

Inline-3D-Inspektion von Kleberauppen

INTEGRATIONSFERTIG

Mit seinem neuen Ready-to-Integrate-(RTI)-Ansatz reagiert VMT Vision Machine Technic Bildverarbeitungssysteme auf veränderte Anforderungen in der industriellen Automatisierung. BeadMap, ein Inline-3D-Inspektionssystem für applizierte Dicht- und Kleberauppen, ist das erste Produkt des Unternehmens, das diesen Ansatz konsequent umsetzt.



► Das Inline-3D-Inspektionssystem für applizierte Dicht- und Kleberauppen BeadMap markiert den Einstieg von VMT in ein produktbasiertes Portfolio mit Ready-to-Integrate-Ansatz.

Die industrielle Bildverarbeitung vollzieht seit einiger Zeit einen grundlegenden Wandel weg von rein projektgetriebenen Sonderlösungen hin zu standardisierten, skalierbaren Produkten. Zu den wesentlichen Gründen für diese Entwicklung zählt zum einen, dass Endkunden immer häufiger über eigene Projektmanager und Engineering-Teams verfügen, die für die Realisierung neuer Anlagen verantwortlich sind. Zum anderen übernehmen Systemintegratoren, falls sie für die Erstellung von Lösungen genutzt werden, größere Teile der Gesamtverantwortung. „Vor diesem Hintergrund gab es in den vergangenen Jahren spürbare Veränderungen der Kundenanforderungen“, so die Beobachtung von Lukas Neumann, Head of Business Development bei VMT. „Kunden wollen den Integrationsgrad für ihre Projekte selbst bestimmen und berücksichtigen bei ihren Investitionsentscheidungen Faktoren wie die entstehenden Kosten, die Skalierbarkeit und auch die Wiederverwendbarkeit von Anlagen stärker als bisher.“

Dieses Umdenken auf Kundenseite hat wesentlichen Einfluss auf einen Lösungsanbieter wie VMT, der seit vielen Jahren als Anbieter von Turnkey-Systemen erfolgreich am Markt agiert, so Neumann: „Komplettsysteme, die je nach Aufgabenstellung eine nahtlose Kombination von Bildverarbeitung, 3D-Sensorik, speziellen Greifersystemen und Roboter-Knowhow erfordern, sind weiterhin relevant und werden auch zukünftig entwickelt und realisiert. Der neue Ansatz Ready-to-Integrate (RTI) ist unsere Antwort auf den zunehmenden Kundenwunsch nach eindeutig definierten Systemen, die reproduzierbar funktionieren und nicht bei jedem Projekt neu spezifiziert werden müssen.“ Was verbirgt sich hinter dem Schlagwort Ready-to-Integrate? Zu den wesentlichen Merkmalen zählt im Gegensatz zu anwendungsspezifischen Projekten mit einer individuellen Auswahl an eingesetzten Technologien, dass RTI-Systeme ein klar abgegrenztes Produkt mit definierten Hardware- und Softwarekomponenten sowie mit standardisierten Schnittstellen zu Steuerungen, Robotern und IT-Systemen darstellen.

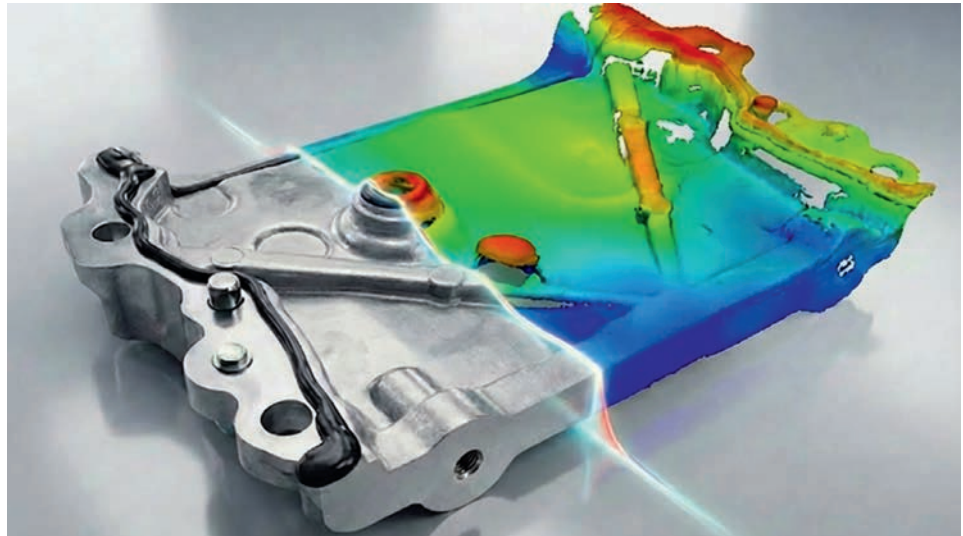
Dokumentierte Leistungskennzahlen und exakt festgelegte Systemgrenzen sind dabei wichtige Elemente solcher Systeme, um eine langfristige Wartungs- und Update-Fähigkeit zu ermöglichen und somit Anwendern die für industrielle Anwendungen erforderliche Sicherheit zu geben.

Erstes klar abgegrenztes RTI-Produkt

Für den Bereich Bildverarbeitung hat VMT nun das erste Produkt mit RTI-Ansatz namens BeadMap vorgestellt: Es ermöglicht die Inline-Qualitätssicherung von applizierten Klebe- und Dichtnähten und überprüft unter anderem Kennwerte wie Lage, Geometrie, Kontinuität und Volumen der aufgetragenen Materialraupen direkt nach dem Auftrag. Derartige Inline-3D-Nahtinspektionen sind laut Neumann in zahlreichen industriellen Anwendungsfeldern eine häufig erforderliche Aufgabe, um die Qualität von vorangegangenen Produktionsschritten zu überprüfen. Zudem ist die Überwachung applizierter

Dicht- oder Kleberaupen technisch anspruchsvoll und birgt einige technische Herausforderungen: In der Regel müssen dabei kontinuierliche, nicht-rigide Strukturen geprüft werden, die häufig auf komplexen Bauteilgeometrien aufgebracht sind. Hohe Anforderungen an die Maßhaltigkeit im Sub-Millimeter-Bereich in Kombination mit einer zuverlässigen Inline-Fähigkeit bei kurzen Taktzeiten sind bei derartigen Aufgaben keine Seltenheit, weiß Neumann: „Die individuelle Entwicklung geeigneter Systeme für solche Anwendungen war daher bisher zeitaufwendig und teuer.“

