

KI Use Cases in der Instandhaltung

Zusammenfassung - detailliert »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«

Ihre prägnante Zusammenfassung von »**Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse**«:

Mit Hilfe von KI-Verfahren werden Temperaturverteilungen der zu verarbeitenden Kunststoffolie in Thermoumformprozessen prognostiziert und Temperaturabweichungen oder Temperaturinhomogenitäten vom zu verarbeitendem Halbzeug (Folie) identifiziert. Der Service wird auf Basis von Edge-Computing Devices beim Kunden an einer Stelle der Maschine installiert, bevor die erhitzte Folie ins Thermoformwerkzeug geführt und durch den Thermoumformprozess verarbeitet wird. Der Service wird mit CONNECT|M verknüpft und ermöglicht so Echtzeitanalyse von Prozessdaten der Folientemperatur.



Problem:

Aufgrund nicht vorhersehbarer externer Einflussgrößen (z.B. Umgebungstemperatur, Störeinflüsse wie defekte Heizelemente; ..) werden Kunststofffolien ungleichmäßig erhitzt, was zu einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung auf der zu verarbeitenden Folienbahn führt und bei dem Fertigteil im weiteren Verlauf des Thermoumformprozesses zu Qualitätseinbußen bei der Produktion führt.



Ziel:

Ziel ist das automatisierte Erkennen von abnormalen Zuständen (Hotspot, Kaltspot und Ungleichmäßigkeit der Temperaturverteilung der Folienbahn) bei variierenden Umfeldbedingungen (Folienstärke; Folienmaterial). Auf dieser Basis soll die Sicherstellung einer gleichmäßigen Temperaturverteilung beim Thermoformprozess gewährleistet werden.



Ihre Ideen zur technischen Umsetzung:

- **Software-Aspekte:** PIX Connect M, Connect SDK/ Direct SDK, Software für Programmierungsumgebung, z.B. Pycharm, Matlab, Tensorflow, Keras
- **Hardware-Aspekte:** Thermoformmaschinen & Thermoformwerkzeugen und CONNECT|M-System von Marbach, Wärmebildkamera, Cooling-Jacket, USB-Server, Industrielle Prozessinterface, PI NetBox von Optris (oder direkte Einbindung in CONNECT|M EdgePC)

Ihre Überlegungen, wie Ihre Geschäftsmodelle durch »**Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse**« betroffen werden:

Optimierung des Thermoformprozess, Reduzierung der Fehlerrate von Fertigprodukten und Senkung der Produktionskosten durch automatisierte Überwachung der Hitzeverteilung auf der zu verarbeitenden Kunststoffolie. Perspektivisch: Verknüpfung mit weiteren Werkzeug- und Maschinenparametern und Prozessdaten zur automatisierten Erkennung und Parametrisierung bei Qualitätsabweichungen am Fertigteil.

Ihre Einschätzung...
zur Wichtigkeit:



Realisierbarkeit:



Umsetzungshorizont:



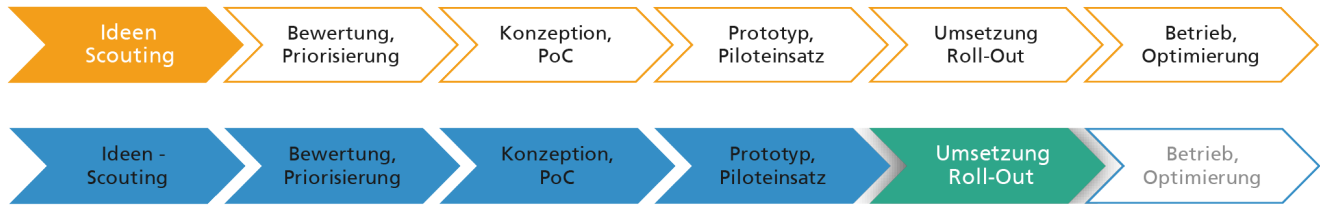
Kostenintensität:





Ihre Einschätzung zum aktuellen Reifegrad:

Ihre Einschätzung zum angestrebten Reifegrad:



