

Schneller, präziser, KI: Wo steht die Künstliche Intelligenz in der Bildverarbeitung?



Deep Learning und CNNs

sind Spezialformen der KI in der Machine Vision. Die Bereiche Künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und Deep Learning sind eng miteinander verbunden, werden teilweise simultan verwendet, aber haben unterschiedliche Schwerpunkte. Das maschinelle Lernen ist eine Teilmenge der KI, das es Systemen ermöglicht, aus Daten zu lernen und sich zu verbessern, ohne explizit programmiert zu sein.

Maschinelles Lernen verwendet Algorithmen zur Mustererkennung, z. B. Entscheidungsbäume, Regression und künstliche neuronale Netze. Beispiele sind Produktempfehlungen, Kundenverhaltensvorhersagen und Kreditkartenbetrugserkennung.

Deep Learning hingegen ist eine besondere Form des maschinellen Lernens. In der Bildverarbeitung kommt bei Deep Learning eine spezielle Art von künstlichen neuronalen Netzwerken zum Einsatz: CNNs – Convolutional Neural Networks – eignen sich für Aufgaben, die mit Bild- und Videoverarbeitung zu tun haben. Sie sind darauf ausgelegt, räumliche Hierarchien in den Daten zu erfassen, indem sie Faltungsschichten verwenden.

Anwendungsfelder von Deep Learning

Deep Learning erweitert bisherige und erschließt ganz neue Anwendungsfelder mit Bildverarbeitung. Vision Systeme finden in der automatischen Qualitätskontrolle Einsatz: Deep Learning ermöglicht die präzise Erkennung und Klassifikation von Fehlern in Produkten. Dies ist besonders nützlich in der Halbleiter- und Elektronikfertigung, wo mikroskopisch kleine Fehler erhebliche Auswirkungen haben können.

Die industrielle Bildverarbeitung ist ein wesentlicher Bestandteil moderner Fertigungsprozesse. Mit der wachsenden Komplexität und Präzision der Produktionslinien steigt auch der Bedarf an fortschrittlichen Inspektions- und Überwachungssystemen. In den letzten Jahren hat die Entwicklung in der Künstlichen Intelligenz (KI) enorme Fortschritte gemacht und eröffnet neue Möglichkeiten, die Effizienz und Genauigkeit in der industriellen Bildverarbeitung zu steigern.

Industrielle Bildverarbeitung umfasst die Anwendung von Computer-Vision-Technologien zur Automatisierung visueller Inspektionsprozesse in der Produktion. Dies beinhaltet die Erfassung, Verarbeitung und Analyse von Bildern oder Videos zur Qualitätskontrolle, Fehlererkennung und Prozessüberwachung.

Traditionelle Bildverarbeitungstechniken versus KI

Traditionelle Bildverarbeitungstechniken basieren auf festen Algorithmen und regelbasierten Systemen. Diese Methoden erfordern umfangreiche Programmierung und Kalibrierung, um spezifische Fehler oder Anomalien zu erkennen. Sie sind oft starr und nicht flexibel gegenüber Variationen in den Produktionsbedingungen. KI hingegen, insbesondere maschinelles Lernen und Deep Learning, erweitern kontinuierlich die Möglichkeiten von Machine Vision: Im Gegensatz zu traditionellen Methoden lernen Machine Learning-Modelle aus Beispieldaten und können komplexe Muster und Zusammenhänge erkennen, die für regelbasierte Systeme schwer zu handhaben sind.

