

Automatisierung und KI für den ZfP-Sondermaschinenbau

Wolfram DEUTSCH¹, Matthias SPORMANN¹, Jörn BOLTEN¹, Daniel BRAUN¹,
Stephan ROBENS¹

¹ KARL DEUTSCH, Wuppertal, Deutschland, info@karldeutsch.de

Kurzfassung. In diesem Beitrag werden Beispiele aus dem Sondermaschinenbau diskutiert, wo ein hoher Automationsgrad vorliegt. Es werden Anlagen für die Prüfmethode UT, MT und PT vorgestellt. Entweder wird das Bauteilhandling über Robotik oder Portale oder die Sensorpositionierung beim Ultraschall automatisiert.

Bei der Ultraschallprüfung ist eine vollautomatische Bewertung seit langem Stand der Technik. Aktuelle Trends sind die Phased Array-Prüftechnik (PAUT), ggf. unter Anwendung moderner Algorithmen wie TFM (Total Focusing Method) oder PWI (Plane Wave Imaging).

Bei der Magnetspulver-Rissprüfung findet die Rissbewertung meist manuell statt. Die KI-basierte Software CRACKVIEW AI dient nun der vollautomatischen Rissbewertung. Inzwischen wurde der Algorithmus mit vielen Tausend Bildern ertüchtigt und liefert gute Ergebnisse. Erste Ergebnisse für die PT-Prüfung liegen inzwischen vor.

Der Sondermaschinenbau verändert sich durch einen verstärkten Einsatz von Robotik. Hohe Flexibilität und sinkende Preise fördern diese Entwicklung. Hohe Lohnkosten, die Problematik, geeignetes Prüfpersonal zu finden, und das Bestreben, den „Human Factor“ zu reduzieren, sind darüber hinaus Treiber für einen zunehmend höheren Automatisierungsgrad.

Keywords: Automatisierung, Robotik, Rissbewertung, KI-basierte Software

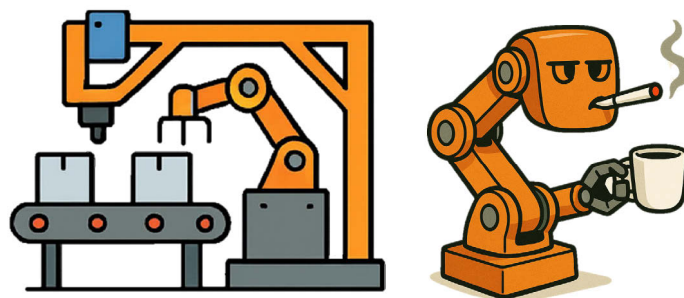


Abb. 1. Veränderung des Sondermaschinenbaus – vom Portal zum Roboter. Weiterer Vorteil: Ein Roboter macht selten Pause.

1. Phased Array-Prüfung von HF-geschweißten Rohren mit Robotik

Bei der Prüfung HF-geschweißter Rohre ist die Ultraschallprüfung eine wichtige Qualitätskontrolle der Schweißnaht. Sowohl Flankenbindefehler als auch Fehler bei der Innenschabung können mit Ultraschall zuverlässig erfasst werden. Typische Endkunden kommen entweder aus dem Oil&Gas- oder aus dem Automotive-Bereich.

Die klassische Bauform für solche Schweißnahtprüfanlagen wird als Portal ausgeführt (s. Abb. 2). Die Prüfkopfhalter können hierbei zwischen Prüfposition und Justierposition bewegt werden. In der Justierposition werden die Prüfkopfhalter über ein Referenzrohr entlang der Rohrachse bewegt und die Anlage somit überprüft.

