

Wenn jedes Detail zählt

Wie Vision AI die Qualitätssicherung in der Produktion für die Pharma-Industrie auf ein neues Level hebt.



© shutterstock/IM Imagery

In einem medizintechnischen Werk, das sterile Produkte in Ampullen und Vials verarbeitet, ist die visuelle Qualitätsprüfung in der Etikettierung üblicherweise ein Mix aus Kameraprüfung und menschlicher Draufsicht. Am Ende der Produktionslinie befindet sich eine Sichtkontrolle, die durch klassische, regelbasierte Bildverarbeitung ergänzt wird. Geprüft werden Merkmale der Etikettierung, wie Leserlichkeit von UDI-Codes, CE-Kennzeichen, Haltbarkeitsdaten und Chargennummern sowie deren Position und Druckqualität.

Mit steigender Ausbringung und zunehmender Variantenvielfalt – häufigere Umrüstungen, unterschiedliche Etikettenlayouts, wechselnde Codes – stoßen starre, regelbasierte Systeme und die manuelle Sichtprüfung an ihre Grenzen: Fehlbewertungen nehmen zu, die Quote an Nacharbeit steigt und vermeidbarer Ausschuss belastet Kosten und Anlageneffektivität.



Autorin:
Dr. Janine Müller
Teamlead Data Science & AI
BTC AG
www.btc-ag.com

Rolle der Etiketten

Gerade im medizinischen Bereich sind die Informationen der Etiketten zudem weit mehr als einer von vielen Datenpunkten in der Qualitätssicherung. Sie sind wichtigster Träger von Identität und Rückverfolgbarkeit und damit eng an Verbrauchersicherheit, Compliance und Reputation gekoppelt. Typische Etikettierfehler, wie Knicke, Blasen, kleine Versätze oder wechselnde Lichtverhältnisse an der Produktionsstraße bringen starre Systeme an ihre Grenzen und sorgen dafür, dass keine ausreichend verlässlichen Ergebnisse geliefert werden. Eine manuelle (Nach-)Prüfung ist bei hohem Output nur stichprobenhaft oder mit enormen Personalaufwand möglich.

Verlässliche Qualitätssicherung

Vision AI als qualifiziertes Prüfsystem: Mit Hilfe von intelligent kombinierten KI-Algorithmen wird die Qualitätssicherung grundlegend modernisiert: Die Stärken der einzelnen Algorithmen werden genutzt und in Echtzeit zusammengeführt, um eine umfassende und zuverlässige Analyse zu ermöglichen. Dieses Zusammenwirken sorgt dafür, dass die KI-Systeme nicht isoliert agieren, sondern als Gesamtlösung die Qualitätssicherung deutlich verbessern.

Vision AI

kommt als komplex agierendes Prüfsystem zum Einsatz: Kameras sind häufig schon an der Produktionslinie vorhanden, geeignete Rechenplattformen und eine Integration in die Liniensteuerung können nachgesteuert werden.

Ziel ist ein System, das drei Anforderungen erfüllt:

1. nahezu 100-Prozent-Prüfung im erhöhten Produktions-Takt,
2. nachvollziehbare, dokumentierbare Ergebnisse gemäß regulatorischen Vorgaben und
3. ein Betriebskonzept, das Wirtschaftlichkeit durch weniger Nacharbeit, weniger Ausschuss und stabilere Prozesse erhöht.

Geometrie, Oberfläche, Information

Inline-Prüfung in der Etikettierung: Vision AI kann zusätzlich durch weitere Kameras auch direkt im Etikettierprozess genutzt werden: mittels Geometrieprüfung können Fehler noch früher erfasst und Ursachen noch schneller sichtbar gemacht werden. Inhaltlich konzentriert sich die Etikettenprüfung auf drei Prüfgruppen:

- **Geometrie:** Ist die Position des Etiketts korrekt (Winkel, Versatz, Überlappung)?
- **Oberfläche:** Gibt es Falten, Blasen, abstehende Kanten oder Ablösungen?
- **Information:** Sind Text und Codes korrekt und zuverlässig lesbar?

Durch die Kombination von unterschiedlichen KI-Disziplinen, wie zum Beispiel "Objektdetektion", "Objekt Tracking" oder "Klassifizierung", werden kleinste Abweichungen zum definierten Zielbild in der Aufbringungs- oder Druckqualität der Etiketten früh erkannt, schon weit, bevor Ausschuss entsteht. Sie geben den Rahmen für die deutlich fundierteren Entscheidungen im Vergleich zur klassischen, regelbasierten Bildverarbeitung.



Verschleißbilder. Nur durch ausreichend Trainingsmaterial generalisiert ein Modell zuverlässig und klassifiziert auch unbekannte Zustände stabil.

Klarer Use Case für echte Mehrwerte aus KI

Dies zeigt, wie Vision AI in regulierten Produktionen einen erfolgskritischen Unterschied macht: Sie ermöglicht eine konsistent dokumentierte In-line-Prüfung dort, wo Qualitätssicherung mit steigender Produktionsgeschwindigkeit und Prozessvarianz Schritt halten muss. Der entscheidende Hebel liegt nicht allein in den KI-Modellen, sondern im Zusammenspiel aus Sensorik/Beleuchtung, klarer Aufgabenlogik, nachvollziehbarer Validierung und einem Betriebskonzept, das Drift und Änderungen kontrolliert.

