



DEEP LEARNING FÜR DIE AUTOMATISCHE FERTIGUNG

Künstliche Intelligenz kombiniert mit industrieller Bildverarbeitung

COGNEX

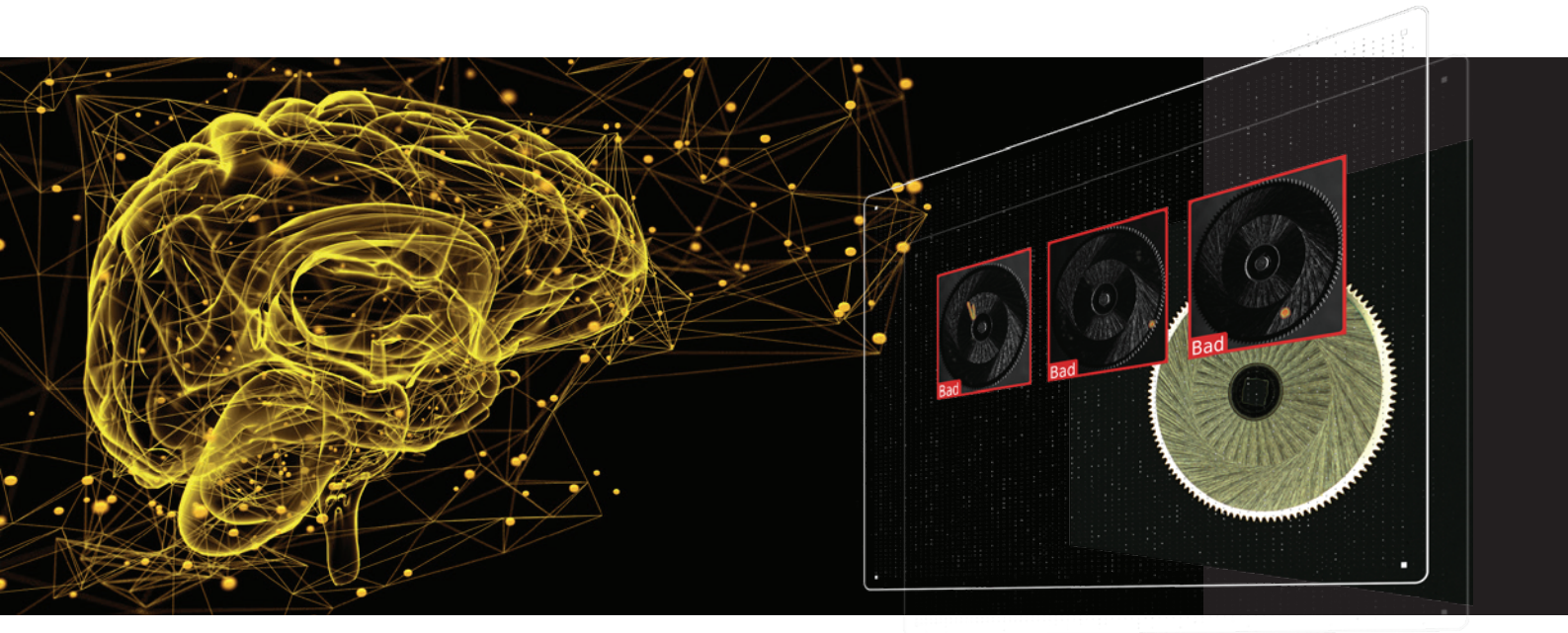


INHALTSVERZEICHNIS

Was bedeutet Deep Learning?	3
Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Montage.....	4
Die Herausforderung von Schwankungen	5
Vorteile der visuellen Prüfung durch Menschen	6
Deep Learning für komplexe Prüfungen	7
Herkömmliche industrielle Bildverarbeitung vs. Deep Learning	8
Cognex ViDi Suite	9
Fazit	9

DEEP LEARNING FÜR DIE AUTOMATISCHE FERTIGUNG

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ KOMBINIERT MIT INDUSTRIELLER BILDVERARBEITUNG



WAS BEDEUTET DEEP LEARNING?

Vom Handy in der Tasche bis hin zum selbstfahrenden Auto - die Verbrauchsgüterbranche hat sich längst die Leistungskraft der neuronalen Netzwerke für Deep Learning zu Nutzen gemacht. Deep Learning ist zur grundlegenden Technologie für Sprach-, Text- und Gesichtserkennung geworden, die in unseren mobilen und tragbaren Geräten verwendet wird. Darüber hinaus hält sie nun Einzug in viele andere Anwendungen - von medizinischen Diagnosen bis hin zu Internetsicherheit. Sie dient zur Vorhersage von Mustern und zur Unterstützung der Entscheidungsfindung. Dieselbe Technologie wird nun migriert in moderne Produktionsmethoden im Bereich Qualitätsprüfung und sonstigen auf Entscheidungen beruhenden Anwendungsbereichen.

Im Wesentlichen lernen Roboter und Maschinen durch Deep Learning so, wie Menschen das natürlicherweise tun, nämlich anhand von Beispielen. Lernen am Beispiel. Neue, kostengünstige Hardware macht es möglich, bioinspirierte, mehrschichtige, „tiefe“ neurale Netzwerke bereitzustellen, die die neuronalen Netzwerke des menschlichen Gehirns nachzuahmen. Die Produktionstechnologie erhält auf diese Weise beeindruckende neue Möglichkeiten, um Bilder zu erkennen, Trends zu unterscheiden und intelligente Vorhersagen und Entscheidungen zu treffen. Beginnend mit der während des ersten Trainings entwickelten Core-Logik, sind neuronale Netzwerke in der Lage, ihre Leistung kontinuierlich zu verbessern, sobald sie neue Bilder, Sprache und Text verarbeiten.

