detektiert werden (Bilder 1 und 2).

Aufgrund der speziellen LED-Beleuchtung funktioniert das Verfahren sowohl bei dunklen als auch bei glänzenden Oberflächen sehr stabil. Eine ausgeklügelte Algorithmen für die Bewegungskompensation erlaubt die Anwendung des Verfahrens auch für bewegte Objekte, was den Einsatz in der automatisierten Prüftechnik mit hohen Teiledurchsätzen ermöglicht.

Anomaliedetektion mithilfe künstlicher Intelligenz

Bei der Überprüfung und Bewertung der aufgenommenen Bilder wird das KI-basierte Verfahren der Anomaliedetektion angewendet: Dabei handelt es sich um eine spezielle Technik, die auf tiefen neuronalen Netzen (DNN) basiert. Konkret kommen sogenannte Convolutional Autoencoder (Bild 3) in Kombination mit einer Differenzbildgenerierung zum Einsatz, um ungewöhnliche oder unerwartete Abweichungen in Bildern von Prüfteilen sichtbar zu machen. Diese Art der Anomaliedetektion spielt ihre Stärke genau dort aus, wo die klassische Bildverarbeitung an ihre Grenzen stößt oder zumindest einen hohen Grad an Expertise erfordert: bei der Fehlererkennung in komplexen Texturen. Neuro-

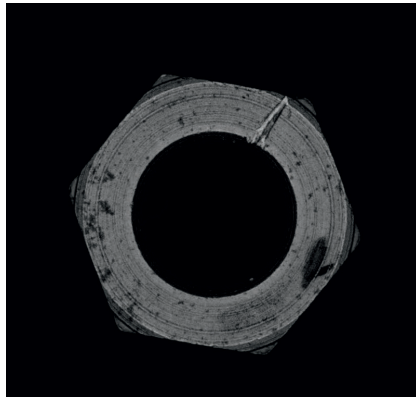


Bild 1. Texturbilder lassen keine sichere Aussage über mögliche Fehler zu, denn diese sind eventuell nicht sichtbar. Zudem stören Farb- oder Helligkeitsunterschiede eine stabile Auswertung. © Kistler

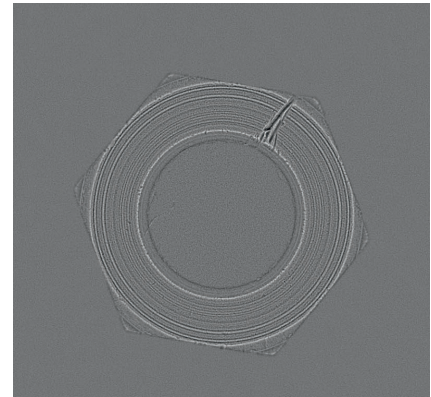


Bild 2. Bei mit „Shape from Shading“ erstellten Prüfbildern sind auch feine Fehler wie Kratzer oder Riefen stabil auswertbar. © Kistler

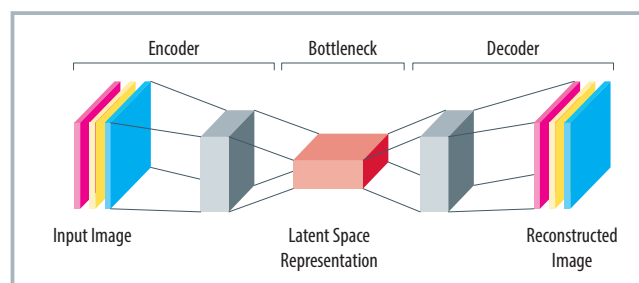


Bild 3. Schematische Darstellung eines Convolutional Autoencoders. © Kistler

nale Netze sind aufgrund der Variabilität bei den Gutteilen und den nicht immer mathematisch abbildbaren Entscheidungskriterien zwischen IO- und NIO-Bauteilen häufig die einzige Option.