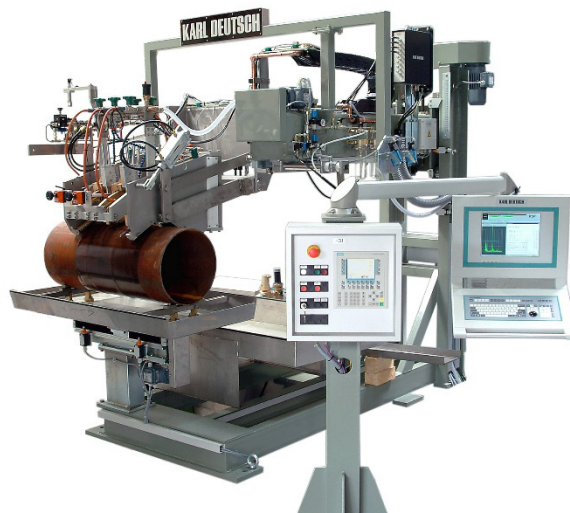


Abb. 2. Schweißnahtprüfanlage in klassischer Bauform mit Ausleger

Alternativ können die Prüfkopfhalter auch mit einem Roboter positioniert werden (s. Abb. 3). Dies ermöglicht eine besonders kompakte Bauform der Mechanik bei großer Flexibilität bzgl. der Positionierung. Bei Auswandern der Schweißnaht sorgt der Roboter für eine korrekte (mittige) Positionierung der Prüfkopfhalter zur Schweißnaht. Dieses Beispiel zeigt eine Prüfanlage mit einem Prüfkopfhalter für relativ kleine Rohre und einem Phased Array-Prüfkopf, welcher drei Einschallrichtungen ermöglicht: Längsfehlerprüfung in beide Umfangsrichtungen und eine Senkrechteinschallung.

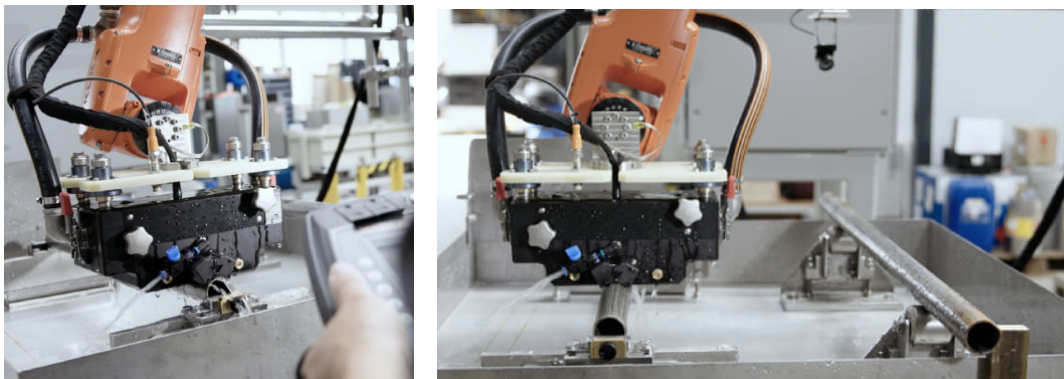


Abb. 3. Schweißnahtprüfanlage mit robotischer Bewegung des Prüfkopfhalters

2. Prüfung von Eisenbahnrädern

Neue Eisenbahnräder werden in der Regel einer Magnetpulver- und einer Ultraschallprüfung unterzogen. Die Verkettung der ZfP mit weiteren Maschinen (optische Prüfung, Härteprüfung, Auswuchten, etc.) erfolgt über ein Portalsystem mit Greifern, die die Räder in die einzelnen Stationen absenken und abheben (s. Abb. 4). Auch ein Schwenken der Räder, z. B. für das Einlegen der Räder in die Ultraschallprüfanlage, ist stufenlos möglich.

Zwei PAUT-Prüfköpfe sind in einem Tauchtank positioniert und dienen der Prüfung von Stirnfläche und Lauffläche. Zwei weitere PAUT-Prüfköpfe zur Nabenprüfung werden über Ausleger positioniert.



Abb. 4. Ultraschallprüfanlage für Bahnräder und Portalsystem zum Radtransport

Komplizierter ist die Prüfung der ggf. gekrümmten Radscheibe. Hierbei werden zwei Roboter eingesetzt, die jeweils einen Prüfkopf mit Wasserstrahlankopplung positionieren (s. Abb. 5).