Die Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse vereint die Besonderheit und Flexibilität der visuellen Prüfung durch Menschen mit der Zuverlässigkeit, Durchgängigkeit und Geschwindigkeit eines computerbasierten Systems. Deep Learning-Modelle können präzise und wiederholbar schwierige Bildverarbeitungsanwendungen lösen, die mit herkömmlichen Bildverarbeitungslösungen nur schwierig zu entwickeln und in vielen Fällen nicht zu bewältigen wären. Deep Learning-Modelle können nicht akzeptable Fehler unterscheiden und natürliche Abweichungen in komplexen Mustern tolerieren. Und sie können vollständig an neue Beispiele angepasst werden, ohne dass ihre Kernalgorithmen umprogrammiert werden müssen.

Deep Learning-basierte Software trifft eine Entscheidung zur Lokalisierung, Prüfung, Klassifizierung oder Zeichenerkennung aufgrund einer Beurteilung und ist darin wesentlich effizienter als der Mensch oder herkömmliche industrielle Bildverarbeitungslösungen. Immer mehr führende Hersteller wechseln zu Deep Learning - Lösungen und künstlicher Intelligenz, um höchste und anspruchsvollste Anforderungen in der Automation zu erfüllen.

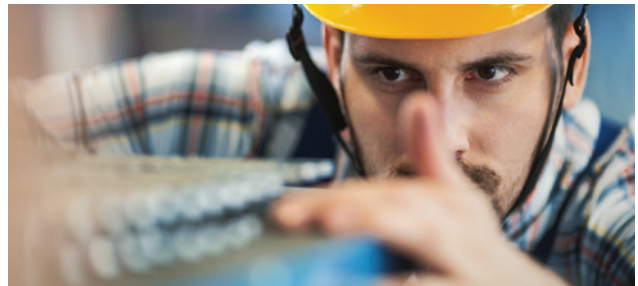
INDUSTRIELLE BILDVERARBEITUNG FÜR AUTOMATISIERTE MONTAGE

Die Tage, an denen Menschen direkt an der Produktionslinie tätig waren, sind längst vorbei. Heutzutage sind Maschinen am Werk, die spezielle Fertigungs-, Montage- und Materialhandling-Aufgaben automatisieren. Industrielle Bildverarbeitungssysteme sind mit präzisen Ausrichtungs- und Identifikationsalgorithmen und Führungsmöglichkeiten ausgestattet, die eine Fertigung von kompakten, modernen Komponenten ermöglichen, die manuell nicht hergestellt werden könnten. Industrielle Bildverarbeitungssysteme können auf einer Produktionslinie hunderte oder tausende Teile pro Minute zuverlässig und wiederholbar prüfen. Dies übersteigt die menschlichen Prüffähigkeiten bei weitem.

Jahrzehntlang haben industrielle Bildverarbeitungssysteme Computer gelehrt, wie Prüfungen auszuführen sind, um Fehler, Kontaminierungen, optische Mängel sowie sonstige Unregelmäßigkeiten in hergestellten Produkten erkennen. Aufgrund der erreichten Geschwindigkeit, Genauigkeit und Wiederholbarkeit bietet die industrielle Bildverarbeitung hervorragende Ergebnisse bei der quantitativen Messung einer strukturierten Szene. Mit der richtigen Auflösung und Optik kann ein industrielles Bildverarbeitungssystem Details erkennen, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Die Prüfungen werden somit zuverlässiger und bergen weniger Fehler (Abbildung 1).



Menschliche Prüfer



Industrielle Bildverarbeitung



- + Geschwindigkeit
- + Genauigkeit
- + Wiederholbarkeit
- + Prüfung von Details, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind

Abbildung 1. Menschliche Prüfer sind qualifiziert, am Beispiel zu lernen und Fehler von akzeptablen Abweichungen zu unterscheiden. Industrielle Bildverarbeitung hingegen bietet eine Geschwindigkeit und Robustheit, die nur ein computerbasiertes System bieten kann.



Deep Learning im Vergleich mit anderen Prüfmethoden

 Verglichen mit der menschlichen visuellen Prüfung ist Deep Learning:	 Verglichen mit herkömmlicher industrieller Bildverarbeitung ist Deep Learning:
<p>Gleichmäßiger</p> <p>Dauereinsatz möglich und gleichbleibendes Qualitätsniveau auf jeder Anlage, in jeder Schicht und jeder Fabrik.</p>	<p>Für schwer lösbare Anwendungen geeignet</p> <p>Ideal für komplexe Prüfungs-, Klassifikations- und Lokalisierungsanwendungen, die mit klassischen regelbasierten Algorithmen kaum oder nur schwer zu erzielen sind.</p>
<p>Zuverlässiger</p> <p>Erkennt jeden Fehler außerhalb des eingestellten Toleranzbereichs.</p>	<p>Leichter zu konfigurieren</p> <p>Die Anwendungen lassen sich schnell einrichten, was den Proof-of-Concept und die Entwicklung beschleunigt.</p>
<p>Schneller</p> <p>Erkennt Fehler in Millisekunden und ist daher für Hochgeschwindigkeits-Anwendungen mit verbessertem Durchsatz geeignet.</p>	<p>Toleriert Schwankungen</p> <p>Funktioniert auch bei variierten Defekten in Anwendungen, die eine Beurteilung der annehmbaren Schwankungen von der Steuerung benötigen.</p>