Mit BeadMap bietet der Hersteller dafür nun eine standardisierte Bildverarbeitungslösung an, die von Anwendern problemlos eigenständig integriert und betrieben werden kann. „BeadMap unterscheidet sich bewusst von klassischen, projektspezifischen Inspektionslösungen und wurde von Beginn an mit der Vorgabe entwickelt, eine integrationsfertige, standardisierte Lösung für diese spezielle Aufgabe zu schaffen“, erläutert Neumann. Typische Merkmale im RTI-Kontext sind daher folgerichtig ein stationäres, klar definiertes Inspektionskonzept, bei dem eine speziell auf die Aufgabenstellung ausgelegte Software mit festem Funktionsumfang und standardisierte Schnittstellen zu SPS-Steuerungen, Robotern und übergeordneten MES- bzw. QMS-



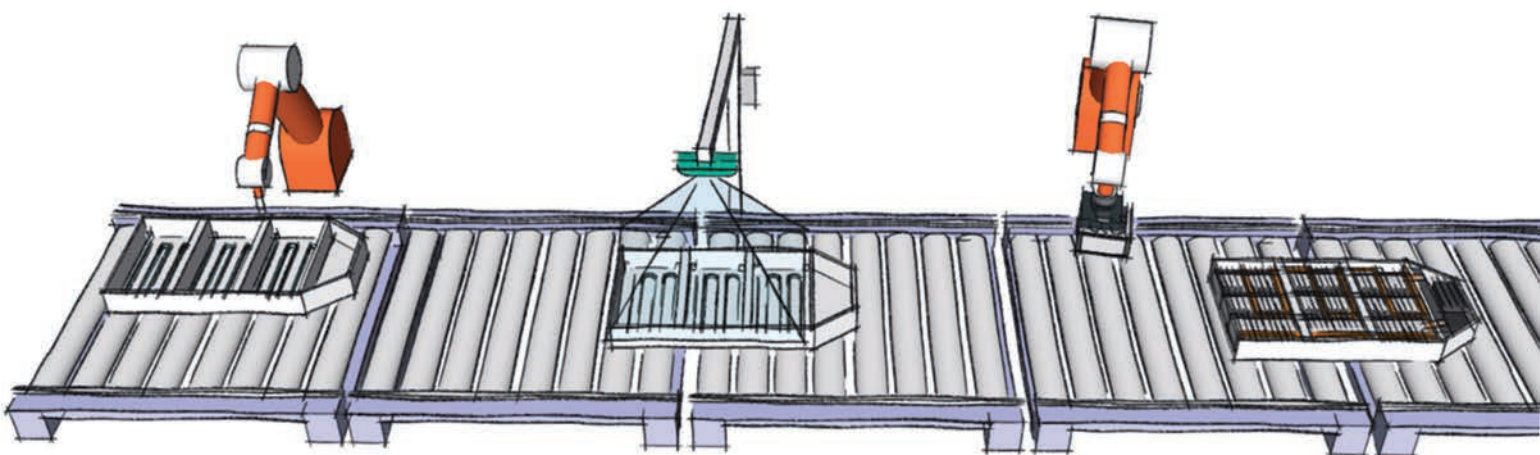
► BeadMap führt One-Shot-Inspektionen durch, untersucht Kleberaupen auf alle relevanten Eigenschaften und stellt die Ergebnisse in weniger als zwei Sekunden dar.

Systemen zum Einsatz kommen. Die Maxime Ready-to-Integrate hatte zudem weitreichenden Einfluss auf die Bedienbarkeit: Ziel war nach Neumanns Worten ein System, das ohne tiefgehendes Spezialwissen im Bereich 3D-Bildverarbeitung in Betrieb genommen werden kann und dennoch stabile, reproduzierbare Ergebnisse liefert.

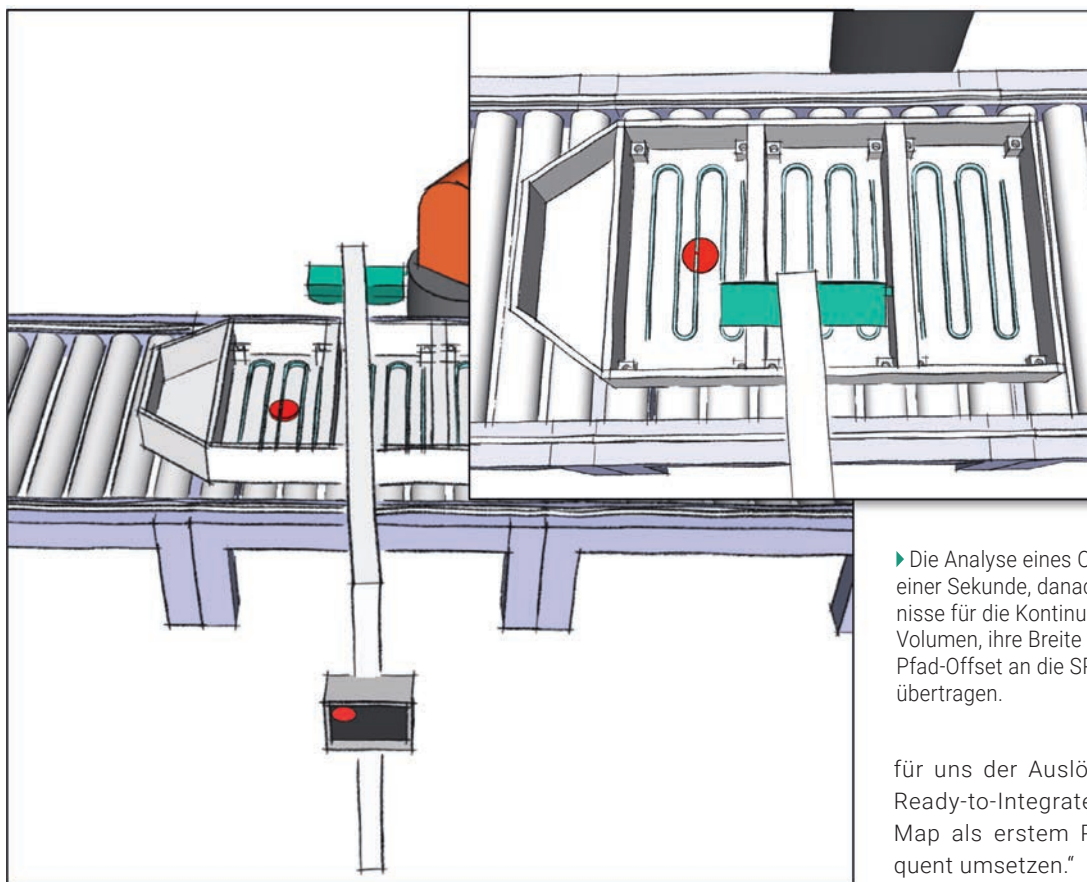
Geringer Integrationsaufwand

In einem typischen Einsatzszenario wird das 3D-System mit minimalem Integrationsaufwand stationär als Inline-Prüfstation direkt nach dem Auftrag einer Kleberaube z.B. durch einen Roboter an einer Fertigungslinie verbaut und ist dort ohne vorheriges Teach-In oder die Anbindung

an Roboter- oder Achssteuerungen sofort betriebsbereit. „Die einfache Einbindung von BeadMap in derartige Produktionszellen dank der minimalen Kundenschnittstelle ist eine der großen Stärken des Systems“, betont Neumann. Je nach Objektgröße können Anwender derzeit zwischen den drei Varianten S mit 500mm, M mit 1.000mm und L mit 2.000mm Arbeitsbereich auswählen. Während des Produktionsprozesses führt das System dann One-Shot-Inspektionen des gesamten Bauteils durch und untersucht die Kleberaupen auf alle relevanten Eigenschaften. Ein integrierter Projektor sorgt dabei dafür, dass eventuelles Fremdlicht keine negativen Einflüsse auf die Bildaufnahme hat. Dank der schnellen 3D-Erfassung und -Auswertung liegen die Ergebnisse der



► In einem typischen Einsatzszenario wird das 3D-System BeadMap stationär als Inline-Prüfstation nach dem Auftrag einer Kleberaube an der Fertigungslinie verbaut und ist dort ohne vorheriges Teach-In oder die Anbindung an Roboter- oder Achssteuerungen sofort betriebsbereit.



