

Visuelle Inspektion von Automobil-Kabelbäumen mittels KI

Wirtschaftszweig: Elektronik- und Informationstechnologie

Anwendungsfall und Projektziel

Das Projekt VI²NAKAI der fleXstructures GmbH verfolgt das Ziel, die bislang manuelle visuelle Inspektion von Automobil-Kabelbäumen durch ein KI-gestütztes Prüfverfahren zu ersetzen. Kabelbaumstrukturen gelten als komplex, unübersichtlich und schwer visuell zu bewerten, da kleinste Abweichungen oder Montagedefekte nicht zuverlässig erkannt werden. Im aktuellen Produktionsprozess führen fehlerhafte Kabelbäume häufig zu zeitintensiven Nacharbeiten, Ausschuss oder sogar sicherheitsrelevanten Problemen in der Endmontage. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines automatisierten Analyseverfahrens, das auf Deep-Learning-Methoden basiert und Fehlerbilder wie falsch positionierte Stecker, falsche Wicklungen oder fehlende Komponenten auf den Fertigungsbrettern der Kabelbäume zuverlässig erkennt. Durch die Nutzung historischer, annotierter und synthetischer Daten soll ein robustes KI-Modell entstehen, das sowohl bekannte Fehler als auch seltene Anomalien identifizieren kann. Darüber hinaus soll die KI zukünftig in der Lage sein, neue Kabelbaumvarianten ohne umfangreiche Nachannotationen zu bewerten. Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM gewährleistet fundierte methodische Unterstützung in den Bereichen Anomalieerkennung, Deep Learning und Bildvorverarbeitung. Langfristig strebt fleXstructures an, eine vollständig digitalisierte Qualitätskontrolle zu etablieren, die nahtlos in bestehende Prüfprozesse integriert werden kann. Dies umfasst sowohl die automatisierte Erkennung von Montagefehlern als auch die Dokumentation und Rückverfolgbarkeit im Produktionsprozess.

Lösungsansatz und Herausforderungen

Die zentrale Herausforderung im Projekt besteht in der hohen Variabilität von Kabelbaumdesigns, deren komplexer Geometrie und der Vielzahl möglicher Fehlerbilder. Um diese Komplexität zu adressieren, setzt das Projektteam auf ein KI-basiertes Anomalieerkennungssystem, das Normalzustände erlernt und Abweichungen automatisch detektiert. Ein wichtiger Schritt besteht in der strukturierten Feature-Extraktion mittels WideResNet- oder ResNet-Modellen, die hochdimensionale Repräsentationen fehlerfreier Kabelbaumsegmente erzeugen. Über ein Sampling werden die wichtigsten Normal-Features ausgewählt, wodurch ein hocheffizientes Vergleichsmodell entsteht. Beim Inferenzschritt werden neue Kabelbaumbilder mit der gelernten Normal-Feature-Datenbank verglichen, woraus ein Anomalie-Score abgeleitet wird, die fehlerhaften Bereiche markiert. Herausfordernd bleibt die Erkennung von Fehlern bei stark variierenden Kabelbaumformen und wechselnden Beleuchtungssituationen. Zur Verbesserung der Robustheit werden daher synthetische Variationen, augmentierte Trainingsdaten und unterschiedliche Kamerasetups genutzt. Zusätzlich wird an einer effizienten und skalierbaren Datenpipeline gearbeitet, um große Bildmengen verarbeiten und kontinuierlich neue Fehlerbilder integrieren zu können.

gefördert vom

Potenziale

Die Implementierung der KI-basierten Inspektion bietet erhebliches Potenzial für Qualitätssteigerung, Prozesssicherheit und Kosteneinsparungen. Durch die automatische Detektion von Abweichungen können Fehler deutlich früher erkannt und Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden, bevor die Baugruppen weiterverarbeitet werden. Dies führt zu reduzierten Nacharbeitszeiten und einer Minimierung von Ausschuss in der Produktion. Da die KI eine konsistente Bewertung gewährleistet, entfällt die subjektive Fehleranfälligkeit manueller Sichtkontrollen. Das System kann zudem rund um die Uhr eingesetzt werden und skaliert problemlos mit steigender Produktionsmenge. Die erzielten Ergebnisse verbessern die Rückverfolgbarkeit und Dokumentation, da jede Anomalie automatisch gespeichert werden kann. Langfristig kann die Technologie auch auf andere Komponenten übertragen werden, etwa auf Schlauchleitungen, Kabelstränge oder elektrische Submodule. fleXstructures profitiert zudem strategisch, da die Integration KI-gestützter Qualitätsprozesse eine Ergänzung des bestehenden Softwareportfolios darstellt und neue Geschäftsfelder im Bereich der automatisierten Inspektion eröffnet. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM entsteht ein skalierbares, robustes und industrietaugliches System, das einen hohen Innovationsgrad besitzt.

Umsetzendes KMU	Forschungspartner
fleXstructures GmbH Carl-Euler-Strasse 8 67663 Kaiserslautern	Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics ITWM Quantum Image Processing www.itwm.fraunhofer.de

Weitere Informationen zu KI4KMU-RLP finden sie unter: www.ki4kmu-rlp.de

gefördert vom



Rheinland-Pfalz
MINISTERIUM FÜR
WIRTSCHAFT, VERKEHR,
LANDWIRTSCHAFT
UND WEINBAU