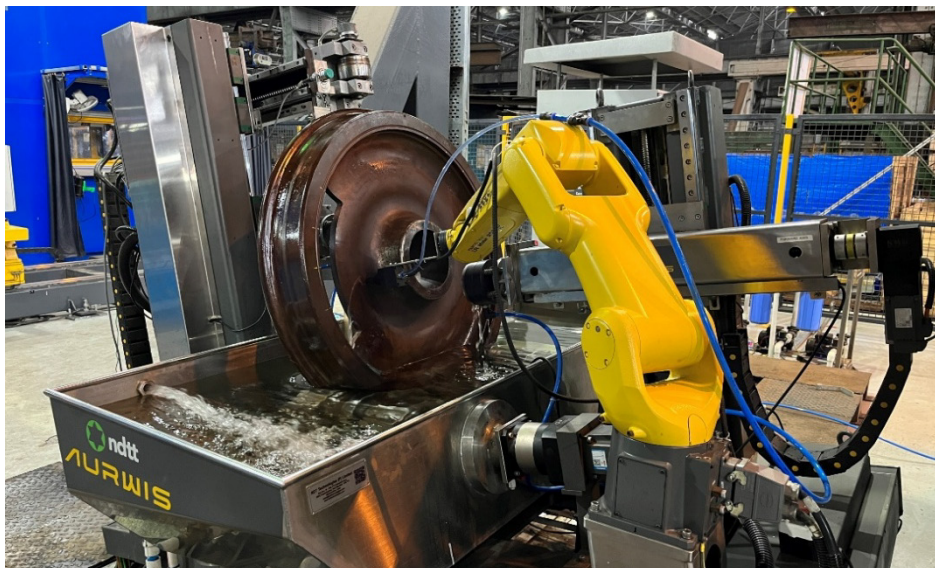


Abb. 5. Roboter positionieren die Prüfköpfe zur Scheibenprüfung.

3. Positionierung von Ultraschall-Prüfköpfen mit Robotik an Automotive-Teilen

Automobilteile weisen oft eine komplexe Geometrie auf. In Abstimmung mit unseren Kunden werden die Prüfbereiche (Fehlerprüfung oder Wanddickenmessung) an Schmiede- oder Gussteilen festgelegt. Die Prüfköpfe werden mit Robotik präzise positioniert (s. Abb. 6 und 7). Das Bauteilhandling kann ebenfalls automatisiert werden.