DIE HERAUSFORDERUNG VON SCHWANKUNGEN

Herkömmliche industrielle Bildverarbeitungssysteme bieten eine hohe Zuverlässigkeit bei konsistenten, gut gefertigten Teilen. Sie funktionieren über einen Schritt für Schritt Filter und regelbasierte Algorithmen, die kostengünstiger sind als eine menschliche Prüfung. Durch die zunehmenden Ausnahmen und Fehlerbibliotheken werden die Algorithmen jedoch schwerfällig. Bestimmte herkömmliche Prüfungen mit industrieller Bildverarbeitung, z. B. die Verifizierung der Endmontage, sind bekanntermaßen schwer zu programmieren. Grund dafür sind die vorherrschenden mehreren Variablen, die für eine Maschine ggf. nur schwer zu isolieren sind, z. B. Beleuchtung, Farbwechsel, Krümmung und Sichtfeld (Abbildung 2).

Obwohl die industriellen Bildverarbeitungssysteme gewisse Abweichungen im Erscheinungsbild des Teils, verursacht durch Skalierung, Drehung und perspektivische Effekte, tolerieren, so stellen dennoch komplexe Oberflächentexturen und problematische Bildqualitäten hohe Anforderungen an die Prüfung. Industrielle Bildverarbeitungssysteme können Schwankungen und Abweichungen bei visuell ähnlichen Teilen nur schwer abschätzen (Abbildung 3). Je nachdem, wie inhärente Differenzen oder Anomalien vom Benutzer verstanden und klassifiziert werden, können diese ein Grund zur Ablehnung sein oder auch nicht. „Funktionelle“ Anomalien, die die Nutzung des Teils beeinflussen, sind nahezu immer ein Ablehnungsgrund. Anomalien im Aussehen können, müssen aber nicht zu einer Ablehnung führen. Dies ist von den jeweiligen Anforderungen und Präferenzen des Herstellers abhängig. Die Problematik besteht darin, dass herkömmliche industrielle Bildverarbeitungssysteme nicht zwischen solchen Fehlern unterscheiden können.

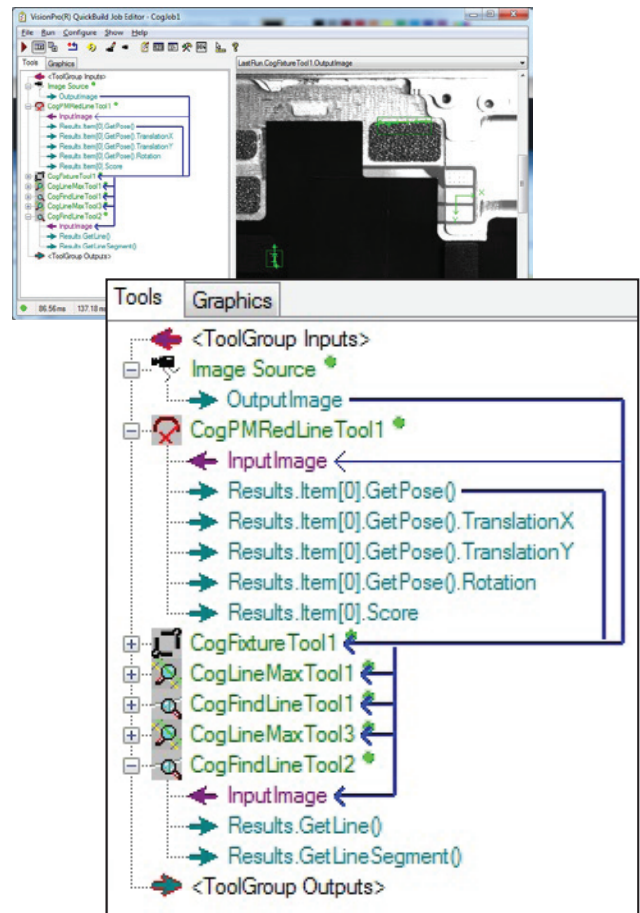
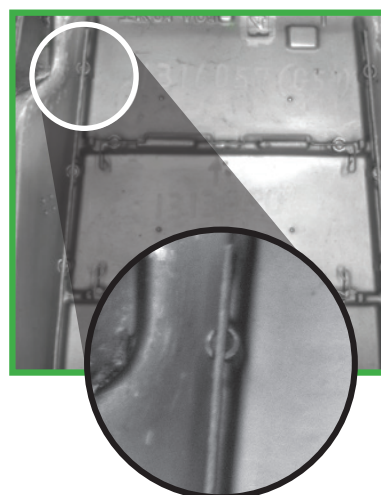
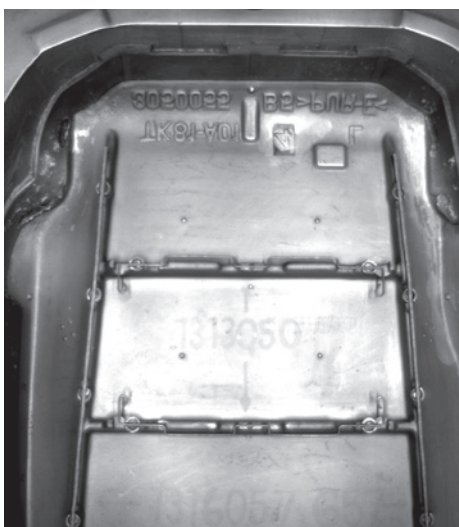
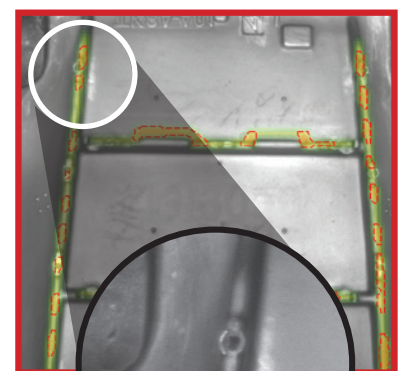