► Die Analyse eines Objekts erfolgt in unter einer Sekunde, danach werden die Ergebnisse für die Kontinuität der Kleberaupe, ihr Volumen, ihre Breite und Höhe sowie der Pfad-Offset an die SPS oder den Roboter übertragen.

für uns der Auslöser für den Ansatz Ready-to-Integrate, den wir mit Bead-Map als erstem Produkt nun konsequent umsetzen.“

Prüfung in weniger als zwei Sekunden vor. Entdeckte Fehler an Bauteilen werden über einen integrierten Bildschirm oder optional mit Hilfe des Sensor-Projektors direkt auf dem Bauteil visualisiert, um ein sofortiges Feedback an die Produktionsmitarbeiter zu geben und somit bei Bedarf umgehend reagieren zu können. Die Augensicherheit stellt dabei kein Problem dar: Der Projektor arbeitet LED-basiert ohne Laser und birgt somit keine Laserklasse-Risiken.

Auch bei einem Produktwechsel an einer Fertigungslinie ist BeadMap schnell wieder einsatzbereit: Neue Typen und sogar Varianten von Dicht- und Kleberaupen lassen sich vor einem Produktionsstart per CAD offline kommissionieren. Veränderungen dieser Art können somit ohne Anlagenstillstand problemlos umgesetzt werden, um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Nach Neumanns Aussage konnten bei ersten Validierungen in Kundenumgebungen Akquisitionszeiten von ca. 0,5 bis 0,7s sowie geometrische Genauigkeiten im Sub-Millimeter-Bereich mit Standardabweichungen von unter $\pm 2\sigma$ erzielt werden. Diese Ergebnisse stim-

men Neumann optimistisch für zukünftige Anwendungen. „Die reproduzierbare Performance des Systems vereinfacht den Einsatz über mehrere Linien oder Standorte hinweg. BeadMap ist somit vom Kleinunternehmen bis hin zum Großkonzern für alle Anwender eine attraktive Option für die Inline-3D-Inspektion von Dicht- und Kleberaupen.“

Turnkey-Vision-Systeme bleiben relevant

Das bisherige Geschäftsmodell als Anbieter von spezifischen Komplettlösungen werden die Mannheimer auch in Zukunft weiterführen, unterstreicht Neumann: „Es wird weiterhin viele Projekte geben, bei denen eine individuelle Auslegung von Automatisierungs- und Bildverarbeitungssystemen erforderlich ist. Hier wird VMT seine Erfahrungen auch künftig dazu nutzen, Anwendern speziell zugeschnittene Lösungen an die Hand zu geben. Gleichzeitig suchen aber immer mehr Anwender für bestimmte Aufgaben nach reproduzierbaren, definierten Standardsystemen, die nicht bei jedem Projekt neu spezifiziert werden müssen. Dieser Wunsch war

Bei diesem einen RTI-Produkt wird es laut Neumann nicht bleiben: Zunächst will VMT die Möglichkeiten von Bead-Map noch weiter ausbauen und unter anderem Funktionen wie die Freiraumprüfung vor dem Auftrag von Kleberaupen, die Korrektur von 3D-Posen des ausführenden Roboters, Bauteilvergleiche zwischen CAD-Modell und realem Produkt oder das Z-Tracking der Bahn der materialauftragenden Düse realisieren. Zu einem späteren Zeitpunkt plant das Unternehmen zudem, weitere RTI-Produkte für andere Aufgabenstellungen zu entwickeln. Wie BeadMap sollen dann auch diese Produkte mit minimalem Integrationsaufwand als standardisierte, skalierbare Lösungen einsetzbar sein. Anwender können somit künftig für weitere Aufgabenstellungen frei entscheiden, ob sie eine vollständig integrierte Lösung von VMT beziehen oder ein RTI-Produkt selbst integrieren und in Betrieb nehmen wollen. ■

Lukas Neumann
Head of Business Development
VMT Vision Machine Technic Bildverarbeitungssysteme GmbH
www.vmt-vision-technology.com



► Der Machine-Vision-Aufbau besteht aus einem Sensor, der die Kamera (unten Mitte) auslöst, sobald das Bauteil im Aufnahmebereich der Kamera ist.

Dynamische, eindeutige OCR-Inspektion

DIE ZEICHEN SICHER ERKENNEN

Produktionsprozesse in der pharmazeutischen Industrie unterliegen besonders strengen gesetzlichen Vorgaben. Nach den Richtlinien der Good Manufacturing Practice (GMP) müssen Produkte durchgängig nach hohen Qualitätsstandards hergestellt werden. Entsprechend stellen die Vorgaben hohe Anforderungen an die Dokumentation von Abläufen und die Prüfung von Waren. Regelmäßige Kontrollen sollen maximale Sicherheit und die Wirksamkeit der Produkte gewährleisten. Auch die weltweit tätige Gesundheits- und Lebensmittelgruppe H&H Group ist direkt von der GMP betroffen: Um die Vorschriften verlässlich einzuhalten, muss der Hersteller die Verpackungen seiner medizinischen und kosmetischen Produkte korrekt kennzeichnen. Zu diesem Zweck werden verschiedene Informationen wie Chargennummer,

Herstellungs- und Haltbarkeitsdatum auf die Kartons aufgedruckt. Dabei müssen die Zeichenkombinationen richtig und vollständig sein. Nur so lassen sich die Produkte korrekt zuordnen und die Qualitätsanforderungen im Hinblick auf die Kennzeichnung konsequent erfüllen. Daher ist es unerlässlich, die Zeichencodes genau zu prüfen, bevor die Kartons das Werk verlassen und an die Kunden ausgeliefert werden.