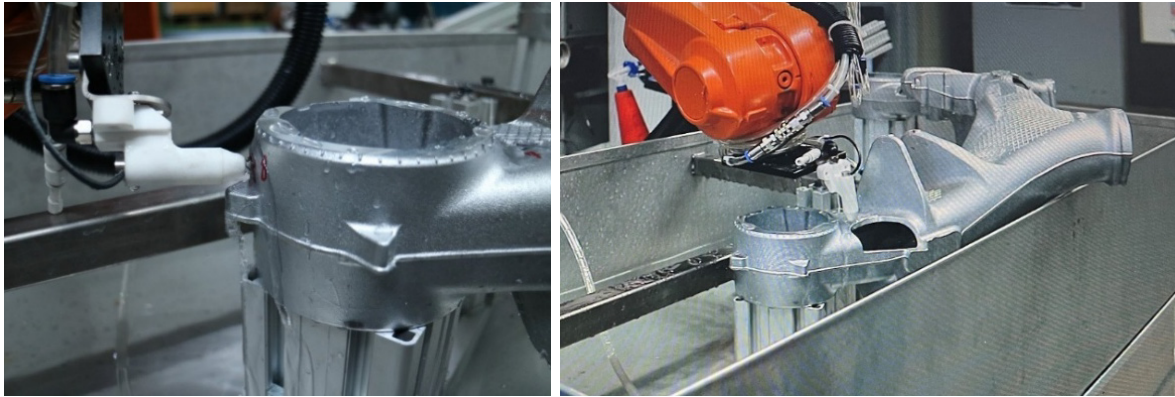


Abb. 6. Positionierung von Prüfkopf und Wasserdüse zur UT-Wanddickenmessung

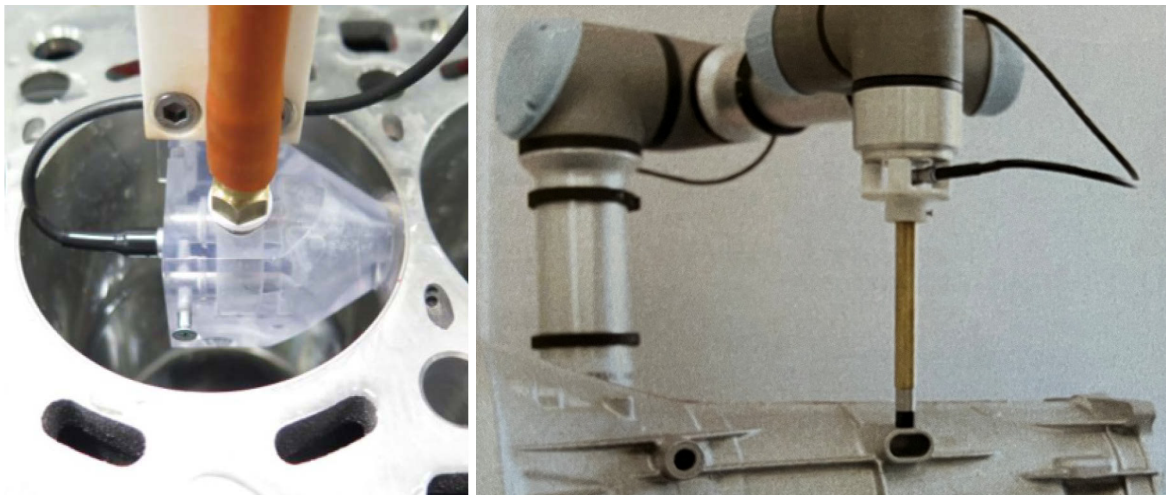


Abb. 7. Bestimmung der Kühlkanalposition an Motorblock (links) und Wanddickenmessung in Trockenankopplung mit flexiblem Kunststoffvorlauf (rechts)

4. Automatisierung des Bauteiltransports bei der Magnetpulver-Rissprüfung

In vielen Fällen erfolgt die Be- und Entladung einer MT-Prüfanlage immer noch von Hand. Bei relativ großen Bauteilgewichten nutzt man jedoch Portal-Beladesysteme oder Robotik. Oft werden die Bauteile auf Paletten oder als Schüttgut in Gitterboxen bereitgestellt. Hierfür liegen inzwischen leistungsstarke, automatisierte Handlingkonzepte vor.

In diesem Beispiel (s. Abb. 8) werden die Bauteile gestapelt auf Paletten bereitgestellt. Zwei Paletten können im Beladebereich abwechselnd bearbeitet werden. Eine fahrbare Kamera erfasst die Position der Bauteile und ein Roboter mit Magnetgreifer (s. Abb. 9) legt die Bauteile in ein Transportband (Kettenförderer) ein. Das Transportband durchfährt die Magnetisierstation. Am Ende des Transportbandes befindet sich die Betrachtungsstation, wo unter UV-Licht ausgewertet wird. Die Prüfanlage wurde vorbereitet für eine Nachrüstung einer vollautomatischen Rissbewertung. Nach der Rissbewertung entnimmt ein Portalsystem die Bauteile und legt diese entsprechend dem Prüfergebnis in die jeweilige IO- bzw. NIO-Gitterbox.