Ihre Ideen zu Effizienzgewinnen:

- **Inhaltliche Aspekte:** Durch die KI-Methode kann die Hitzeverteilung von der Kunststoffolie während des Thermoformprozesses in Echtzeit überwacht und die Temperatur rechtzeitig durch den Maschinenbediener gesteuert werden, wenn ungeeignete Temperaturverteilungen oder Temperaturen (zu hoch oder zu niedrig) aufgetreten sind.
- **Monetäre Aspekte:** Sparen von Produktionskosten (Arbeitsaufwand & Folienmaterial durch automatisierte Überwachung), Reduzierung der Fehlerrate von Fertigprodukten, Erhöhung der Prozesssicherheit, Highlight beim Verkaufen von Werkzeugen.

Ihre Überlegungen zur weiteren Auswirkung durch »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Verstärkter Fokus auf Analyse von Kundenprozessdaten. Ggf. Bereitstellung von Daten für Drittanbieter. Verstärkter Bedarf an Know-How in der Softwareentwicklung und der Analyse von Prozessdaten.

Ihre Überlegungen zur Integration von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse« in Ihre aktuelle Systemlandschaft:

Wie können Wärbildkameras in das vorhandene CONNECT|M-System eingebunden werden? Optris bietet noch weitere Komponenten an, diese können mit Wärbildkamera zusammen eingebaut werden, damit die Wärbildkamera in CONNECT|M-System eingebunden werden kann. (z.B. PI NetBox 1.450 €) Wie kann KI auf Wärbilder im Thermoformen angewendet werden und in CONNECT|M integriert werden? Optris ermöglicht die Datenübertragung zu einer MATLAB oder Python Umgebung in Echtzeit über DDL (Dynamic Link Library) und Interprocess Communication (IPC) von zwei Software Development Kits (SDK). Die Hitzeverteilung kann dort analysiert werden.

Ihre Überlegungen zu neuen Optionen durch die Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Übertragung der Technologie auf weitere Materialien (Glas,...); Bereitstellung von Daten für Kunststoffhersteller, Realisierung als lizenzpflichtige Cloud-Service-Lösung, Überführung in Data Lake Thermoformung und Realisierung, Anbieten des Service für branchenfremde Unternehmen mit Thermoformtechnik, rechtzeitige Erkennung der abnormalen Bereiche mit der Berücksichtigung des Einflusses der Umgebungsbedingungen (Vorteil von der Bilderkennung im Vergleich zu der Cold/ Hotspot Erkennung von Optris Software)

Ihre Überlegungen zur Integration in die Systemlandschaft der Zukunft von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Integration mit CONNECT|M-Lösung, Rückgriff auf bestehende IT-Infrastrukturen, KI-Elemente als Edge-Computing Devices.

Ihre zusammenfassende Bewertung der Integration von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse« in die zukünftige Systemlandschaft:



Ihre Überlegungen zu Datengrundlagen und -formaten von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Generierung der Wärbilder durch Optris Wärbildkamera -> Video-Sequenzen (*.ravi, *.wmv) oder Bildmaterial mit Farbinformationen nach geeignetem zeit-In-

Ihre Überlegungen zur technischen Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

tervall(*.jpg, *.png) vollständige Temperaturinformation in Excel (*.csv) Festlegen des effektiven Bereiches der Folie aus gesamte Folienbreite, die im Werkzeug verarbeitet werden Ideale Temperaturbereiche als absolute Werte für spezifische Folie (falls vorhanden) Umgebungsfaktoren: wie Umgebungstemperatur, Foliendicke, Folienmaterial etc. (Diese Merkmale werden zunächst basierend auf der Erfahrung von Experten skaliert und als zusätzliche Eingabe für den Algorithmus verwendet.)