Abbildung 2. Anwendungsentwicklern fällt es unter Umständen schwer, komplexe Prüfungen in regelbasierten Algorithmen zu programmieren, die Abweichungen und unvorhersehbare Fehler umfassen.



Kabel vorhanden



Kein Kabel

Abbildung 3. Unübersichtliche und grelle Hintergründe machen es herkömmlichen industriellen Bildverarbeitungssystemen schwer, geringe Unterschiede zwischen Bildern richtig einzuordnen. Ein auf Deep Learning-basiertes Modell erkennt mehr als die reine Metalloberfläche, lässt sich nicht von spiegelnden Blendeffekten täuschen, und kann somit fehlende Kabelbänder in der Fahrzeugverkleidung erkennen.

VORTEILE DER VISUELLEN PRÜFUNG DURCH MENSCHEN

Anders als herkömmliche industrielle Bildverarbeitung ist der Mensch qualifiziert, um zwischen leichten Fehlern im Aussehen und Funktionsfehlern zu unterscheiden. Zudem kann er bei Abweichungen im Erscheinungsbild des Teils einschätzen, ob sich diese auf die gewünschte Qualität auswirken. Der Mensch verarbeitet Informationen zwar langsamer, kann aber als einziger abstrahieren und verallgemeinern. Wir sind Meister darin, am Beispiel zu lernen und können bei geringfügigen Anomalien eines Teils abschätzen, was wirklich wichtig ist. Deshalb ist in vielen Fällen der Einsatz von menschlicher Prüfung die beste Wahl, wenn es die qualitative Interpretation einer komplexen, nicht strukturierten Szene betrifft - insbesondere im Falle von kleinen und unvorhersehbaren Fehlern (Abbildung 4).

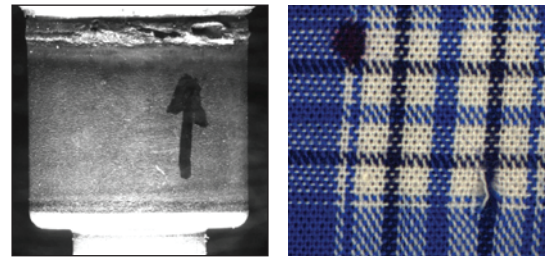


Abbildung 4. Beispiel für eine komplexe Szene, in der die visuelle Prüfung durch Menschen anderen Methoden überlegen ist.

Bei verformten und ansonsten schwer lesbaren Zeichen, komplexen Oberflächen und kosmetischen Fehlern arbeitet der Mensch deutlich genauer. Bei vielen dieser Anwendungen können es Maschinen nicht mit der menschlichen Fähigkeit aufnehmen, komplexe Strukturen richtig einzuordnen.

DEEP LEARNING FÜR KOMPLEXE PRÜFUNGEN

Deep Learning -Modelle unterstützen die Maschinen, inhärente Beschränkungen zu überwinden, indem sie das Selbstlernen des menschlichen Prüfers mit der Geschwindigkeit und Gleichmäßigkeit eines computerbasierten Systems vereinen.

Die Beispiele in Abbildung 5 zeigen, dass sich die Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse insbesondere gut für die Prüfung des Aussehens von komplexen Oberflächen eignet: Muster, die leicht, aber tolerierbar abweichen und in Fällen, wo Positionsvarianten den Einsatz von Methoden basierend auf Ortsfrequenz möglicherweise beschränken. Deep Learning liefert hervorragende Ergebnisse bei komplexen Oberflächen und Fehlern im Aussehen, wie z. B. Kratzer und Kerben auf Teilen, die gedreht, gebürstet oder glänzend sind. Egal ob bestimmte Merkmale zu lokalisieren, lesen, prüfen oder klassifizieren sind - die Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse unterscheidet sich von der herkömmlichen Bildverarbeitung durch die Fähigkeit, das Aussehen eines Teils gemäß seiner sich unterscheidenden Merkmale konzeptionieren und verallgemeinern zu können, selbst wenn diese Merkmale geringfügig variieren oder in manchen Fällen auch abweichen.