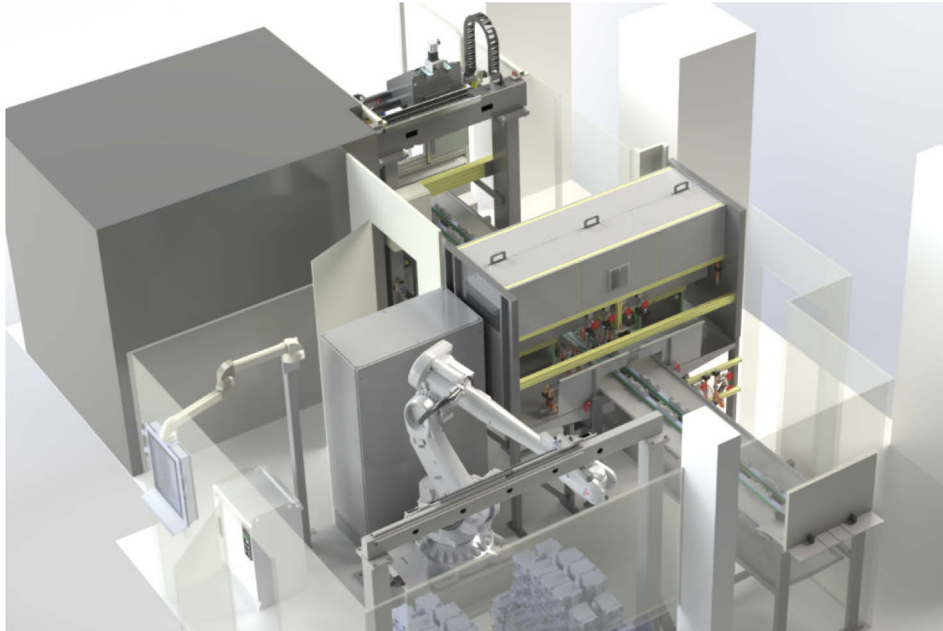


Abb. 8. MT-Prüfanlage mit automatisiertem Bauteiltransport

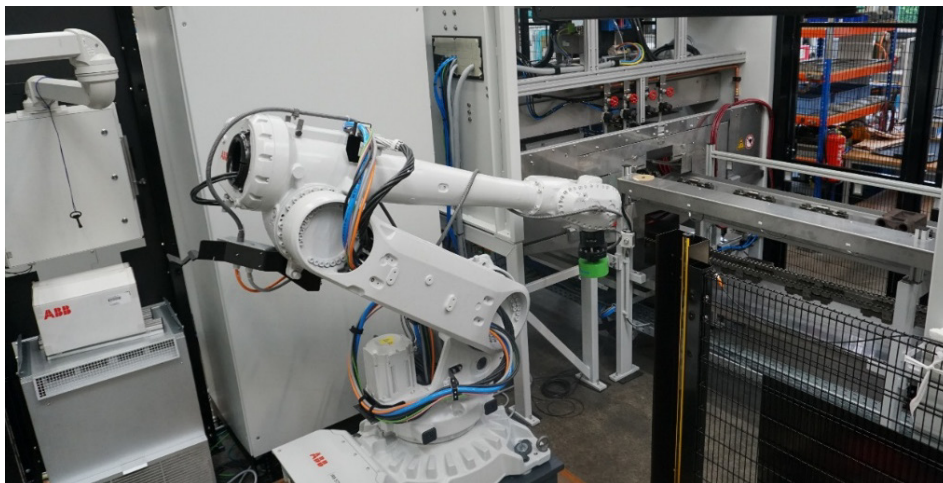


Abb. 9. Roboter mit Magnetgreifer zum Einfördern der Bauteile

5. KI-Basierte Software zur vollautomatischen MT-Rissbewertung

Seit Jahrzehnten gibt es Versuche, die MT-Rissbewertung vollständig zu automatisieren. Früher wurde klassische Bildbewertung angewendet. Pseudoanzeigen durch Bauteilkanten, raue Oberflächen und Schlieren auf bearbeiteten Oberflächen, höhere Kosten und überzogene Erwartungen an das Gesamtsystem haben eine Verbreitung bisher verhindert. Bereits in den 80er Jahren konnte gezeigt werden, dass die POD des automatisierten Systems besser ist als beim menschlichen Prüfer.

Neuronale Netze auf leistungsstarken Rechnern und die steigende Akzeptanz von KI waren der Anlass, diesen Weg erneut zu gehen (s. Abb. 10 und 11). Der CRACKVIEW AI-Algorithmus wurde in den letzten Jahren mit über 10.000 Bildern ertüchtigt. Ein neues Bauteil braucht nun einige Tage Anlernzeit (und ausreichend repräsentative Rissanzeigen). Gemeinsam mit unseren Kunden wurde die Rissbewertung pro Bauteil definiert und optimiert. Auch für die PT-Prüfung liegen erste vielversprechende Resultate vor.

