



DIGITALISIERUNGSBEISPIEL

Montagefehler früh erkennen: KI-gestützte Qualitätsprüfung in der Fertigung



Ausgangssituation

Ein mittelständisches Unternehmen aus dem Bereich der Leistungselektronik fertigt Hochspannungsversorgungen. Die Montage erfolgt in mehreren Arbeitsschritten, bei denen zahlreiche elektronische Komponenten und Kabel korrekt verbaut werden müssen. Fehler wie vertauschte Kabel, fehlerhaft verbaute Kondensatoren oder unvollständige/unzureichende Silikonapplikationen lassen sich zwar elektrisch prüfen und häufig bereits optisch erkennen, die Prüfung erfolgte bislang jedoch überwiegend manuell. Für einzelne Montageschritte existieren bereits klassische automatische optische Prüfsysteme, dennoch können nicht alle relevanten Fehlerbilder automatisiert erkannt werden. Am Ende des Fertigungsprozesses wird jedes Produkt zusätzlich einer elektrischen 100-%-Prüfung unterzogen. Diese Prüfung

bleibt auch weiterhin unverzichtbar. Werden Montagefehler jedoch erst an diesem Punkt entdeckt, entstehen hohe Nacharbeitskosten. In vielen Fällen muss das Gerät aufwendig zerlegt werden, um den Fehler zu beheben. Im Falle von Fehlern kann die elektrische Prüfung sogar zur Zerstörung von Baugruppen führen, wodurch eine Reparatur zusätzlich erschwert oder unmöglich wird. Ziel war es daher, typische Montagefehler bereits unmittelbar nach dem jeweiligen Fertigungsschritt automatisch zu erkennen und den Mitarbeitenden eine direkte Rückmeldung zu geben.

Herausforderung

Die zu prüfenden Fehlerbilder unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften. Während sich

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Mittelstand-Digital

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



beispielsweise die Reihenfolge von Kabeln überprüfen lässt, erfordern fehlende Kondensatoren oder fehlerhafte Silikonapplikationen andere Auswerteverfahren und Beleuchtungskonzepte. Zudem mussten die Prüfungen zuverlässig unter den realen Bedingungen der Fertigung funktionieren und sich in bestehende Produktionsabläufe integrieren lassen sowie mitarbeiterfreundlich gestaltet sein. Gleichzeitig sollte das System schnell reagieren, damit Fehler unmittelbar korrigiert werden können, ohne den Produktionsprozess maßgeblich zu verzögern.

Vorgehen

Zu Beginn wurden gemeinsam mit dem Unternehmen in mehreren Workshops die relevanten Fehlerbilder identifiziert und priorisiert. Dabei standen insbesondere falsch gesteckte Kabel, fehlende oder falsch verbaute Kondensatoren sowie die Kontrolle von Silikonapplikationen im Fokus. Anschließend untersuchten wir im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, wie sich diese Fehler automatisiert erkennen lassen. Dabei wurden verschiedene Ansätze der Bildverarbeitung getestet und unterschiedliche Beleuchtungskonzepte bewertet. Neben konventioneller Beleuchtung kamen auch Infrarot- und UV-Beleuchtung zum Einsatz, um bestimmte Merkmale besser sichtbar zu machen.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde ein Prüfstand direkt im Unternehmen aufgebaut. Mehrere Kameras erfassen dabei unterschiedliche Bereiche des Produkts. Für jede Kamera wurde ein spezialisiertes KI-Modell entwickelt, das auf genau ein Fehlerbild optimiert ist. Die Modelle basieren auf MobileNet SSD und wurden mithilfe von Transfer Learning für die jeweiligen Prüfaufgaben trainiert. Die Ausführung erfolgt auf einer NVIDIA Jetson Xavier Edge-Plattform, wodurch die Bildauswertung direkt am Prüfstand in kurzer Zeit durchgeführt werden kann, ohne dass eine Cloud-Anbindung erforderlich ist. Die lokale Ausführung der KI war eine essenzielle Anforderung des Unternehmens. Die Prüfergebnisse werden den Mitarbeitenden unmittelbar über eine Benutzeroberfläche angezeigt. Erkennt das System einen Fehler, wird dieser direkt visualisiert und kann sofort während des entsprechenden Montageschritts behoben werden.

Lösung

Durch die KI-gestützte optische Qualitätsprüfung können Montagefehler deutlich früher erkannt werden als bisher. Anstatt erst bei der abschließenden elektrischen 100%-Prüfung aufzufallen, werden fehlerhafte Kabelverbindungen, fehlende Bauteile oder andere definierte Fehlerbilder bereits unmittelbar nach ihrer Entstehung identifiziert. Mitarbeitende erhalten eine direkte Rückmeldung und können den Fehler sofort selbst korrigieren. Dadurch reduziert sich der Nacharbeitsaufwand erheblich. Aufwendige Demontagen bereits fertig montierter Baugruppen werden seltener erforderlich, wodurch sowohl Zeit als auch Kosten eingespart werden. Gleichzeitig unterstützt das System die Mitarbeitenden bei der Qualitätssicherung, ohne bestehende Prüfprozesse zu ersetzen. Die klassische automatische optische Inspektion sowie die abschließende elektrische 100%-Prüfung bleiben weiterhin Bestandteil der Qualitätssicherung und werden durch die KI-basierte Prüfung sinnvoll ergänzt. Der große Vorteil der KI-basierten QS ist, dass die Firma die KI selbst für zukünftige Fehlerbilder antrainieren kann und somit flexibel bleibt.



Unsere KI-gestützte Qualitätsprüfung erkennt Montagefehler sofort bei ihrer Entstehung – nicht erst am Fertigungsende. Mitarbeitende erhalten direkte Rückmeldung und können Fehler umgehend korrigieren, bevor kostspielige Nacharbeit entsteht. Das spart Zeit und senkt Kosten.

*Marco Franke, Leiter Werksplanung/
Innovationsmanager*

Das Projekt zeigt, dass sich moderne Computer-Vision-Verfahren auch in mittelständischen Fertigungsunternehmen wirtschaftlich einsetzen lassen. Durch die Kombination aus spezialisiert trainierten KI-Modellen, einem Multi-Kamera-System und Edge-Hardware konnte eine Lösung entwickelt werden, die sich in den laufenden Produktionsprozess integriert und einen konkreten Mehrwert für die Fertigung schafft.