Unzureichende Kontrollen führten zu Reklamationen

Bisher wurde dieser Prüfprozess bei der H&H Group ausschließlich manuell durchgeführt, was sich als sehr kosten- und zeitintensiv erwies. Aufgrund der hohen Packungszahlen und der schnellen Taktzeit konnte die Inspektion häufig nur stichprobenartig erfolgen. In einigen Fällen führte das dazu, dass falsch ge-

Verpackungen mit medizinischen Produkten müssen aufgrund strenger Compliance-Vorschriften korrekt gekennzeichnet sein, bevor sie an Kunden ausgeliefert werden. Das chinesische Unternehmen Shenzhen Jiangrun Xuneng Technology hat hierfür eine durchdachte Bildverarbeitungslösung entwickelt. Damit können die auf den Kartons aufgedruckten Zeichencodes per OCR automatisiert gelesen und geprüft werden. Herzstück der Anwendung bildet die Machine-Vision-Software Halcon von MVTec.

kennzeichnete Produkte an Großhändler und weitere Kunden ausgeliefert wurden. In der Folge häuften sich Reklamationen und Beanstandungen, was finanzielle Einbußen, Kundenverluste und schwere Imageschäden nach sich zog. Um die Qualität der Produktkennzeichnung zu verbessern, musste der Inspektionsprozess effizienter gestaltet werden. Daher beauftragten die Verantwortlichen der H&H Group Shenzhen Jiangrun Xuneng Technology mit der Entwicklung einer geeigneten Lösung. Das Unternehmen fokussiert sich vor allem auf 2D- und 3D-Vision-Lösungen, darunter Lokalisierung, Identifikation und Vermessung von Objekten.

Halcon automatisiert die Inspektion

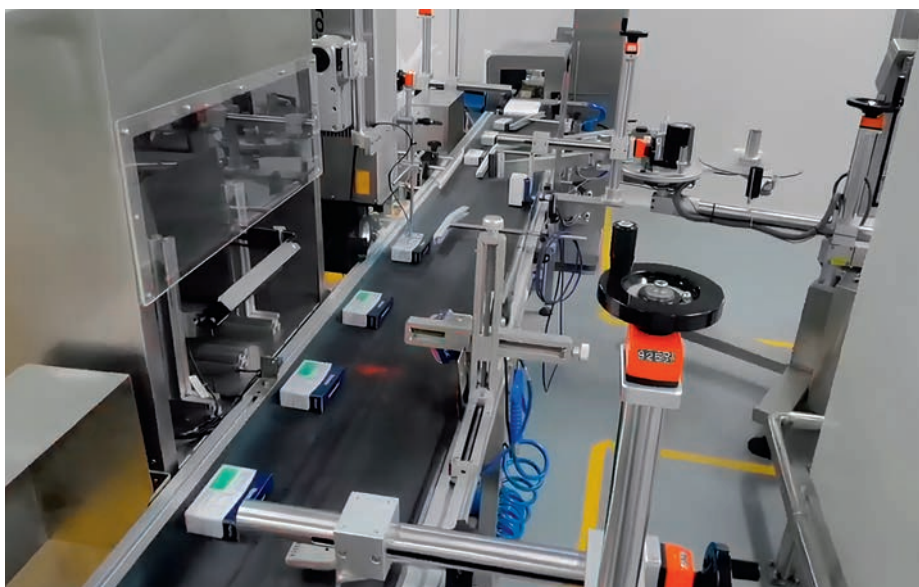
Jiangrun entwickelte eine Machine-Vision-Plattform, die die Sichtprüfung von Produktkennzeichnungen auf Verpackungen vollständig automatisiert. Die Buchstaben-Zahlen-Kombinationen werden mithilfe moderner OCR-Technologien (Optical Character Recognition) ausgelesen und geprüft. „Der vorliegende Anwendungsfall stellte uns vor große Herausforderungen. Die auf den Kartons gedruckten Zeichen sind in der Regel verschlüsselt, wobei unterschiedliche Code-Typen und -Größen kombiniert werden. Außerdem befinden sich die Zeichen oft nicht exakt an der vorgesehenen Stelle, sondern sind versetzt. Zusätzlich werden Buchstaben und Zahlen häufig fehlerhaft, unklar oder verschwommen auf die Verpackung gedruckt, was die eindeutige Erkennung der Codes erschwert“, erklärt King Wang, Technical Application Engineer bei Jiangrun. Eine weitere Herausforderung ist die hohe Taktzeit im Prüfablauf. Die Zeichen müssen mit hoher Geschwindigkeit ausgelesen und geprüft werden, um maximalen Durchsatz zu erreichen. Dafür ist eine umfassende Vorverarbeitung durch die OCR-Algorithmen notwendig. Nur so lässt sich der jeweilige Zielbereich zuverlässig finden und auch bei unterschiedlichen Zeichenarten und -größen eine möglichst hohe Erkennungsgenauigkeit sicherstellen.

Identifikation und Lokalisierung von Zeichen

Mit der Machine-Vision-Plattform von Jiangrun lassen sich diese komplexen Anforderungen präzise umsetzen. Die Halcon-Algorithmen dienen der Vor- und Nachverarbeitung der Bilder sowie der präzisen Identifikation und Lokalisierung der Zeichen. Zunächst muss die Software den Zeichenhintergrund im Bild exakt erkennen und eine horizontale Referenzlinie finden, um die genaue Position der Zeichen zu bestimmen. In diesem Zuge wird eine Region of Interest (ROI) definiert, innerhalb derer die Ziffern und Buchstaben wie beispielsweise ein Verfallsdatum oder eine Chargenbezeichnung erkannt, gelesen und geprüft werden. Durch den Vergleich mit Referenz-



► Direkt an der Anlage erfolgt die Visualisierung der Ergebniskontrolle der Zeichencodes.



► Da die Qualitätskontrolle auf einem Förderband erfolgt, muss die Machine-Vision-Kontrolle mit hoher Geschwindigkeit erfolgen.

rennzeichen lassen sich Fehler in der Kennzeichnung zuverlässig detektieren.

Hohe Stabilität und Geschwindigkeit

„Dank Halcon konnten wir die Projektlaufzeit deutlich verkürzen, die Kosten für Entwicklung, Betrieb und Wartung unserer Machine-Vision-Plattform senken und die Umsetzungseffizienz spürbar steigern. Außerdem können wir dynamische OCR mit hoher Stabilität und Verarbeitungsgeschwindigkeit realisieren. Neue Produkttypen, Kennzeichnungen oder Schriftarten lassen sich flexibel in die Anwendung integrieren. Auf diese Weise können wir die OCR-Inspektion optimieren, eine Vielzahl von verschiede-

nen Zeichenspezifikationen abdecken und auch gute Ergebnisse bei Darstellungsfehlern oder falsch positionierten Zeichen erzielen“, freut sich Wang. Auch der Endkunde profitiert von der mit Halcon realisierten Machine-Vision-Plattform: Die H&H Group kann den gesamten Prüfprozess automatisieren und Mitarbeitende von monotoner manueller Arbeit entlasten. Das erhöht die Effizienz der Prüfabläufe und hält die Qualität der Produktkennzeichnungen dauerhaft auf einem konstant hohen Niveau. Dadurch sinkt die Zahl der Reklamationen auf ein Minimum, und das Markenimage wird deutlich gestärkt. n

MVTec Software GmbH
www.mvtec.de

Wärmebildtechnik ermöglicht schnellere Inspektionen

Vollständig vernetzt



► Mit Wärmebildtechnik konnte Onterris (ehemals CTEH) die Kosten für die Feuchtekartierung um mehr als 40 Prozent senken.