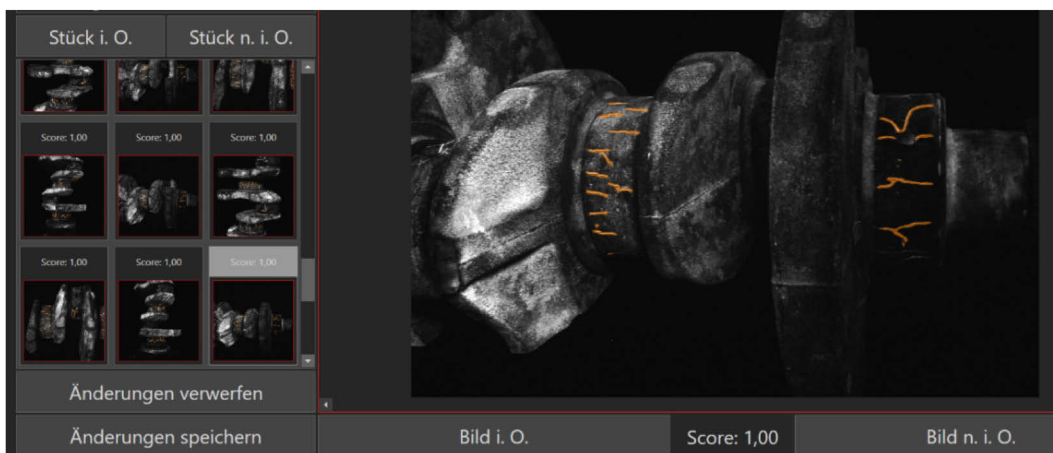


Abb. 10. CRACKVIEW AI-Rissbewertung an Kurbelwelle

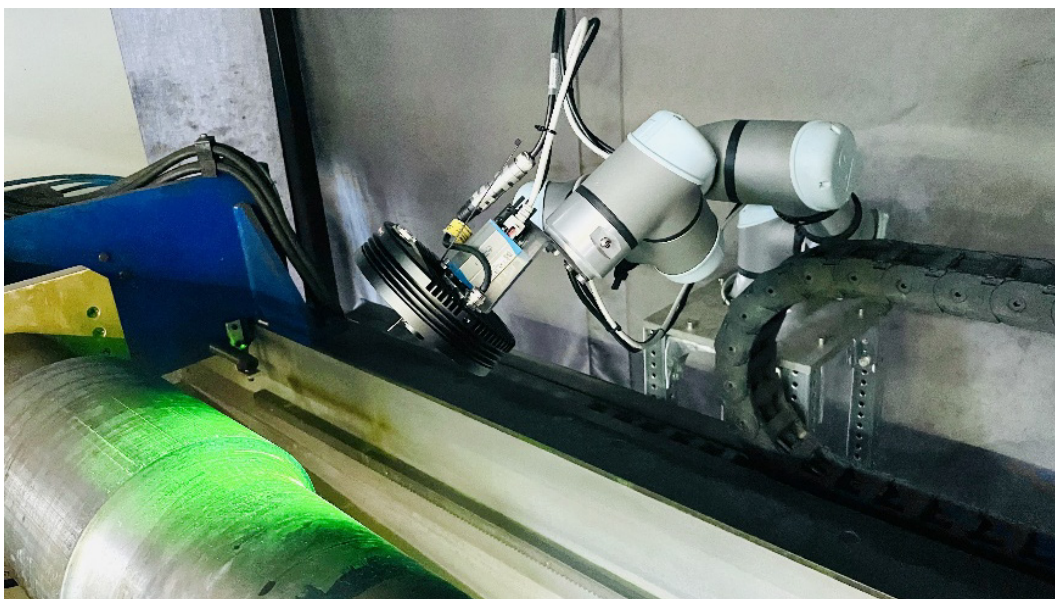


Abb. 11. CRACKVIEW AI-Rissbewertung an Radsatzwelle, die Kamera wird über einen Roboter positioniert.

6. Automatisierung des Bauteiltransports bei der Eindringprüfung

Viele Sicherheitsteile aus dem Bereich Automotive und Aerospace sind aus nicht-magnetischen Werkstoffen. Bei sehr komplexen Geometrien ist die Eindringprüfung oft die einzig wirtschaftliche Methode. Da die Eindringprüfung relativ langsam ist, sind die Prüfanlagen für Serienteile sehr aufwändig, weil viele Prüfteile parallel bearbeitet werden. In diesem Beispiel (s. Abb. 12 und 13) sorgen Roboter für das Einfördern der Prüfteile. Die Bauteilkörbe werden von Hand oder vollautomatisch zwischen den Stationen bewegt.

Gerade im Aerospace-Bereich wird auf eine genaue Einhaltung der Prüfparameter geachtet. Prüfzeiten, Temperaturen und Wasserdüsenparameter werden über die SPS reproduzierbar gesteuert.