Um die Anomaliedetektion nutzen zu können, muss die Software zunächst angeleitet werden: Das Deep Neural Network wird zu Beginn mit Bildern von IO-Bauteilen gefüttert und „erlernt“ deren Eigenschaften sowie die Fähigkeit, diese möglichst exakt zu rekonstruieren. Anwenden steht hier eine große Datenmenge zur Verfügung, da sie eine enorme Anzahl an IO-Bauteilen produzieren. Vorausgesetzt, dass die Anomalie gut zu erkennen ist, kann man das neuronale Netz mit Farb- oder Monochrombildern ebenso trainieren wie etwa mit Tiefen- oder Krümmungsbildern.

Die Methode der Anomaliedetektion macht sich die Tatsache zunutze, dass der trainierte Autoencoder keine abweichende Bildinhalte und Strukturen rekonstruieren kann. Folglich wird die Rekonstruktion eines Prüfteils mit einer Anomalie diese nicht mehr enthalten, sondern wie das dazu passende Gutteil aussehen. Es bedarf dann nur noch einer Differenzbildung zwischen Eingangsbild und Ausgangsbild, um die tatsächlichen Anomalien zu erhalten (Bilder 4 und 5).

Diese können anschließend mit klassischen Bildverarbeitungsmethoden oder bei Bedarf mit einem weiteren neuronalen Netz klassifiziert werden. Ist eine solche Anomalie entdeckt, veranlasst die KI-Software eine entsprechende Aussortierung des Bauteils. Nach einigen Produktionsbatches können die Anwender die Software mit weiteren Bildern von IO-Bauteilen füttern, die eventuell andere Eigenschaften aufweisen als die Bauteile der ersten Runde. Damit verfeinern sie die KI weiter – und minimieren so auch den Anteil des Pseudoausschuss.

Die Zukunft der künstlichen Intelligenz in der Qualitätssicherung

Mit dem Einsatz künstlicher Intelligenz in der Qualitätssicherung können Hersteller vor allem bei ungewöhnlichen oder nur sporadisch auftretenden Defekten große Fortschritte machen. Diese Defekte werden von den in klassischen regelbasierten Prüfverfahren im Vorhinein festgelegten Parametern oft nicht abgedeckt

Lasermarkierung der einzelnen Bauteile und Dokumentation

Zentral für die effiziente Gestaltung der Qualitätssicherung und der dazugehö-



Bild 4. Beispiel für ein mit dem Verfahren „Shape from Shading“ erstelltes Prüfbild. © Kistler

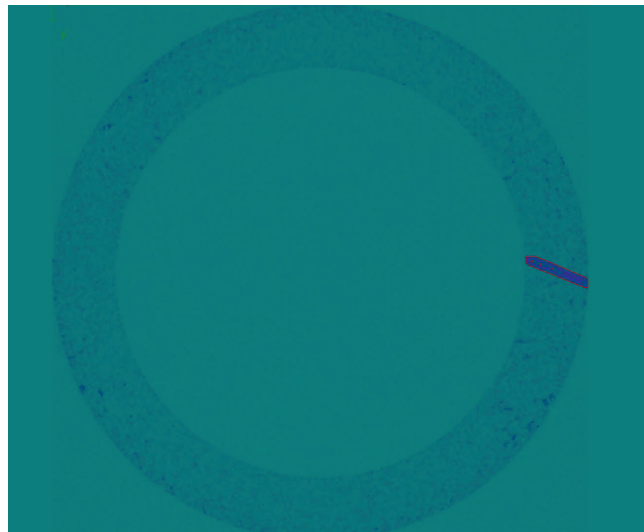


Bild 5. Auswertung des Bildes mithilfe der Anomaliedetektion. © Kistler

rigen umfassenden Dokumentation ist die exakte Beschriftung der einzelnen für korrekt befundenen Bauteile nach der Prüfung. So können Hersteller ihre Qualitätssicherung bis auf Bauteilebene umsetzen und umfassend dokumentieren. Da die Stanzindustrie Bauteile im Durchlauf markiert, also mit dem Verfahren „Marking on the fly“ arbeitet, muss das der optischen Überwachung nachgeschaltete Lasersystem besondere Anforderungen im Bereich der Markiergeschwindigkeit erfüllen. Die in einer Kombination zur Qualitätssicherung