Dadurch wird die Prüfung nicht nur präziser, sondern auch wirtschaftlicher: Fehler werden nicht nur erkannt und fehlerhafte Produkte aussortiert, sondern auch als Datenquellen für Ursachenanalyse, Prozessoptimierungen und Wartungsstrategie früh nutzbar gemacht. So gelingt es Ausschuss und Nacharbeit zu reduzieren, Verschleiß früher zu antizipieren, eine fundierte Ursachenanalyse und langfristige Stabilisierung der Prozesse und Gewinnmargen zu ermöglichen. Wer Vision AI so einführt – als qualifiziertes Prüfsystem mit klaren Zielen – gewinnt eine robustere Produktion mit deutlich weniger Ausschuss.

Wer schreibt:

Dr. Janine Müller ist promovierte Physikerin und Teamlead im Bereich Data Science und Künstliche Intelligenz bei der BTC AG. Sie verfügt über mehr als zehn Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Computer Vision Lösungen und der Leitung komplexer KI-Projekte. Ihre Schwerpunkte liegen in der Echtzeit-Datenverarbeitung, Machine Learning und der Führung interdisziplinärer Teams. Ihre wissenschaftliche Laufbahn führte sie u. a. zur LHCB-Kollaboration am CERN, wo sie internationale Forschungsprojekte mitgestaltete. ◀



© shutterstock/Sooksraad, bearbeitet von BTC

© shutterstock/Corona Borealis Studio, bearbeitet von BTC

Objektdetektion

Ein wiederkehrendes Problem bei der Qualität klassischer, regelbasierter Bildverarbeitung ist die Lagevarianz: Etiketten kleben leicht unterschiedlich, und Codebereiche sind je nach Charge nicht identisch positioniert. Ein Modell, das auf Objektdetektion spezialisiert ist, kann die Etiketten auf den Verpackungen lokalisieren und somit den relevanten Bereich im Bild eingrenzen. Dies ermöglicht der KI unabhängig von kleinen Versätzen oder Layoutänderungen im definierten Bereich zuvor festgelegte Informationen zu erkennen und gegen die Vorgaben zu prüfen. Außerdem kann mit Hilfe eines solchen Modells die Lage des Etikettes und des Codebereiches auf der Ampulle bewertet werden: fehlende Etiketten, Doppeleinzug, schiefe Aufbringung oder ein falsch zugeführter Behälter werden früh erkannt und direkt ausgeschleust. Diese Modelle schematisieren die Objekte als Rechtecke. Wird eine genauere, pixelscharfe Lokalisierung benötigt, kommen sogenannte Segmentierungsmodelle zum Einsatz. Hier wird jedem Pixel im Bild eine Klasse zugeordnet und die Objekte können schärfer abgegrenzt werden.

Objekt Tracking

Ein häufiger Stolperstein in schnellen Linien ist die Zuordnung: Welches Prüfergebnis gehört zu welchem Behälter, wenn mehrere Kameras oder Prüfschritte im Etikettierbereich arbeiten? Objekt Tracking stellt sicher, dass zu jeder gefertigten Ampulle und Vial sowohl Etiketten als auch Informationsprüfungen über Bildfolgen eindeutig zusammengeführt werden. Das stabilisiert die Ausschleuslogik und vereinfacht die Rückverfolgbarkeit von Befunden.

Klassifizierung

Aufgabe der Klassifizierung ist die klare Entscheidung: "OK - Produkt freigeben" oder "NOK - Produkt ausschleusen". Gleichzeitig wird der Defekt typisiert, z. B. "Etikett mit Falte/ Blase",

"Etikett versetzt", "Druck verschmiert" oder "Code unlesbar". Unabhängig von der Entscheidung der KI im Prozess, erlaubt diese Differenzierung den Produktionsverantwortlichen eine Ursachenanalyse und deren Behebung. Wiederkehrende oder dauerhafte Fehlerbilder können darüber hinaus Indikatoren für Verschleiß an der Produktionsstraße sein. Die Messdaten aus der Qualitätssicherung können als Frühwarnsystem für vorrauschauende Maschinenwartungen genutzt werden und somit Ausfallzeiten minimieren.

Entscheidungen am Edge, Verbesserung im Backend

Da Ausschleusung in Echtzeit erfolgen muss, laufen die Modelle auf einem Edge direkt an der Produktionsmaschine, mit Anbindung an SPS/IPC. Gleichzeitig werden die Prüfergebnisse und ausgewählte Bildausschnitte in ein zentrales Backend übertragen, um Trends in den Live-Daten der Produktionsstraße zu analysieren, Defektstatistiken zu führen und Modellupdates kontrolliert vorzubereiten. Die Praxis zeigt den Nutzen dieser hybriden Architektur: schnelle Reaktion lokal, aber systematische und kontinuierliche Verbesserung im Hintergrund.

Machine Learning

bringt KI-Modell zur industriellen Reife. Für seltene Defekte – etwa spezifische Knickmuster oder partielle Druckaussetzer – kann es sein, dass die vorhandenen Beispiele zu Projektbeginn nicht ausreichen, um ein Modell darauf zu trainieren. Hier kann die Datenvielfalt durch synthetische Daten erweitert werden. Außerdem können solche oder neu auftretende Fehler systematisch gesichert und für ein Nachtraining verwendet werden.

Ein zentraler Erfolgsfaktor ist die Abdeckung realer Varianz: unterschiedliche Etikettenchargen, Materialien, Druckzustände, wechselnde Lichtverhältnisse, Bedienerinflüsse und