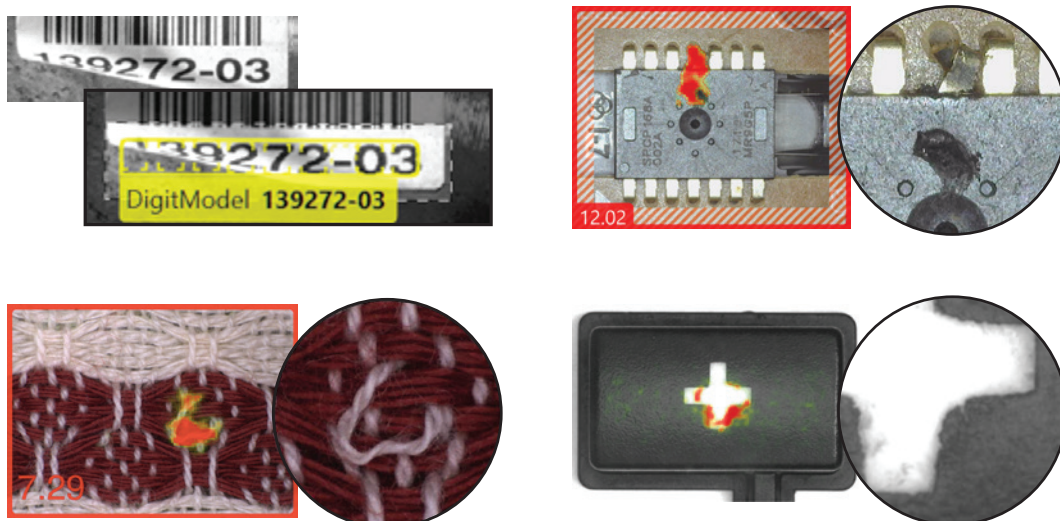


Abbildung 5. Die Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse bietet hervorragende Ergebnisse bei der Erkennung von Anomalien im Aussehen und der Funktionsweise, die von der industriellen Bildverarbeitung nur schwer erkannt werden. Zudem prüft die Software schneller und zuverlässiger als ein menschlicher Prüfer.

HERKÖMMLICHE INDUSTRIELLE BILDVERARBEITUNG VS. DEEP LEARNING

Die Entscheidung für herkömmliche industrielle Bildverarbeitung oder Deep Learning hängt davon ab, welche Anwendungsart zu bearbeiten ist, wie hoch das Datenvolumen ist und welche Verarbeitungsmöglichkeiten gewünscht sind. Obwohl Deep Learning viele Vorteile bietet, so ist diese Lösung dennoch nicht für viele Anwendungen geeignet. Herkömmliche regelbasierte Programmiertechnologien liefern bessere Ergebnisse beim Messen und bei Messtechniken und auch bei der präzisen Ausrichtung. In manchen Fällen eignet sich die herkömmliche Bildverarbeitung womöglich besser, um einen gewünschten Bereich präzise zu befestigen, um dann den Bereich mit Deep Learning zu prüfen. Das Ergebnis der auf Deep Learning basierten Prüfung kann an eine herkömmliche Bildverarbeitung zurückgemeldet werden, die dann genaue Messungen der fehlerhaften Größe und Form durchführt.

Deep Learning ergänzt den regelbasierten Ansatz, wodurch kein umfassendes Know-how in Deep Learning erforderlich ist, um eine effiziente Prüfung durchzuführen. Vielmehr ist es mit Deep Learning gelungen, Anwendungen, für die bislang Know-how in der Bildverarbeitung erforderlich war, so umzugestalten, dass sie technische Lösungen auch für Nicht-Fachkräfte in der Bildverarbeitung bieten. Deep Learning nimmt dem für die Entwicklung und das Schreiben von regelbasierten Algorithmen zuständigen Anwendungsentwickler die logischen Hürden ab und überträgt diese an einen Ingenieur, der dem System diese Logik lehrt. Zusätzlich entstehen neue Möglichkeiten für Anwendungen, die bislang nicht ohne einen menschlichen Prüfer auskamen. Deep Learning vereinfacht somit die industrielle Bildverarbeitung und weitet die Grenzen für präzise Prüfungen durch Computer und Kamera. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die am besten geeigneten Anwendungsfälle für herkömmliche Bildverarbeitung und auf Deep Learning basierte Ansätze, einschließlich der optimal aufeinander abgestimmten Prozesse.

Beispiele für die Bereitstellung Herkömmliche industrielle Bildverarbeitung vs. Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse

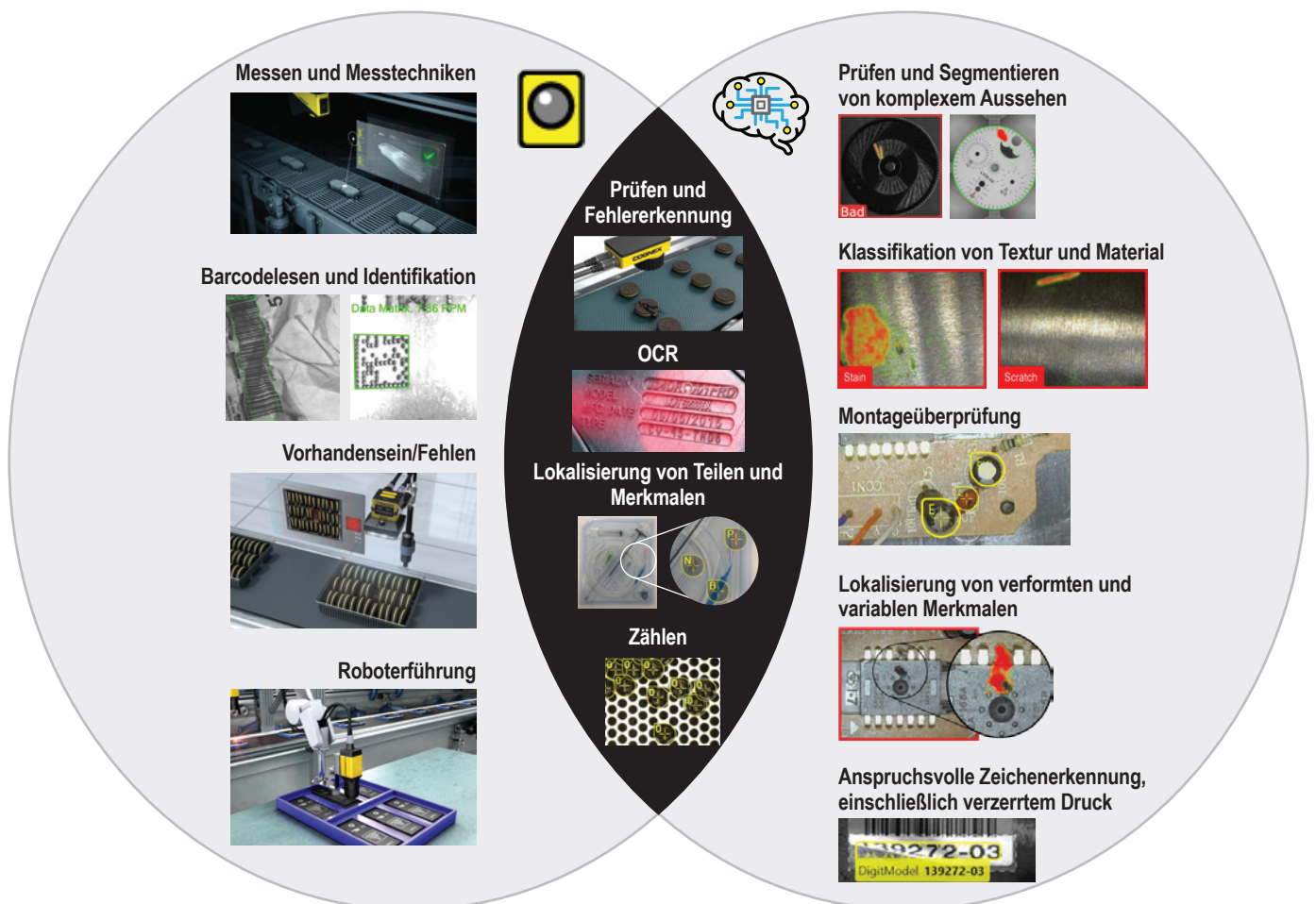


Abbildung 6. Deep Learning-basierte Software zur Bildanalyse und herkömmliche industrielle Bildverarbeitung sind komplementäre Technologien mit sowohl überschneidenden Fähigkeiten als auch mit Bereichen, in denen sich die beiden Anwendungen stark unterscheiden. Für manche Anwendungen können beide Technologien zum Einsatz kommen.

COGNEX VIDI SUITE

Cognex ViDi™ Suite ist eine gebrauchsfertige auf Deep Learning-basierende Software für die industrielle Bildanalyse. Cognex ViDi Suite erlernt gekennzeichnete Bilder, die bekannte Merkmale, Anomalien und Klassen eines Teils darstellen auf ähnliche Weise, wie dies auch ein menschlicher Prüfer erlernt. Während einer überwachten Schulungsdauer lernt das System, Fehler eindeutig zu erkennen. Für Fehler, die in mehreren Formen auftreten, lernt das System eigenständig im nicht überwachten Zustand das normale Aussehen eines Objekts, einschließlich bedeutender, aber dennoch tolerierbarer Abweichungen. Basierend auf diesen repräsentativen Bildern erstellt die Software ein eigenes Referenzmodell. Bei dem iterativen Prozess der kontinuierlichen Verbesserung werden die Parameter immer wieder angepasst und das Ergebnis validiert, bis das Modell erwartungsgemäß funktioniert. Während der Laufzeit extrahiert ViDi Daten aus einer neuen Reihe an Bildern und das neuronale Netzwerk lokalisiert Teile, extrahiert Anomalien und klassifiziert diese. Abbildung 7 zeigt das Einlernen sowie die Bereitstellung einer auf Deep Learning basierenden Anwendung mit Cognex ViDi.