Die Einbindung der Infrarotkamera in das CONNECT|M System: Für die Wärmebildkameras der Xi- und PI-Serie bietet Optris zwei Software Development Kits (SDK) an. Über Connect SDK und Direct SDK können Bilder, Temperaturen in CONNECT|M System in Echtzeit übertragen werden. Erkennung von abnormalen Bedingungen durch KI-Verfahren: Von der Kamera werden nicht nur die Wärmebilder, sondern wird auch eine Temperaturmatrix ausgegeben. Dort können zwei KI-Methoden dafür angewendet werden: 1.) Identifizierung des abnormalen Bereichs im Bild und Klassifizierung des erkannten Bereichs in drei Kategorien: Hotspot, Kaltspot, Ungleichmäßigkeit. Ein spezielles neuronales Netzwerk basierend auf der Yolo-Struktur wird gemäß den aktuellen Nutzungsszenarien trainiert. 2.) Analysieren und Auswertung der Temperaturmatrix mit klassische maschinellen Lernen Verfahren von der Pyod-Bibliothek, die ein umfassendes und skalierbares Python-Toolkit zum Erkennen von Fehlerobjekten in multivariaten Daten ist. Anforderungen: * Bildqualität: Bereiche mit abnormaler Temperatur müssen deutlich sichtbar sein und mindestens 30 Pixelwerte einnehmen. * Der Fehlerwert des von der Infrarotkamera gemessenen Temperaturwerts sollte klein genug sein, z. B. ± 2 Grad Celsius. * Nach Bedarf soll die Verzögerungszeit von der Echtzeitdatenübertragung definiert werden, z.B. max. in 5 Min. später. * Die Frequenz der Kamera soll mindestens der Auflösung der Folientransportgeschwindigkeit entsprechen (Marbach Kamera mit 20 Hz).

Die von Ihnen genutzten Ressourcen:

- Info zur Optris Wärmebildkamera und Software PIX Connect https://www.optris.de/pix-connect?gclid=CjwKCAiA4o79BRBvEiwAjeoYO-VeBQ0Pp4iBOzeGES63pKxuoJfVpF81GXqVEARq0SiUXK7nVrQtBoCsDQQA_VD_BwE
- Technisches Handbuch für Echtzeit-Datenübertragung von Optris Wärmebildkamera zu anderen Software-Programmen: https://www.optris.de/tl_files/pdf/technical-note-connect-vs-direct-sdk.pdf
- Pyod (Python toolkit for Outlier Detection): <https://pyod.readthedocs.io/en/latest/#>
- State-of-the-art Netzwerk für Echtzeit-Objekterkennung von Bildern oder Video: YOLO <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>

Ihre Beschreibung des technischen Ablaufs von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

I. Trainingsprozess für Videomaterial (offline) 1. Einschalten der Wärmebildkamera und Maschine, Aufheizung der Heizstation auf die richtige Temperatur 2. Starten der Videoaufnahmen in der Software PIX CONNECT bis zum Ende des Thermoformprozess 3. Speichern des Videomaterial (lokal) 4. Identifizierung und Extrahieren des effektives Stanzbereich im Bild anhand gesamte Folienbreite 5. Generierung der Trainingsbilder und Annotation a. Extrahieren einzelner Bilder aus Video ohne Qualitätsverlust b. Markierung des abnormalen Bereichs im Bild und Generierung der entsprechenden Annotation (z.B. durch Software Labelimg), Bilderkennung in unserem Fall ist ein Überwachtes Lernen Verfahren, die umfassende Fehlerbeispiele in der Trainingsbilder sind erforderlich. 6. Auswählen einer geeigneten neuronalen Netzwerk-Architektur (Convolutional Neural Network), Trainieren des Netzwerks mit eigenen Eingabedaten bis der Trainingsverlust und Validierungsverlust klein genug und konvergiert ist. II. Trainingsprozess für Temperaturmatrix (offline) 1. Einschalten der Wärmebildkamera und Maschine, Aufheizung der Heizstation auf die richtige Temperatur 2. Starten der Videoaufnahmen in der Software PIX CONNECT bis zum Ende des Thermoformprozess 3. Speichern der entsprechende Temperaturmatrix (.csv) (lokal) 4. Identifizierung und Extrahieren des effektives Stanzbereich in der Temperaturmatrix anhand gesamte Folienbreite 5. Aggregieren aller Temperaturdaten und Festlegen der Kennwerte z.B. wie max. und min. Temperatur, Durchschnittswert, Standardabweichung. Die Umgebungstemperatur, Foliendicke und Folienmaterial beeinflussen die Heiztemperatur und sollte als Einflussfaktor betrachtet werden. 6. Bewertung und Erproben einiger ML-Methoden von der Pyod-Bibliothek, Wählen des besten Modells zur Implementierung (Dieser Fall gilt für überwachtes und unüberwachtes Lernen). III. Implementierung des trainierten Modells in CONNECT|M (online) 1. Einschalten der Wärme-