Autorinnen:
Linda Reschke
Softwareentwicklung,
Pauline Lux
Deep Learning Research Engineer
Basler AG
www.baslerweb.com

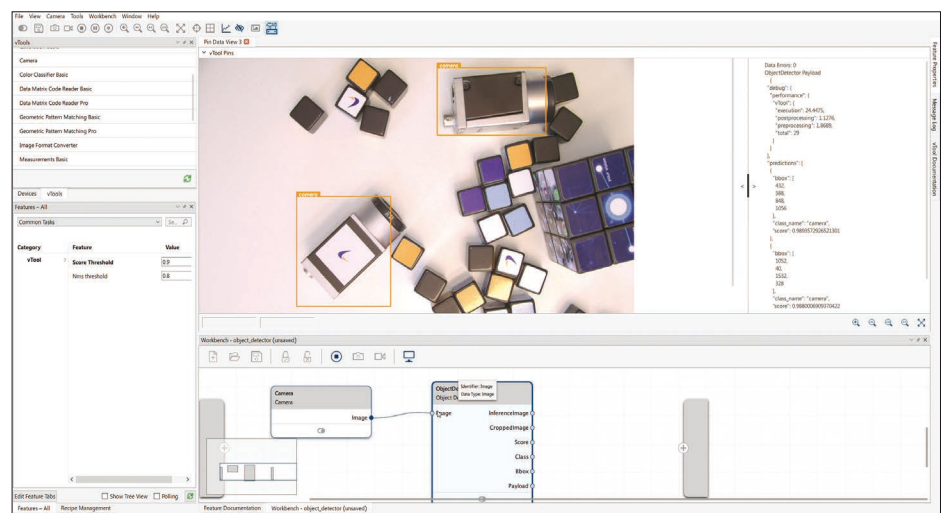


Bild 1: Einfache Bildanalyse-Erstellung per Drag-and-Drop im pylon Viewer

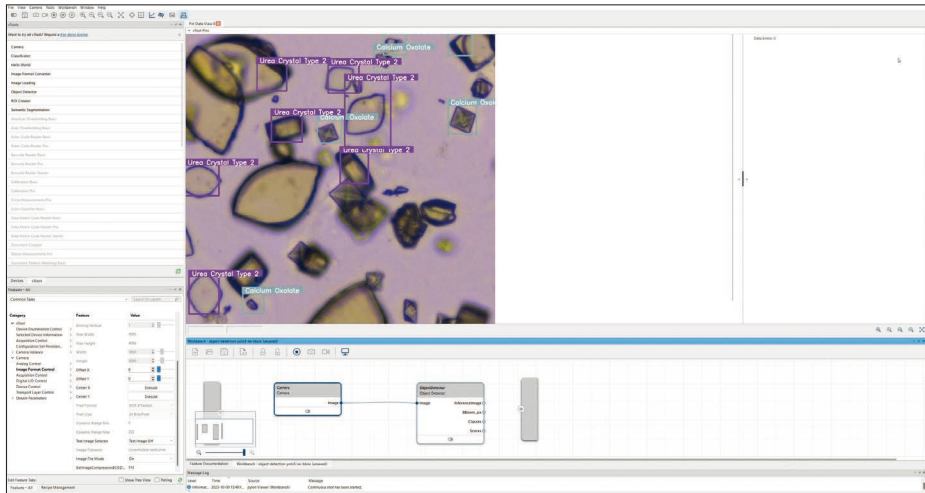


Bild 2: Objekterkennungsrezept für das Lokalisieren und Zählen von Urine-Sediment-Proben

zellenfertigung unterstützt, lesen Sie im Anwendungsbeispiel.

KI-Funktionen für neue Anwendungen

- **Einfache Bildanalyse-Erstellung** (Bild 1)
- **Objekterkennung:**
Lokalisieren und Zählen von unterschiedlichen und komplexen Objekten im Bild (Bild 2)
- **Klassifizierung:**
Klassifizierung und systematische Gruppierung von Objekten in Kategorien
- **KI-basierte OCR:**
Intelligente Texterkennung unter erschwerten und sich verändernden Auslesebedingungen, wie zum Beispiel verschwommener Text (Bild 3)
- **Semantische Segmentierung:**
Identifizieren von Pixelansammlungen, um Objektklassen und Hintergrund-Regionen im Bild pixelgenau zu unterscheiden
- **Instanz-Segmentierung:**
Vorhersage pixelgenauer Grenzen jedes einzelnen im Bild befindlichen Objektes (Bild 4)