Durch die Kombination fortschrittlicher Wärmebildtechnik mit direkt an die Feuchtebewertungsplattform des Unternehmens angebundenen Workflows hat Onterris die Kosten für die Feuchtekartierung gesenkt und gleichzeitig Genauigkeit sowie Geschwindigkeit verbessert. Die Flir IXX-Serie ermöglicht schnellere Inspektionen, die Zusammenarbeit in Echtzeit und eine effizientere Datenintegration.

Das in den USA, Kanada und Australien tätige Resilience and Recovery Team von Onterris ist darauf spezialisiert, Gebäude nach Problemen wie Wasserschäden, Kontaminationen oder Umweltgefahren wieder in einen sicheren und funktionsfähigen Zustand zu versetzen. Die Teams bearbeiten ein breites Spektrum an bauphysikalischen Herausforderungen – von der Bewertung der Innenraumluftqualität und Belüftung über die Katastrophenhilfe und die Auswirkungen von Chemikalien bis hin zur Überprüfung nach der Sanierung. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit besteht darin, schnell zu verstehen, was innerhalb von Gebäuden vor sich geht – häufig unter Zeitdruck und in komplexen Umgebungen. Feuchtwanderung, verborgene Schäden und Kontaminationsrisiken müssen frühzeitig erkannt werden, um eine effektive Sanierung sicherzustellen und langfristige Kosten zu reduzieren.

Wärmebildtechnik in der Praxis

Die Wärmebildtechnik ist ein wichtiger Bestandteil der Inspektionen von Onterris. Sie hilft den Teams dabei, Temperaturunterschiede schnell zu erkennen, die auf Feuchtepfade, verborgene Leckagen und andere mit bloßem Auge nicht erkennbare

Probleme hinweisen. Darüber hinaus unterstützt sie die Überprüfung von Luftströmungen, die Identifizierung potenziellen biologischen Wachstums und die Erkennung von

Chemikalienlecks. In Kombination mit Feuchtemessgeräten, Hygrometern und iPads, auf denen das unternehmenseigene Moisture Assessment Survey Tool (Mast) ausgeführt wird, sowie mit Lidar-Scanning und integrierter Datenerfassung ermöglicht dieses Setup den Teams, Zustände effizient zu kartieren, Ergebnisse zu dokumentieren und klare, kundenfertige Berichte zu erstellen, die Entscheidungen über Sanierungsmaßnahmen unterstützen.

Entscheidung für Kamerawechsel

Vor der Einführung der Flir IXX-Serie setzte Onterris eine Kombination aus Kameras der Flir EX- und CX-Serie ein. Der Wechsel zur IXX-Serie wurde durch den Bedarf an höherer Genauigkeit und effizienteren Abläufen vor Ort vorangetrieben. Dadurch können die Teams selbst subtile Probleme zuverlässig erkennen, auch bei langen Inspektionen komfortabel arbeiten und größere oder höher gelegene Bereiche effizient abdecken. Zu den wichtigsten Auswahlkriterien gehörten:

- Hochauflösende Bildgebung für eine bessere Erkennung von Anomalien
- Einfache Bedienung und ergonomisches Design für lange Arbeitstage im Feldeinsatz
- Kompatibilität mit offenen APIs zur direkten Integration in interne Software
- Integrierte Telekonferenzfunktionen für die Unterstützung durch Experten in Echtzeit

Besonders wertvoll war die Möglichkeit, Wärmebilder direkt mit der Mast-Plattform des Unternehmens zu verbinden. Dadurch entfielen manuelle Arbeitsschritte und das Fehlerrisiko wurde reduziert.

Sofortige Wirkung

Die Umstellung auf die IXX-Serie hat messbare Verbesserungen in den Betriebsabläufen bewirkt:

- Durchschnittliche Kosten pro Quadratfuß um mehr als 40 Prozent gesenkt
- Verbesserte Erkennungsgenauigkeit bei weniger übersehenen Bereichen
- Weniger Ausfallzeiten dank längerer Akkulaufzeit

Dies führt zu effizienteren Inspektionen und besseren Ergebnissen für Kunden, ohne die betriebliche Komplexität zu erhöhen. In der Praxis haben die IXX-Kameras Onterris dabei unterstützt, Problembereiche früher und mit größerer Sicherheit zu erkennen, die Produktivität der Einsatzkräfte vor Ort zu steigern, Schulung und Bereitstellung zu vereinfachen und konsistentere und zuverlässigere Inspektionsergebnisse zu liefern. Allein die Kostensenkung zeigt, wie verbesserte Bildgebung und nahtlose Datenintegration sich direkt auf die Rentabilität und Skalierbarkeit auswirken können.



► Ein ergonomisches Design erleichtert lange Arbeitstage im Feldeinsatz.

Konkrete Vorteile und Ausrichtung

Die Ausweitung des Einsatzes der IXX-Serie bei Onterris wurde durch klare praktische Vorteile vorangetrieben. Sie stärkt sowohl die betriebliche Effizienz als auch den Ruf der Marke und schafft die Voraussetzungen für weiteres Wachstum. Dazu gehören:

- Sofortiger Zugriff auf Expertenwissen über Live Kommunikation
- Hochwertigere Ergebnisse für Kunden
- Weniger Bedarf an nachträglichen Analysen nach Ortsterminen

Dadurch können die Teams Probleme schneller und mit größerer Sicherheit lösen und gleichzeitig die Kundenzufriedenheit insgesamt verbessern. Die Einführung der IXX-Serie hat zudem Vorteile über die Leistung vor Ort hinaus gebracht: Sie hat die Motivation der Teams und das Vertrauen in die Ausrüstung gestärkt, schnellere Durchlaufzeiten für Kunden ermöglicht und die Datenqualität sowie die Berichterstattung verbessert.

Mit Blick auf die Zukunft liegt die größte Chance in einer noch stärkeren digitalen Integration: Wärmebilder automatisch mit Inspektionsdaten zu verknüpfen, den manuellen Aufwand und Fehler zu reduzieren und die Berichterstellung zu beschleunigen. Die IXX-Serie unterstützt dies bereits durch integrierte Konnektivität, die eine Zusammenarbeit in Echtzeit und schnellere Entscheidungen vor Ort ermöglicht. Künftige Erweiterungen, etwa die automatische Erfassung von Umwelt- und psychometrischen Daten zusammen mit jedem Wärmebild sowie die Zusammenführung von Tools in einem stärker integrierten Inspektionsökosystem, könnten die Workflows weiter verbessern. Diese Verbesserungen würden die Ausrüstungslast weiter reduzieren und gleichzeitig Datenqualität und Nutzbarkeit erhöhen.

n



► Besonders wertvoll war die Möglichkeit, Wärmebilder direkt mit der Mast-Plattform des Unternehmens zu verbinden.