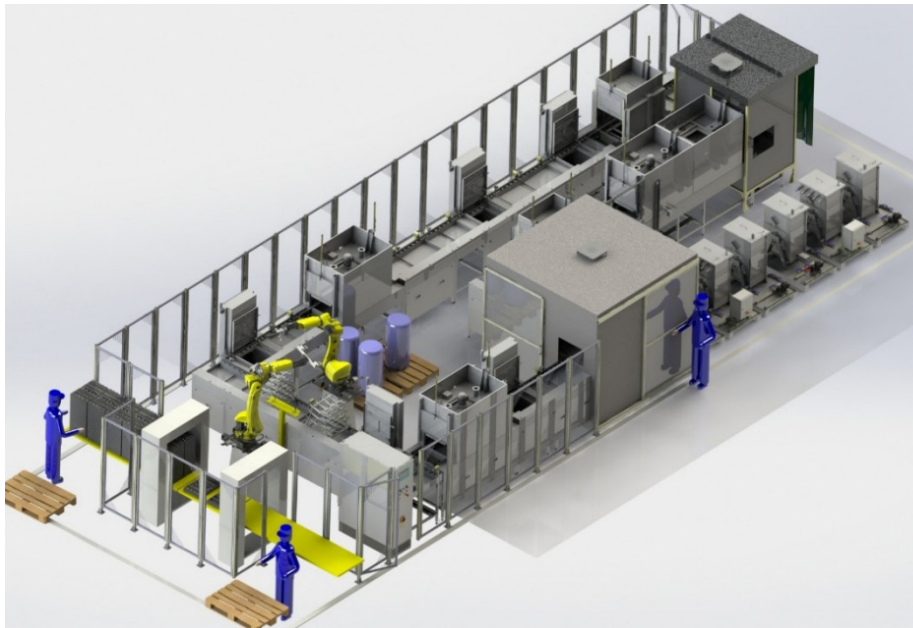


Abb. 12. Große Eindringprüfanlage für hohen Durchsatz (600 Teile/Stunde)

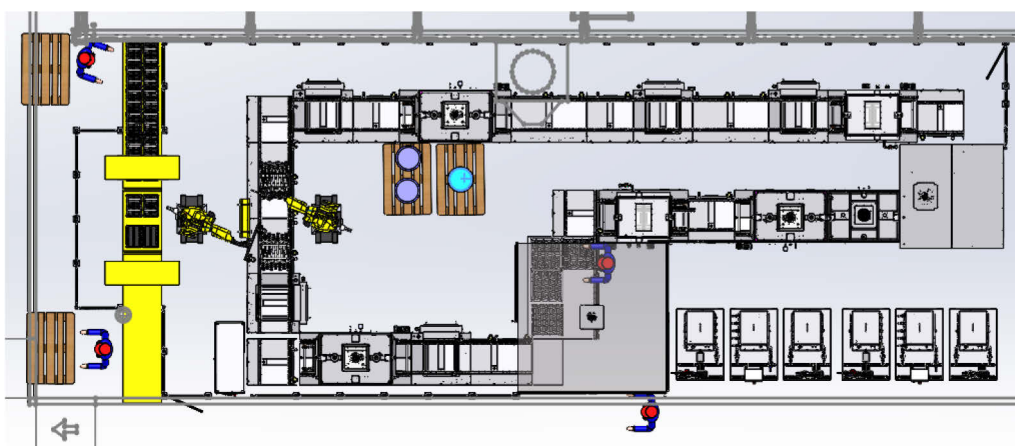


Abb. 13. Layout mit Robotik, umlaufendem Korbtransport, Rissbewertung (unten Mitte) und modularem Wasserfiltersystem (unten rechts)

Beispiele für die Prüfverfahren UT, MT und PT

Automatisierung und KI für den ZfP-Sondermaschinenbau

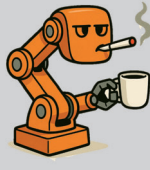
Roboter sind...