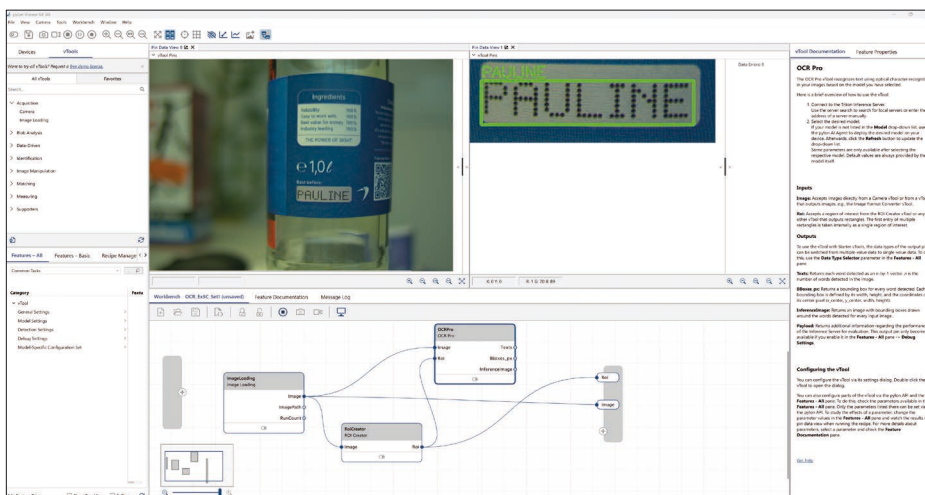


Bild 3: Optische Zeichenerkennung einer Dot-Print-Schrift auf einem Flaschen-Etikett

Wann kommt Deep Learning zum Einsatz – und wann nicht?

Deep Learning schafft dort einen Mehrwert, wo die robusten Algorithmen traditionellen Bildverarbeitungstechniken überlegen sind: Bei schwierigen Auslesebedingungen wie zum Beispiel sich verändernden Lichtverhältnissen oder bei stark variierenden Fehlern zeigen sich KI-Methoden robust genug, um trotzdem verlässliche Ergebnisse zu erzielen.

Auch wenn es auf Schnelligkeit ankommt, sind KI-Systeme dank modernster Processing Hardware wie KI-Beschleunigern und FPGA-Prozessoren überlegen: Sie sind in der Lage, Bilder in Echtzeit zu analysieren und sofortige Entscheidungen zu treffen, was die Reaktionszeit auf auftretende Probleme verkürzt.

Wirtschaftliche Betrachtung

Gleichzeitig werden bisher etablierte Methoden ihre Daseinsberechtigung behalten: Der Erfolg von Deep Learning in der Bildverarbeitung hängt stark von der Qualität des trainierten Modells ab. Der Trainingsprozess kann aufwändig und langwierig sein, sodass der Einsatz von KI-Algorithmen im Vergleich zu regelbasierten Algorithmen auch immer stark von seiner Wirtschaftlichkeit abhängt. Unternehmen sind auf Software angewiesen, die diese Prozesse deutlich vereinfacht.

Auch kann die Integration von KI-Lösungen in bestehende industrielle Systeme komplex sein und erfordert eine sorgfältige Planung und Implementierung. Interoperabilität und Kompatibilität mit vorhandenen Technologien sind aktuelle Herausforderungen.



Bild 4: Einzelne Personen werden im Bild erkannt und die Regionen segmentiert, sodass Blurr-Effekte zur Wahrung des Datenschutzes erzeugt werden können

KI-Methoden eignen sich außerdem dafür, Produktionsprozesse kontinuierlich zu überwachen und Anomalien oder Abweichungen in Echtzeit zu erkennen. Robotikanwendungen

nutzen KI-Algorithmen, um Roboter visuell zu navigieren und komplexe Aufgaben wie Montage, Verpackung und Palettierung autonom durchzuführen. Wie KI die moderne Batterie-

Ein Anwendungsbeispiel: KI sichert Qualität in der Elektrodenbeschichtung

Bildverarbeitung mit KI spürt Partikel und Hohlräume auf

Die Beschichtung der Substratfolie mit Elektrodenpaste ist ein kritischer Produktionsschritt. Die Oberflächenqualität muss gleichmäßig, lückenlos und frei von Partikeln sein, und die Dicke des Pastenauftrags genau und homogen. Moderne Bildverarbeitungstechnologie mit KI-Methoden ist in der Lage, die hohe Geschwindigkeit dieses Produktionsschrittes zu bewältigen und trägt dazu bei, den Materialausschuss deutlich zu reduzieren.