Teledyne Flir
www.flir.com/de

Software-defined Automation im Brownfield

KI beginnt vor dem Algorithmus

Bestehende Produktionsanlagen für Industrial AI fit zu machen, ist weniger eine Frage der richtigen Algorithmen als der verfügbaren Daten und ihres Kontexts. Ein moderner Retrofit-Ansatz setzt deshalb nicht allein bei der Hardware an, sondern auch bei Software- und Datenarchitekturen. So entsteht schrittweise das Fundament, auf dem sich KI-Anwendungen und künftig auch agentische Systeme sicher in den industriellen Betrieb integrieren lassen.

Industrial AI verspricht effizientere Prozesse, höhere Anlagenverfügbarkeit und bessere Entscheidungen auf Basis industrieller Daten. Bei neuen Produktionsanlagen lassen sich die dafür erforderlichen Daten- und Softwarearchitekturen bereits in der Planung berücksichtigen. Im Brownfield ist die Ausgangslage schwieriger: Unterschiedliche Steuerungsgenerationen, proprietäre Schnittstellen, isolierte Datenbanken und historisch gewachsene Namenskonventionen erschweren es, Informationen konsistent zusammenzuführen. Die entscheidende Hürde für Industrial AI liegt deshalb häufig nicht beim Algorithmus, sondern bei einer fragmentierten oder nicht ausreichend kontextualisierten Datenbasis.

Damit gewinnt Retrofit eine neue strategische Bedeutung. Es geht nicht mehr nur

darum, veraltete Komponenten zu modernisieren oder die Lebensdauer von Anlagen zu verlängern. Ein modernes Retrofit schafft die Voraussetzungen, Bestandsanlagen in offene, softwarebasierte Automatisierungsarchitekturen einzubinden und hochwertige Daten für KI-Anwendungen bereitzustellen – ohne die gesamte Anlage ersetzen zu müssen.

Neues Verständnis von Retrofit

Klassische Retrofit-Projekte konzentrieren sich häufig auf einzelne Komponenten: Ein Bedienpanel oder Industrie-PC wird ersetzt, eine Steuerung modernisiert oder ein veraltetes Protokoll über ein Gateway auf eine neue Schnittstelle umgesetzt. Solche Maßnahmen sichern die technische Verfügbarkeit, schaffen aber noch

keine belastbare Grundlage für Industrial AI. Für datengetriebene Anwendungen müssen Prozesswerte mit Anlagenstrukturen, Betriebszuständen, Produktionsaufträgen, Rezepturen, Chargen, Alarmen und Qualitätsdaten verknüpft werden. Der entscheidende Hebel liegt deshalb zunehmend in der Modernisierung der Software- und Datenarchitektur. Ein Software-first-Ansatz bedeutet dabei nicht, dass Hardware ihre Bedeutung verliert. Zeitkritische Steuerungsfunktionen, Safety-Anwendungen und Motion-Aufgaben bleiben eng mit geeigneten Hardwareplattformen bzw. Edge-Systemen verbunden. Visualisierung, Datenverarbeitung, Integration und Historisierung lassen sich dagegen zunehmend von fest zugeordneten Geräten entkoppeln und in virtualisierten oder containerisierten Umgebungen betreiben.

Drei Ebenen für Industrial AI

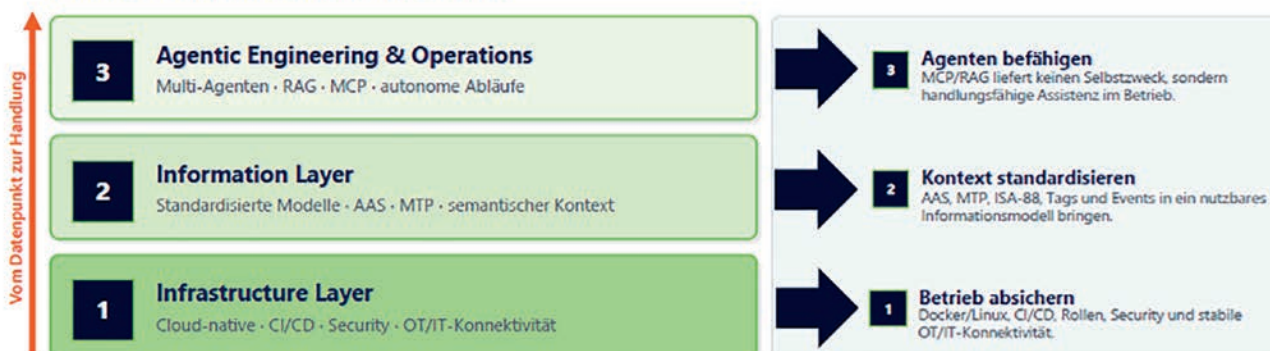
Eine belastbare Industrial-AI-Architektur im Brownfield lässt sich in drei aufeinander aufbauende Ebenen gliedern: Infrastruktur, Information sowie intelligente und agentische Anwendungen.

1. Infrastructure Layer: Betrieb beherrschbar machen

Die unterste Ebene schafft die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für einen stabilen Betrieb. Dazu gehören die sichere Anbindung vorhandener OT-Systeme, geeignete Edge- oder Server-Infrastrukturen und klar definierte

Vom Datenpunkt zur Handlung

Drei Ebenen für Industrial AI im Brownfield



► Der Weg vom einzelnen Datenpunkt zur intelligenten Handlung führt über eine beherrschbare Infrastruktur und ein konsistentes Informationsmodell.

Betriebsmodelle. Virtualisierung und Containerisierung helfen dabei, Softwarefunktionen unabhängiger von einzelnen Hardwaregenerationen bereitzustellen. Ebenso wichtig sind geregelte Prozesse für Deployment, Versionierung, Updates, Monitoring und Wiederherstellung. Ohne dieses Fundament bleiben KI-Anwendungen häufig isolierte Pilotprojekte und lassen sich weder sicher skalieren noch zuverlässig in den industriellen Betrieb überführen.

2. Information Layer: Daten in Kontext setzen

Ein Temperaturwert, Energieverbrauch oder eine Ventilstellung besitzt für sich genommen nur begrenzte Aussagekraft. Erst der Zusammenhang mit Anlage, Prozessschritt, Produkt, Rezeptur, Charge und Betriebszustand macht daraus verwertbare Information. Daten aus unterschiedlichen Quellen müssen deshalb nicht nur technisch angebunden, sondern vereinheitlicht, qualifiziert und semantisch beschrieben werden. Standardisierte Modelle und Strukturen unterstützen diese Kontextualisierung, etwa die Asset Administration Shell (AAS), Module Type Package (MTP), ISA88-basierte Modelle sowie einheitlich beschriebene Tags, Events, Alarmer und Zustände. Ziel ist ein konsistentes Informationsmodell, das sich über Maschinen, Anlagen und Standorte hinweg wiederverwenden lässt und Analysewerkzeugen sowie KI-Anwendungen eine gemeinsame Informationsbasis bietet.

3. Agentic Engineering and Operations: Handlungen ableiten

Auf der dritten Ebene entstehen intelligente Anwendungen und agentische Workflows. Dazu zählen Analysemodelle, Predictive Maintenance, Assistenzsysteme und zunehmend KI-Agenten, die Informationen aus verschiedenen Quellen kombinieren und definierte Aufgaben eigenständig bearbeiten. Technologien wie Retrieval-Augmented Generation (RAG), standardisierte Werkzeugzugriffe über das Model Context Protocol (MCP) oder die Kommunikation zwischen spezialisierten Agenten können neue Formen industrieller Assistenz ermöglichen. Voraussetzung sind jedoch belastbare Infrastruktur- und Informationsschichten. So könnte ein

Agent einen steigenden Energiebedarf einer Pumpe erkennen, den Betriebszustand prüfen, vergleichbare Produktionsläufe und die Alarmhistorie analysieren sowie Wartungsinformationen auswerten. Daraus ließen sich eine mögliche Ursache und ein geeignetes Wartungsfenster ableiten. Ohne Anlagenkontext bliebe lediglich die Information, dass der Energieverbrauch gestiegen ist.

Kontext statt Datenmengen

Über den wirtschaftlichen Nutzen von KI-Anwendungen entscheidet nicht allein die Datenmenge, sondern vor allem deren Qualität und fachlicher Kontext. Bei einem thermischen Produktionsprozess reicht beispielsweise die Temperaturkurve allein nicht aus, um Abweichungen zuverlässig zu bewerten. Erst die Verbindung mit Rezeptur, Chargengröße, Aufheizphase, Ventilständen, Energiezufuhr und Qualitätsergebnis ermöglicht eine belastbare Analyse. Auch große Mengen historischer Messwerte kompensieren keinen fehlenden Kontext. Sind etwa Betriebszustände oder Produktwechsel nicht dokumentiert, kann ein Modell normale Prozesswechsel fälschlicherweise als Anomalien einstufen. Ein modernes Retrofit muss deshalb über reine Konnektivität hinausgehen und Datenqualität, Semantik sowie Lifecycle-Management einbeziehen.

Schrittweise statt komplett erneuern

Eine softwaredefinierte Modernisierung schafft Mehrwert auf mehreren Ebenen. Offene Automatisierungsarchitekturen lassen sich unabhängiger von einzelnen Hardwaregenerationen weiterentwickeln. Gleichzeitig können Unternehmen bestehende Anlagen schrittweise modernisieren, Produktionsunterbrechungen reduzieren und neue Funktionen integrieren, ohne Produktionsprozesse grundlegend zu verändern. Software-defined Automation stärkt zudem Resilienz und digitale Souveränität. Gleichzeitig entsteht die konsistente Datenba-

Vom Signal zur Handlungsempfehlung

Praxisbeispiel: steigender Energiebedarf einer Pumpe



► Der KI-Agent führt Prozess-, Betriebs- und Wartungsinformationen zusammen, bewertet sie im Anlagenkontext und leitet daraus eine konkrete Handlungsempfehlung ab.

sis, die für den wirtschaftlichen Einsatz von Industrial AI erforderlich ist.

Von der Modernisierung zur Zukunftsfähigkeit

Mit der Softwareplattform Zenon unterstützt Copa-Data Unternehmen dabei, bestehende Automatisierungslandschaften schrittweise in offene und softwaredefinierte Architekturen zu überführen. Die Plattform verbindet heterogene Steuerungen, Maschinen und Informationssysteme und stellt Daten in einem gemeinsamen operativen Kontext bereit. Offene Kommunikationsstandards, native Schnittstellen, modulare Konzepte sowie virtualisierte und containerisierte Betriebsumgebungen unterstützen die schrittweise Modernisierung von Brownfield-Anlagen. Zenon übernimmt dabei nicht die Rolle des KI-Modells. Die Plattform bildet vielmehr einen industriellen Enablement-Layer: Sie sichert die Verbindung zum operativen Prozess, strukturiert Informationen und stellt sie für Analysemodelle, Assistenzsysteme und zukünftige agentische Workflows bereit. Die Reihenfolge bleibt dabei entscheidend: Zuerst muss der Betrieb stabil und sicher organisiert sein. Darauf entsteht ein belastbares Informationsmodell. Erst dann können Industrial AI und Agentic AI ihren Nutzen im laufenden Betrieb entfalten. n

Frank Hägele
Sales Director
Ing. Punzenberger Copa-Data GmbH
www.copadata.com/de

► Die Software von Timly erleichtert Wartungsmanagement und Inventarverwaltung.

Instandhaltung als unterschätzter Effizienzhebel

Vom Kostenfaktor zum **Wettbewerbsvorteil**

Ungeplante Anlagenstillstände kosten die Industrie jedes Jahr Millionen. Gleichzeitig kämpfen viele Unternehmen mit alternden Anlagen, wachsendem Fachkräftemangel und steigenden Anforderungen (wie ESG-Reporting und Compliance). In dieser Gemengelage wird Instandhaltung vom reinen Kostenblock zum strategischen Hebel für Produktivität, Sicherheit und Nachhaltigkeit. Klar ist, Unternehmen, die Instandhaltung weiterhin lediglich als Kostenstelle behandeln, verlieren messbar an Wettbewerbsfähigkeit.

Ein aktuelles Whitepaper von Timly zum Thema 'Wie Europa heute wartet und morgen gewinnt' zeigt: Während Vorreiter bereits datengetriebene, vernetzte Instandhaltungskonzepte nutzen, arbeiten viele Unternehmen auch im Zeitalter der Digitalisierung noch immer mit Papierlisten, Excel und reaktiven Ad-hoc-Reparaturen. Die Folge sind hohe ungeplante Stillstände, intransparente Risiken – und versenkte Potenziale in der Automatisierung.

Wo Europas Instandhaltung heute steht

Der Report beschreibt ein vierstufiges Reifegradmodell, das von reaktiver über präventive und zustandsorientierte bis hin zu prädiktiver Instandhaltung reicht. Die meisten Unternehmen bewegen sich derzeit zwischen Stufe 1 und 3 – der Übergang von Notfall-Einsätzen hin zu geplanten, teilweise datenbasierten Wartungskonzepten. Voll prädiktive Ansätze auf Basis von IoT, Condition Monitoring und KI sind meist nur in Pilotprojekten oder bei Konzernen mit hoher Digitalisierungsreife etabliert. Typische Hürden auf dem Weg nach oben im Reifegradmodell sind:

- Intransparente Datenlage: Asset-Daten, Wartungshistorien und Zustände liegen verstreut in Abteilungen oder werden gar nicht strukturiert erfasst.
- Technologie-Skepsis und Insellösungen: Analoge Prozesse, feh-

lende Integration zu ERP, MES oder OT-Systemen und Sicherheitsbedenken bremsen neue Tools aus.