... nie im Urlaub



... nie krank



... nie in Pause



... selten umme Ecke

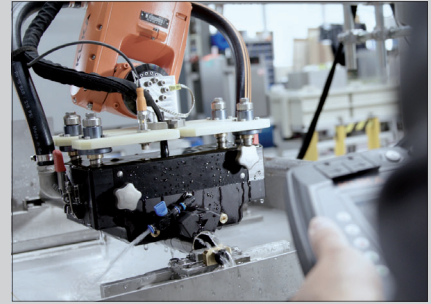
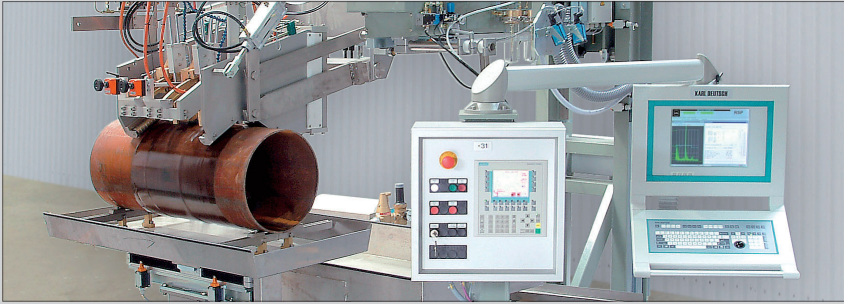
Autoren

Dr. (USA) Wolfram A. Karl Deutsch,
Matthias Spormann, Jörn Bolten,
Daniel Braun, Stephan Robens,
Christoph Berlik, Tim Dochtermann,
Julian Dölz, Hüseyin Gülel,
Stefan Klein, Dr. Helge Rast

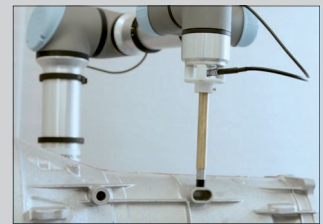
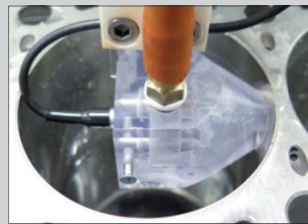
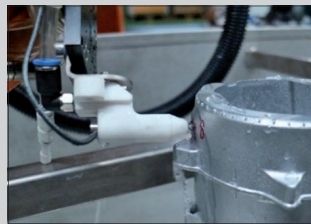
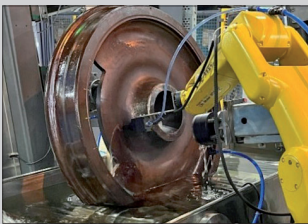
KARL DEUTSCH
Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG
Otto-Hausmann-Ring 101
42115 Wuppertal



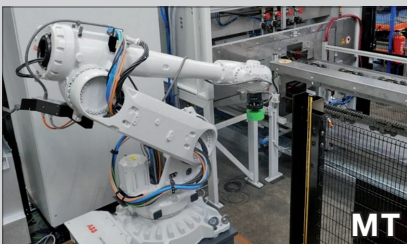
Wandel im Sondermaschinenbau: Trend zum Roboter, Beispiel Prüfung längsnahtgeschweißter HF-Rohre



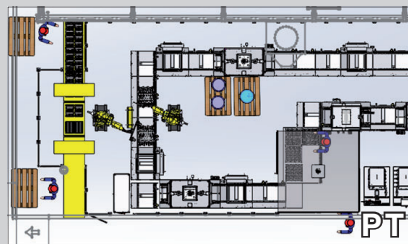
UT-Prüfkopf-Handling durch Roboter, Beispiele aus dem Bahn- und Automotive-Bereich



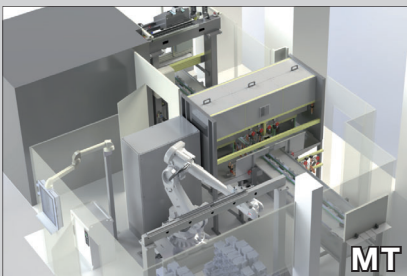
Bauteil-Handling mit Roboter für die Verfahren MT und PT



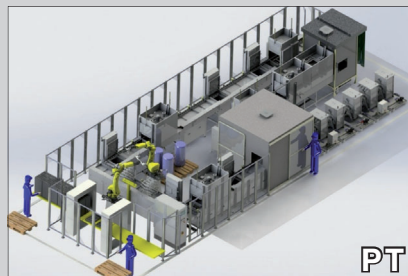
MT



PT



MT

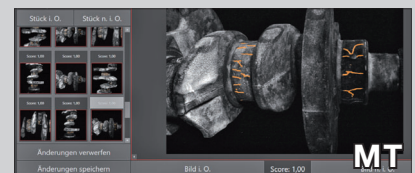


PT

KI-basierte Rissbewertung



MT



MT