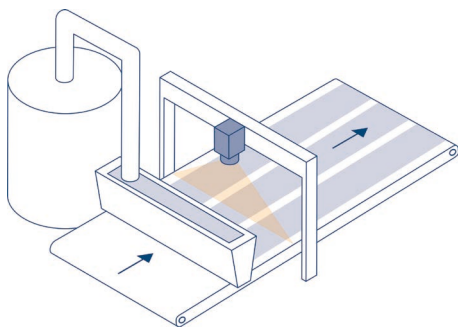


Bild 5: Schematische Darstellung der Elektrodenbeschichtung

Elektrodenbeschichtung im Detail

Bild 5 zeigt eine schematische Darstellung der Elektrodenbeschichtung. Bei der Elektrodenbeschichtung wird die Träger- oder Substratfolie mit der zuvor hergestellten Elektrodenpaste, auch Slurry genannt, mittels eines Auftragswerkzeugs wie z. B. Schlitzdüse, Rakel oder Rasterwalze überzogen. Die Beschichtung von Folienober- und Folienunterseite erfolgt parallel

oder sequentiell. Anschließend folgt ein Trocknungsprozess.

Der Produktionsschritt ist besonders kritisch, denn zahlreiche Parameter müssen exakt abgestimmt sein: Die Elektrodenpaste muss die erforderliche Stabilität aufweisen und mit der richtigen Auftragsrate aufgetragen werden. Ziel ist eine perfekte Beschichtungshomogenität ohne Aufbrechen und Agglomerate, denn die Elektrodenbeschichtung ist für die Batterieleistung besonders wichtig.

Mögliche Defekte im Pastenauftrag

Sowohl bei der intermittierenden als auch bei der kontinuierlichen Elektrodenbeschichtung können Fehler auftreten. Sie hängen von der Viskosität des Slurry und der Genauigkeit des Dosiergeräts ab. Typische Defekte sind in Bild 6 dargestellt: a. Agglomerat, b. Beschichtungsriss, c. Verunreinigung, d. Mikroverpressung, e. Schlammriss, f. Lunker (Hohlraum), g. Ausbruch oder h. Streifenbildung.

Produktionsgeschwindigkeiten und Detailgenauigkeit

Im Fertigungsprozess lauert für die Bildverarbeitung eine doppelte Herausforderung: zum einen sehr hohe Produktionsgeschwindigkeiten von bis zu 80 m/min, die per se schon große Bilddatenmengen generieren. Gleichzeitig bedarf es einer hohen Detailgenauigkeit, was durch hohe Bildauflösungen erzielt wird und noch größere Datenmengen verursacht.

Bildvorverarbeitung

Dank der Bildvorverarbeitung muss nur ein Bruchteil der Datenmenge analysiert werden. Eine Kombination aus Zeilenkamera für Endlosmaterial, FPGA-basierter Framegrabber-Technologie und Bildvorverarbeitungssoftware schafft den erforderlichen Fokus: Durch die Bestimmung des ROI (Region of Interest) werden zunächst ausschließlich die Bereiche lokalisiert, die eine

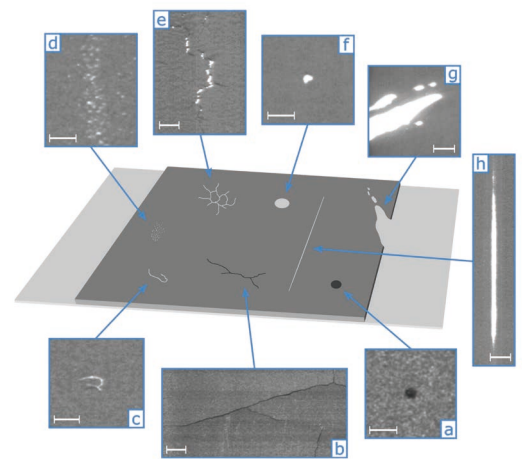


Bild 6: Defekte, die bei der Elektrodenherstellung auftreten können. Skala: 1 mm.