- Fachkräftemangel: Erfahrene Instandhalter gehen in Rente, Nachwuchs ist knapp – Wissen steckt in Köpfen statt in Systemen.
- Budgetdruck: Instandhaltung gilt vielerorts noch als Kostenstelle, so dass Investitionen in Sensorik, Software und Weiterbildung verschoben werden.

Gerade in stark automatisierten Produktionsumgebungen führen diese Hürden zu einem gefährlichen Spannungsfeld: Anlagen werden komplexer und vernetzter, aber die Instandhaltungsorganisation bleibt hinter den technischen Möglichkeiten zurück.

Daten, Cloud, IoT und ESG als Treiber

Der Report identifiziert mehrere Trends, die die Instandhaltung in Europa in den nächsten Jahren prägen werden:

- Konsequente Digitalisierung und Automatisierung: Digitale Wartungspläne, mobile Datenerfassung, automatisierte Benachrichtigungen und zentrale Dokumentation werden zum Standard.
- IoT und KI: Vernetzte Sensorik liefert Zustandsdaten in Echtzeit, Algorithmen erkennen Anomalien und ermöglichen prädiktive Wartungskonzepte.

- ESG und Regulierung: CSRD, EU-Taxonomie und nationale Vorschriften wie BetrSichV oder Gefahrstoffverordnung verlangen lückenlose Nachweisführung, längere Lebenszyklen und höheren Ressourceneinsatz.
- Mobile und cloudbasierte Lösungen: Wartungs- und Asset-Daten müssen dort verfügbar sein, wo sie gebraucht werden – an der Maschine, im Feld oder im Serviceeinsatz.
- Sicherheit und Compliance: Normen wie ISO55000, DIN EN15341 oder VDI/VDE-Richtlinien rücken stärker in den Fokus, Audits und Zertifizierungen verlangen robuste Prozesse und revisionssichere Dokumentation.

Was das bedeutet ist klar: Instandhaltung wird zu einem integralen Bestandteil der Automatisierungsstrategie. Wer Steuerungs-, Kommunikations- und Antriebstechnik modernisiert, ohne gleichzeitig die Instandhaltung mit zu digitalisieren, verschenkt Effizienzpotenziale.

Digitale Instandhaltung als strategisches Werkzeug

Der 'Maintenance Report 2026' zeichnet ein klares Bild: Digitale Instandhaltungslösungen können weit mehr, als nur Wartungstermine zu verwalten. Sie werden zum strategischen Werkzeug, um operative Risiken zu reduzieren und die Leistungsfähigkeit der technischen Infrastruktur aktiv zu steuern.

Kernfunktionen aus Sicht der Praxis:

- Zentrale digitale Inventarisierung aller Betriebsmittel – von Maschinen und Anlagen über Werkzeuge bis hin zu Fahrzeugen und IT-Assets.
- Planung von zyklischen und zustandsabhängigen Prüfungen mit klaren Verantwortlichkeiten und automatisierten Erinnerungen.
- Mobile Erfassung von Zuständen, Defekten und Prüfprotokollen per QR-/Barcode-Scan direkt an der Anlage.
- Revisionssichere Ablage von Wartungsberichten, Prüfnachweisen, Bedienungsanleitungen und Zertifikaten für Audits.
- Schnittstellen zu bestehenden Systemen wie ERP, CAFM, EAM oder OT-/IoT-Plattformen zur Vermeidung von Medienbrüchen.

Vom Projekt zur kontinuierlichen Verbesserung

Erfolgreiche Unternehmen betrachten die Digitalisierung der Instandhaltung nicht als einmaliges IT-Projekt, sondern als kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Laut Report haben sich dabei mehrere Prinzipien bewährt:

- Zentrale Datenbasis zuerst: Ohne konsistente Asset- und Wartungsdaten lässt sich weder automatisieren noch optimieren.
- Standardisieren, aber flexibel bleiben: Einheitliche Wartungsprozesse und -protokolle, ergänzt um branchenspezifische Anforderungen und länderspezifische Vorschriften.
- Mitarbeitende früh einbinden: Techniker, Meister und Betreiber kennen die Realität an der Anlage – ihr Feedback ist entscheidend für Akzeptanz und Datenqualität.
- Klein starten, groß skalieren: Pilotbereiche, klar definierte Ziele und KPIs, iterative Anpassung – bevor der Rollout über Werke oder Länder hinweg erfolgt.

- Integration statt Komplettaustausch: Bestehende ERP-, MES-, ITAM- und OT-Systeme werden über Schnittstellen angebunden, statt doppelt gepflegt.

So gelingt Schritt für Schritt der Übergang von reaktiver Problemlösung hin zu einer datengetriebenen, vorausschauenden Instandhaltungsstrategie, die sich messbar am Geschäftserfolg orientiert.

Kennzahlen, die den Unterschied machen

Damit Instandhaltung in der Unternehmenssteuerung ernst genommen wird, braucht es aussagekräftige KPIs. Der Report nennt dafür u.a.:

- Anteil geplanter vs. ungeplanter Wartung (z.B. Ziel: 80 Prozent planbar)
- Ungeplante Ausfallzeiten pro Anlage oder Standort
- Durchschnittliche Reaktionszeit bei Störungen
- Wartungskosten pro Asset im Verhältnis zum Anschaffungswert

In Verbindung mit Automatisierungs- und Produktionskennzahlen ermöglichen diese KPIs eine objektive Bewertung des Reifegrads und zeigen, wo Investitionen in Sensorik, Software oder Training den größten Hebel haben.

Instandhaltung als Gestaltungsfeld

Der 'Maintenance Report 2026' kommt zu einem klaren Fazit: Instandhaltung wird sich in den nächsten Jahren vom reinen Reparaturbetrieb zu einem Gestaltungsfeld für Unternehmen, Instandhaltungsteams und jede einzelne Fachkraft entwickeln. Entscheidungen werden zunehmend auf Basis von Echtzeitdaten und Prognosen getroffen, digitale Zwillinge und Simulationen unterstützen Wartungsstrategien, und KI-gestützte Empfehlungen werden zum Standardwerkzeug der Instandhalter. Unternehmen, die frühzeitig in digitale, integrierte Instandhaltungslösungen investieren und ihr Reifegradmodell aktiv weiterentwickeln, sichern sich einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil – insbesondere in hoch automatisierten, international konkurrenzintensiven Märkten. n

Jennifer Ritz
Deputy Team Lead Content und PR
Timly Software AG
www.timly.com

Das Whitepaper '**Maintenance Report 2026**' können Sie hier kostenfrei herunterladen:



<https://tedo.link/95fjks>