Einlernphase

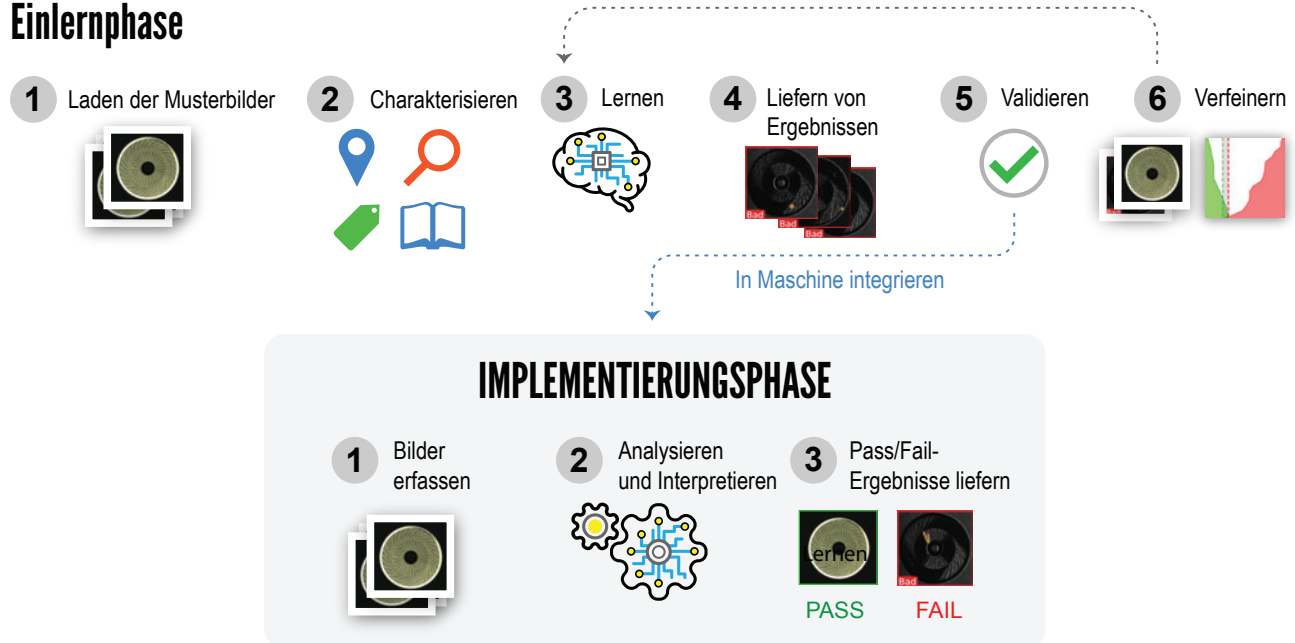


Abbildung 7. Mit Cognex ViDi Suite können Techniker ein Deep Learning-basiertes Modell, das nur auf einem kleinen Satz von Musterbildern beruht, in Minutenschnelle trainieren. Nachdem die Anwendung konfiguriert wurde, liefert ViDi schnelle und genaue Ergebnisse und speichert Bilder für die Prozesskontrolle.

Cognex ViDi arbeitet im Gegensatz zu sonstiger Deep Learning Software, die tausende Bilder verwenden, mit einer kleinen Anzahl von Trainingsbildern. ViDi kommt mit vergleichsweise weniger Rechenleistung aus und benötigt nur eine GPU-Karte. Diese beiden Merkmale machen ViDi zur idealen Lösung für Werks- und Produktionsumgebungen, die eine PC-basierte Verarbeitung und nur begrenzte Bildsätze verwenden. ViDi kann vor Ort gewartet und auf Werksebene neu trainiert werden, ohne Einwirken des Anlagenbauers oder Systemintegrators. ViDi arbeitet mit hochauflösenden Bildern, einschließlich Farb- und Wärmebilder, um beliebige Anomalien virtuell zu erkennen. Weiterhin ist die Software in der Lage, komplexe Zählungen auszuführen und schwer lesbare und verformte Zeichen zu entziffern. Die Tools zum Lokalisieren, Charakterisieren, Klassifizieren und OCR arbeiten entweder eigenständig oder sie können auch zur Lösung komplexer Bildverarbeitungsaufgaben mit anderen Cognex-Bildverarbeitungs-Tools kombiniert werden.

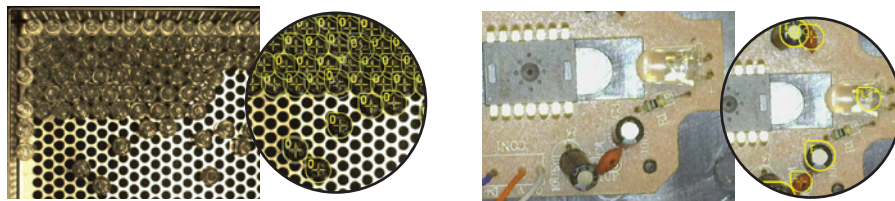
Mit Cognex ViDi können Unternehmen verschiedener Branchen völlig neue Prüfsysteme erstellen, die weit über die bisherigen Möglichkeiten der industriellen Bildverarbeitung hinausreichen und die Zukunft der industriellen Automatisierung einläuten. ViDi ist verfügbar mit VisionPro und der Cognex Designer Software für industrielle Bildverarbeitung und bietet den Kunden die einmalige Chance, verschiedene Tools innerhalb einer Anwendung einzusetzen und aufeinander abzustimmen.

Human-like, leistungsstark und schnell

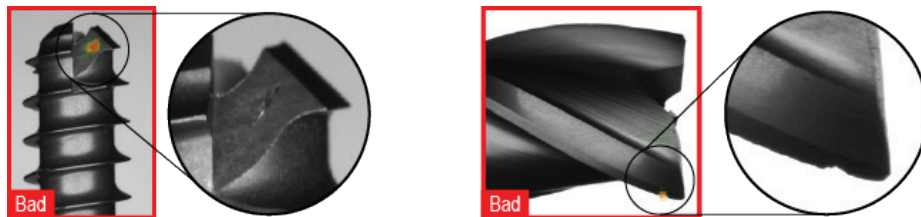
Cognex ViDi Suite vereint die Besonderheit und Flexibilität der visuellen Prüfung durch Menschen mit der Zuverlässigkeit, Wiederholbarkeit und Leistung eines computerbasierten Systems — und das auf einer benutzerfreundlichen Oberfläche.



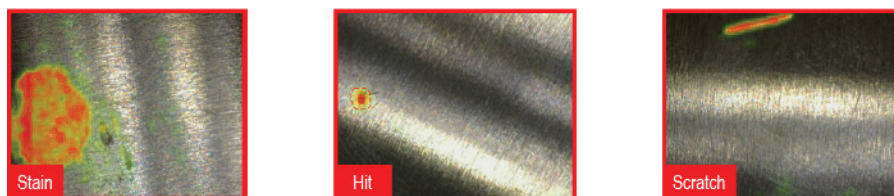
ViDi Blue-Locate findet komplexe Merkmale und Objekte.