Quelle: Schoo A, Moschner R, Hülsmann J, Kwade A. Coating Defects of Lithium-Ion Battery Electrodes (...). Batteries. 2023; 9(2):111. <https://doi.org/10.3390/batteries9020111>

Unregelmäßigkeit aufweisen. Anschließend berücksichtigt das Vision System nur die Bilddaten des ROI und verarbeitet sie weiter. Dies hat den Vorteil, dass sich die CPU des IPCs weiterhin für die eigentliche Anlagensteuerung nutzen lässt, ohne zusätzliche Belastung.

Mit Deep Learning können Defekte klassifiziert und auf dieser Basis Entscheidungen getroffen werden.

Im nächsten Schritt ist es möglich, die Unregelmäßigkeiten innerhalb des ROIs weiter zu analysieren. Eine Bildanalysesoftware klassifiziert die Art des Defekts und misst dessen Größe. Je nach Art und Größe des Defekts folgt die Entscheidung, ob dieser innerhalb der Toleranzen liegt oder ob weitere Maßnahmen erforderlich sind. Durch die genaue Verortung und Vermessung lassen sich defekte Bereiche präzise lokalisieren und nachverfolgen, was die Qualität der späteren Batteriezelle verbessert und den Materialausschuss minimiert (Bild 7).

Wer schreibt:

Linda Reschke kam im Januar 2022 als Plattform & Market Manager für pylon vTools zu Basler. Sie begann ihre Karriere in der bildgebenden Industrie, wo sie vier Jahre Erfahrung in der Softwareentwicklung und der Definition von Softwareanforderungen sammelte.

Pauline Lux ist seit 2021 als Product Group Architect für die pylon AI bei der Basler AG tätig. Mit ihrer Leidenschaft für Deep Learning und ihrer Ausbildung in der Medizinischen Informatik bringt sie wertvolle Expertise ein. Zuvor sammelte sie als Deep Learning Research Engineer Erfahrung in der praktischen Anwendung von KI-Algorithmen. ◀

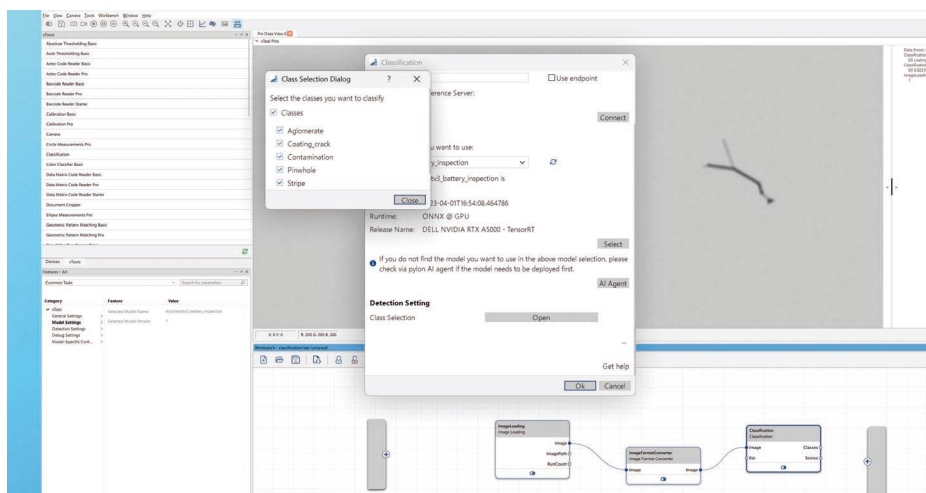


Bild 7: Erkennung von Fehlerarten bei der Elektrodenbeschichtung mit der Basler Software „pylon AI vTool Classification“.