von Kistler eingesetzte Beschriftungszelle LASERmark KLM 621 basiert beispielsweise auf aktuellen Faserlasern: Diese Zelle erfüllt die Ansprüche der wirtschaftlich kurzen Markierzeit, geringstmöglichen Positionstoleranz des Markierfeldes sowie der optimalen Kontrastverhältnisse. Im Verfahren „Marking on the fly“ erreicht die Laserzelle eine Leistung von bis zu mehr als 2.500 Teilen pro Minute. Die reproduzierbare Positionsgenauigkeit von $< 0,01$ mm wird durch den hochpräzisen Kistler Triggersensor gewährleistet. Durch die lückenlose Beschriftung beziehungsweise Codierung aller produzierten Teile ermöglicht sie die effiziente, vollständige Rückverfolgbarkeit der Teile.

Dokumentation und Auswertung dank OPC UA Schnittstelle

Neben den Qualitätsanforderungen selbst sind auch die Ansprüche an Detailgenauigkeit und Vollständigkeit der Dokumentation gestiegen: Eine umfassende und detaillierte Erfassung und Ablage der relevanten Daten für die produzierten und gekennzeichneten Teile ist auch für Hersteller in der Stanzindustrie Pflicht. Dabei ist eine Vernetzung aller relevanten Maschinen nicht nur die Grundlage für ein effizientes Datenmanagement und deren nachfolgende Analyse in der Prozessoptimierung, sondern auch die Basis für eine vollständige Nachverfolgbarkeit auf Bauteilebene.

Basierend auf dem UMATI (universal machine technology interface) hat Kistler deshalb eine OPC UA Schnittstelle in alle Lö-

sungen der Business Line Vision Inspection integriert. Die Vernetzung der Anlage mit den umstehenden Maschinen erleichtert die umfassende Prozessüberwachung zusätzlich: Das System hinterlegt die entsprechenden Dokumente der einzelnen Bauteile in einer Datenbank.

So können Anwender ihre Qualitätsprüfung von einer Stichprobendatenbank hin zu einer vollständigen Prüfung und Nachverfolgbarkeit der hergestellten Bauteile weiterentwickeln. Je nach Anwendungsfall werden dabei sowohl Maschinendaten als auch Prüfergebnisse in Echtzeit dargestellt, analysiert und statistisch ausgewertet. Anwender können beispielsweise in Verbindung mit Analysesoftwaretools wie MaDaM und jBEAM so Qualitäts-, Produktions- und Messdaten ortsunabhängig jederzeit analysieren und an der richtigen Instanz abrufen. Fehlerquellen und unnötige Wege sind damit eliminiert. Gleichzeitig können sie die Daten zur weiteren Prozessoptimierung in der Produktion nutzen.

Dank der genauen Prüfung der einzelnen Bauteile, die durch den Einsatz künstlicher Intelligenz fortlaufend verbessert wird, und die durch die individuelle Beschriftung und Dokumentation gesicherte Rückverfolgbarkeit der produzierten Teile können Hersteller die an sie gestellten Anforderungen erfüllen: Sie können nicht nur die Qualitätsansprüche einhalten, sondern auch ihre Produktion möglichst effizient gestalten. Gleichzeitig gewährleisten sie eine individuelle Rückverfolgbarkeit der von ihnen produzierten Bauteile. ■

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Die Autoren **Dr.-Ing. Oliver Schnerr**, **Stephan Bellem** und **Ferenc Toth** sind bei der Kistler Gruppe in Winterthur, Schweiz, tätig.

UNTERNEHMEN

Kistler ist Spezialist für dynamische Messtechnik zur Erfassung von Druck, Kraft, Drehmoment und Beschleunigung. Das inhabergeführte Schweizer Unternehmen prägt durch seine Sensortechnologie zukünftige Innovationen in der Automobilentwicklung und Industrieautomation sowie zahlreichen weiteren Branchen. Rund 2.000 Mitarbeitende an über 60 Standorten weltweit widmen sich der Entwicklung neuer Lösungen und bieten anwendungsspezifische Services vor Ort.

KONTAKT

Kistler Group
T +41 52 224 11 11
info@kistler.com
www.kistler.com