ViDi Red-Analyze erkennt Anomalien und ästhetische Fehler.



ViDi Green-Classify trennt und klassifiziert Objekte oder Szenen.



ViDi Blue-Read entziffert anspruchsvolle Texte und Zeichen.

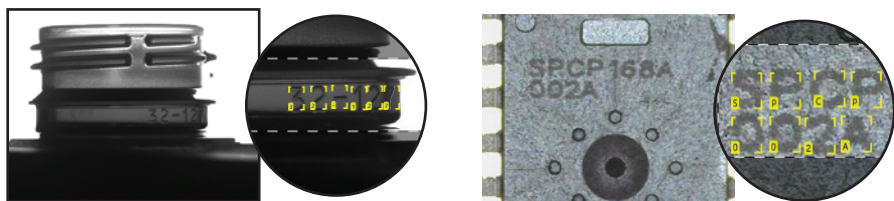


Abbildung 8. Die Deep Learning-basierten Algorithmen von Cognex ViDi sind für reale, industrielle Bildanalysen optimiert, die deutlich kleinere Bildsätze und kürzere Zeiten für das Trainieren und die Validierung benötigen. Mit den Tools Red-Analyze, Green-Classify, Blue-Locate und Blue-Read bieten wir verschiedene Lösungen für die Prüfung von Oberflächen, Klassifizierung, Lokalisieren und OCR-Anwendungen.

FAZIT

Wann immer komplizierte Prüfverfahren für Herstellungsprozesse benötigt werden, die zeitaufwändig sind und mit herkömmlichen, regel-basierten Algorithmen nur sehr kostenintensiv zu programmieren sind, kommt die Deep Learning-Technologie immer mehr zum Einsatz. Sie unterstützt die Automatisierung von bislang nicht programmierbaren Anwendungen, reduziert Fehlerraten und sorgt für verkürzte Prüfzeiten. Deep Learning bietet den Herstellern Möglichkeiten zur Problemlösung, die nicht nur robust und zuverlässig sind, sondern mit herkömmlichen industriellen Bildverarbeitungsanwendungen nicht realisierbar wären.

BUILD YOUR VISION

2D-BILDVERARBEITUNGSSYSTEME

Cognex Bildverarbeitungssysteme sind unübertroffen, wenn es um das Prüfen, Identifizieren und Führen von Teilen geht. Sie sind leicht zu implementieren und garantieren zuverlässige und wiederholbare Leistung bei den schwierigsten Anwendungen.

- Industriestandard mit einer Bibliothek fortschrittlicher Bildverarbeitungstools
- Schnelle Bilderfassung und -verarbeitung
- Hervorragende Anwendungs- und Integrationsflexibilität

www.cognex.com/machine-vision



3D LASER PROFILER

Cognex In-Sight Laser-Profiler und 3D-Bildverarbeitungssysteme bieten maximale Benutzerfreundlichkeit, Leistung und Flexibilität und erzielen zuverlässige und genaue Messergebnisse bei den anspruchsvollsten 3D-Anwendungen.

- Werkskalibrierte Sensoren garantieren schnelle Scanraten
- Branchenführende Bildverarbeitungssoftware mit leistungsstarken 2D- und 3D-Toolsets
- Das kompakte Design mit Schutzart IP65 hält harten Werksumgebungen stand

www.cognex.com/3D-laser-profilers



BILDBASIERTE BARCODE-LESEGERÄTE

Cognex Barcodeleser und Terminals für die mobile Datenerfassung mit patentierten Algorithmen garantieren höchste Leseraten bei 1D-, 2D- und DPM-Codes unabhängig von Barcode-Symbologie, Größe, Qualität, Druckverfahren und Trägermaterial.

- Kosten senken
- Durchsatz erhöhen
- Rückverfolgbarkeit kontrollieren

www.cognex.com/BarcodeReaders



COGNEX

Companies around the world rely on Cognex vision and barcode reading solutions to optimize quality, drive down costs and control traceability.

Corporate Headquarter – One Vision Drive – Natick – MA 01760 – USA

Regional Sales Offices

Americas +1 508 650 3000

Europe

Austria +49 721 958 8052

Belgium +32 289 370 75

France +33 1 7654 9318

Germany +49 721 958 8052

Hungary +36 800 80291

Ireland +44 121 29 65 163

Italy +39 02 3057 8196

Netherlands +31 207 941 398

Poland +48 717 121 086

Spain +34 93 299 28 14

Sweden +46 21 14 55 88

Switzerland +41 445 788 877

Turkey +90 216 900 1696

United Kingdom +44 121 29 65 163

Asia

China +86 21 5050 9922

India +9120 4014 7840

Japan +81 3 5977 5400

Korea +82 2 539 9980

Malaysia +6019 916 5532

Singapore +65 632 55 700

Taiwan +886 3 578 0060

Thailand +66 88 7978924

Vietnam +84 2444 583358

© Copyright 2018, Cognex Corporation. All information in this document is subject to change without notice. All Rights Reserved. Cognex is a registered trademark of Cognex Corporation. ViDi is a trademark of Cognex Corporation. All other trademarks are property of their respective owners. Lit. No. DLFAWP-04-2018-DE

www.cognex.com