bildkamera und Maschine, Aufheizung der Heizstation 2. Übertragung der Videomaterien /Temperaturmatrix durch Connect SDK/ Direct SDK zu MATLAB (möglicherweise in die Python-Umgebung, es wird im technischen Handbuch nicht erwähnt.) 3. Echtzeiterkennung abnormaler Temperaturverteilungen und Temperaturen von Bildern oder Temperaturmatrix durch entsprechendes trainiertes Modell

Ihre Beschreibung der Formate, in denen die Ergebnisse von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse« vorliegen (werden):

Die für die Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse« benötigten Qualifikationen:

Informatiker Cloud Service Systemverantwortlicher Hardware Entwickler Technische Berater von Optris ...

Ihre zusammenfassende Bewertung der vorhandenen Qualifikationen, die zur Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse« benötigt werden:



Zeitlicher Aufwand für die Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Anzahl Personenmonate:

Dauer der Umsetzung: Monate

Kosten der Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Implementierungskosten: €

Betriebskosten/Jahr: €

Benötigte Kooperationen für die Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«:

Intern: Aufbauen und Integration der Wärmebildkamera in das CONNECT|M-System Anpassung der Positionen und Geschwindigkeit der Folienbahn bzw. der Schrittweite unter der Wärmebildkamera Generierung und Übertragung der benötigte Daten/Bilder für das Training in ausreichender Zahl

Extern: Erproben unterschiedlicher KI-Algorithmus, um Temperaturverteilung zu erkennen; Einbindung der besten KI-Verfahren in Marbach COMMET|M-System

Hürden der Umsetzung von »Erkennung abnormaler Zustände durch KI-Thermobildanalyse«, die Sie befürchten und bewältigt haben:

Technische Hürden: Klassische KI-Algorithmus: Die Erkennung erfolgt durch Heiztemperatur, aber die Heiztemperatur wird von der Umgebungstemperatur (& v.a. Foliendicke & Folienmaterial) beeinflusst. Diese Parameter müssen als Merkmale bzw. Eingaben berücksichtigt werden vom KI Algorithmus. Der abnormale Bereich kann nicht in Echtzeit im Bild lokalisiert werden (ist akzeptabel). Bilderkennungsverfahren durch Deep Learning: Aufwand bei Label-Generierung, alle Fehler-Möglichkeiten sollen im Voraus simuliert werden. Die Erkennungsgenauigkeit des Ergebnisses kann nicht zu 100% garantiert werden. Hürden von Wärmebildkamera: Der Fehlerwert des von der Infrarotkamera gemessenen Temperaturwerts soll berücksichtigt werden, und der wahre Fehler ist jedoch nicht leicht zu beweisen.



Hürden bei Anwendern / Stakeholdern: Mehr Aufwand bei Generierung der Trainingsdaten, z.B. Simulation von falschen Fällen, um mehr Bilder mit abnormalen Temperaturen zu bekommen. Variantenvielfalt muss abgedeckt werden, wenn es um die Vorhersage von absoluten Temperaturen geht. (z.B. dicke Folien benötigt höhere (Oberflächen-) Temperatur als dünne Folie um gute Verformbarkeit im Thermoumformprozess zu erreichen)



Rechtliche Restriktionen: Keine Einschränkungen wegen Wärmebildverfahren; ggf. Rückschlüsse auf Qualitätsdefizite beim Kunden möglich



Ihre Anfragen zu weitergehender Beratung an uns:

Ihre weiteren Anfragen: