

Rissprüfanlagen (MT & PT) für Bauteile aus den Bereichen Transport und Energie

Wolfram A. Karl DEUTSCH, Oliver JOSEK, Tom DIERKS,
Stephan ROBENS, Oliver GOERZ¹

¹ KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

Kontakt E-Mail: w.deutsch@karldeutsch.de

Einführung

Dieser Beitrag zeigt diverse Prüfmaschinen zur Oberflächen-Rissprüfung von komplex geformten Bauteilen, wo eine Wirbelstrom-Prüfung (ET für Eddy Current Testing) nicht durchführbar ist. Während an magnetisierbaren Bauteilen in der Regel die Magnetpulver-Rissprüfung (MT für Magnetic Particle Testing) zum Einsatz kommt, ist die Eindringprüfung (PT für Penetrant Testing) das Mittel der Wahl für Bauteile aus nichtmagnetischem Edelstahl oder Aluminium.

Früher waren die meisten sicherheitsrelevanten Teile im Automobilbereich aus Eisenmetallen. Heutzutage sind viele Bauteile (z.B. Radträger oder Kolben) aus Aluminium. Die hohen Stückzahlen im Automobilbereich und die relativ lange Prüfzeit für die Eindringprüfung machen aufwändige Prüfmaschinen erforderlich, welche viele Teile pro Prüfschritt parallel verarbeiten und bei denen der Bauteil-Transport automatisiert ist.

In der Regel erfolgt die Rissauswertung immer noch durch den Prüfer mit allen Vor- und Nachteilen und trotz der großen Fortschritte bei der automatisierten Sichtprüfung (VT für Visual Testing). Ein aufmerksamer Prüfer ist der Kamera-Auswertung überlegen, weil er Pseudoanzeigen (Bauteilkanten, Oberflächenrauigkeiten, etc.) besser von Rissanzeigen unterscheiden kann. Bei der heutzutage i.d.R. hohen Produktqualität werden aber nur wenige rissige Bauteile erzeugt und daher hat der Prüfer wenige „Erfolgslebnisse“. Unachtsamkeit und demzufolge die Nichterkennung von Rissanzeigen sind mögliche Konsequenzen. Aufgrund des großen Preisunterschiedes zwischen der teilautomatischen (Auswertung durch den Prüfer) und der vollautomatischen Rissprüfung (mit Kamera-Auswertung) wird aber dennoch nur in wenigen Fällen mit der Kamera gearbeitet. Ein kürzlich realisiertes MT-Beispiel wird in diesem Beitrag vorgestellt.

1. MT-Prüfung von Motorkomponenten mit Kamera-Auswertung

Die Hirschvogel Automotive Group ist einer der größten, weltweit operierenden Automobilzulieferer auf dem Gebiet der Massivumformung von Stahl und Aluminium sowie der anschließenden Bearbeitung. Ein Produkt des Unternehmens sind Injektorkörper, die Komponenten des Einspritzsystems von Dieselmotoren sind. Die produzierten Stückzahlen sind stark angestiegen, so dass mehrere vollautomatische Rissprüfanlagen mit nachgeschalteter Kamera-Auswertung im Einsatz sind.

Kürzlich lieferte KARL DEUTSCH für diese Prüfaufgabe einen DEUTROMAT mit Vierfach-Vertikalmagnetisierung an die Fa. BOLL Automation. Die MT-Anlage wurde dann integriert in eine komplexe Prüfzelle mit Roboterbeladung. Die Prüfzelle mitsamt der übergeordneten Steuerung stammt vom Kooperationspartner BOLL Automation, die Kameraauswertung wurde realisiert von der Mutterfirma Automation W + R.

Der DEUTROMAT verfügt über vier separate, vertikale Magnetisierstationen, die nebeneinander angeordnet sind. Die untere Kontaktierung ist feststehend, die obere Kontaktierung ist motorisch höhenverstellbar. Jede Magnetisierstation besitzt vier Kontakte, die einzeln und pneumatisch arbeiten. Oberseite, Unterseite und die beiden seitlichen Nasen der Prüfteile werden somit einzeln und präzise kontaktiert. Dieses Maschinenkonzept ermöglicht die parallele Magnetisierung von vier Bauteilen, die vom Roboter automatisch be- und entladen werden.

Die gesamte Konstruktion ist an einem selbstständig stehenden Gesamtrahmen aufgehängt. Eine wirkliche Besonderheit ist die aufwändige Prüftechnik. Zu erfüllen war eine Taktzeitvorgabe von 12 Sekunden für vier Prüfteile. Die Felddurchflutung wurde mittels schmaler Hochstromspulen realisiert, die in der Station oben und unten fest installiert sind. Die magnetische Einleitung erfolgt über mittig angeordnete, lamellierte Joche. Jede Station hat zudem vier Stromdurchflutungskreise, die prüfteilspezifisch einzeln oder kombiniert betrieben werden können. Dazu gibt es eine frei einstellbare Programmfolge im MEMORY-Parameterspeicher der Steuerung. Somit verfügt die Anlage über 16 Hochstromtransformatoren für die Stromdurchflutung und vier für die Felddurchflutung. Die stattliche Anzahl von insgesamt 20 Trafos ist in einem separaten Elektroschrank oberhalb des Maschinengestells untergebracht.

Die Bspülung mit FLUXA-Prüfmittel während der Magnetisierung und das anschließende Abblasen erfolgt durch eine ringförmige Düsenanordnung. Hierdurch wird überschüssiges Prüfmittel entfernt und die Verschmutzung der Robotik minimiert.

Die Betrachtung erfolgt über ein vollautomatisches Kamerasystem (ein komplettes System pro Magnetisiereinheit). Das magnetisierte Bauteil wird per Roboter vor einem Cluster von mehreren Kameras in Position gebracht, welche das Teil aus verschiedenen Blickwinkeln fotografieren. Die erzeugten Bilder werden anschließend über eine entsprechende Auswertesoftware bewertet. Dieser ganze Vorgang dauert weniger als 3 Sekunden.

Neben der prüftechnischen Herausforderung stellten die stark eingeschränkten Platzverhältnisse eine besondere Schwierigkeit dar. Prüfmechanik, Magnetisierertechnik, Kabelführung und Bspülung mussten optimiert werden, um schließlich ein extrem platzsparendes Konzept zu verwirklichen.

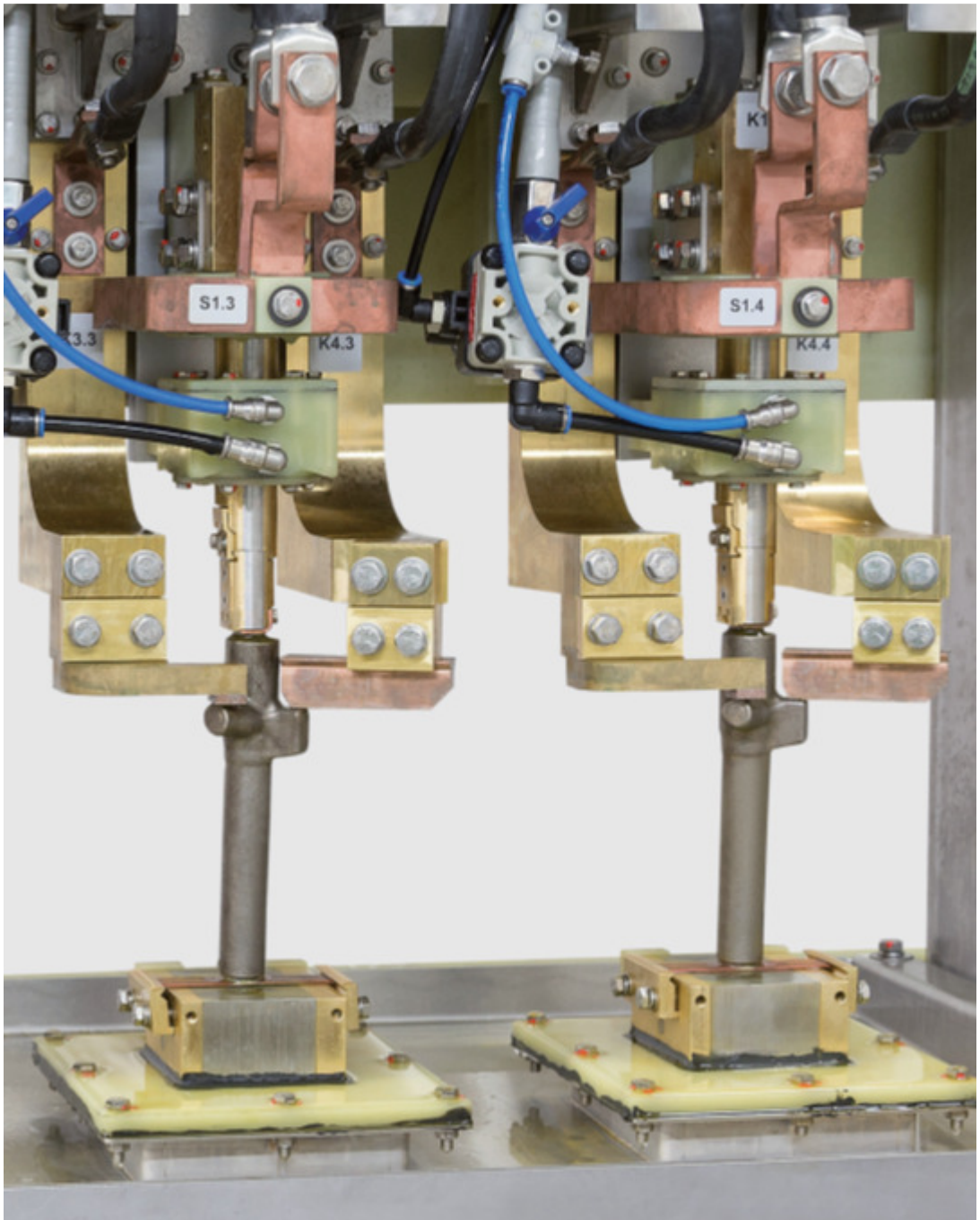


Abb 1. Zwei der vier vertikalen Magnetisierstationen für Injektorkörper

2. MT-Rundtaktische für Lenkritzeln und Schrauben für Windkraftanlagen

Rundtaktische bieten zwei wesentliche Vorteile. Zum einen ist eine solche Prüfanlage gut geeignet für einen Arbeitsplatz, an dem nur ein Prüfer arbeitet. Die Einlege- und Ausgabe- bzw. Auswerteposition ist dann identisch. Die weiteren Stationen dienen der Magnetisierung, ggf. der Entmagnetisierung und als Puffer. Des Weiteren können solche Prüfmaschinen sehr gut in eine verkettete Linie integriert werden. Dann wird die Prüfanlage (z.B. von oben) über ein Portal be- und entladen. Typische Einsatzgebiete für Rundtaktische sind die Prüfung von Kurbelwellen und Kugelpapfen.

Im Folgenden wird ein Rundtaktisch für Lenkritzeln gezeigt. Dieser Rundtaktisch arbeitet mit acht Auslegern. Jeder Ausleger ist mit einer doppelten Prüfstückaufnahme ausgestattet. Die Prüfung der Bauteile erfolgt in vertikaler Position. Sonderkontakte mit kleiner Aufsetzfläche sorgen für eine präzise Feld- und Stromeinleitung. Zwei UV-LED-Handleuchten sind in Halterungen schräg oberhalb der Prüfteile vorpositioniert und können bei Bedarf entnommen werden, um hinterschnittene Bereiche genauer zu betrachten.



Abb. 2. MT-Prüfung von Lenkritzeln (Rundtaktisch mit acht Auslegern und zwei Prüfteilen pro Ausleger).

Ein weiteres Beispiel ist eine Anlage für die Prüfung von großen Schrauben, die zur Montage der Flügel von Windkraftanlagen verwendet werden und daher hohen Belastungen ausgesetzt sind. Die Magnetisierstation ist schwenkbar ausgeführt. Die Schrauben werden von Hand innerhalb der Werkstückaufnahme gedreht und betrachtet.

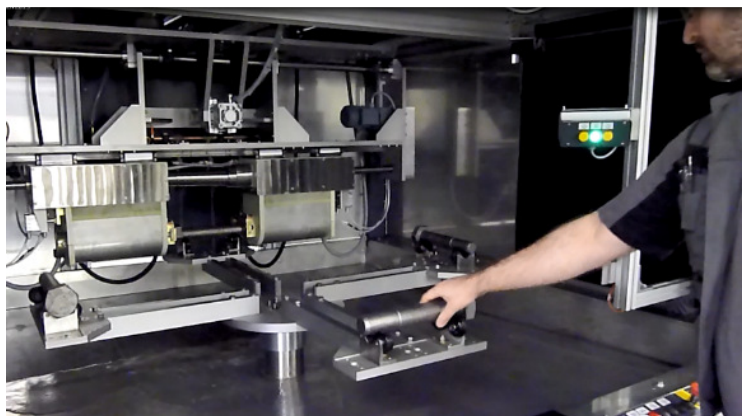


Abb. 3. MT-Prüfung von Schrauben für Windkraftanlagen.

3. DEUTROMAT-Prüfmaschinen mit automatisiertem Bauteil-Transport

Um einen besonders hohen Durchsatz zu realisieren, kommen häufig Maschinen mit einem mechanisierten Bauteil-Transport zum Einsatz. Gerade schwerere Bauteile werden automatisiert in die Prüfmaschinen eingebracht, um das Bedienpersonal zu entlasten. Das Handling können sowohl Roboter als auch Portalbeladesysteme leisten.

Eine weitere effiziente Methode für den Bauteil-Transport ist ein Kettenförderer. Typische Taktraten sind 10 Sekunden pro Prüfzyklus. Oft wird ein Bauteil pro Takt geprüft. Je nach erforderlichem Durchsatz können aber auch mehrere Magnetisier-Stationen parallel zum Einsatz kommen. Bei kurzen Prüfteilen können Mittenkontakte den Durchsatz verdoppeln. So wurden bereits Maschinen realisiert, die 8 Teile pro Takt prüfen (=2.5 Sekunden Prüfzeit pro Bauteil). Je nach Geometrie werden die Bauteile stehend oder liegend geprüft. Schöpfende Bereiche, in denen sich Prüfmittel ansammeln würde, müssen vermieden werden, um Rissanzeigen auf der gesamten Bauteiloberfläche zu ermöglichen. Die Kette ist mit schnell wechselbaren Werkstückaufnahmen ausgestattet, um verschiedene Bauteilgeometrien zu berücksichtigen. Es sind auch Lösungen mit motorisch verstellbaren Kontakten zur automatisierten Anpassung der Spannlänge realisierbar.

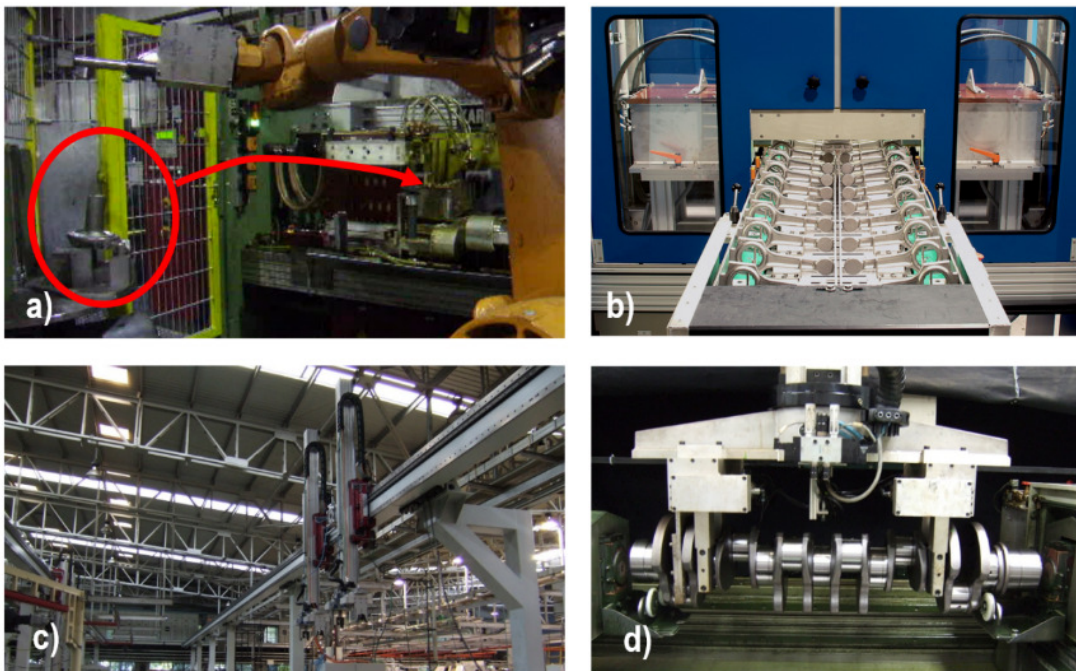


Abb. 4. Automatisierter Bauteil-Transport. a) Beladung einer Prüfmaschine für LKW-Achsschenkel mit Roboter, b) Prüfmaschine mit Kettentransport und zur Prüfung von vier Pleueln pro Takt, c) Portalbeladesystem für LKW-Kurbelwellen. Die Greifer fahren immer paarweise zur Beladung mit dem zu prüfenden Teil und zur Entladung mit dem geprüften Teil. d) Detailansicht der Prüfmaschine während der Beladung mit einer Kurbelwelle.

4. DEUTROFLUX-UWS-Prüfmaschinen mit Überlaufspule

Zur Qualitätssicherung der Produktion von Seilbahnkomponenten wurde kürzlich eine neue Magnetpulver-Rissprüfanlage bei der LEITNER AG in Sterzing (Südtirol, Italien) in Betrieb genommen. Kurze Prüfteile werden wie in einer normalen Zweikontakt-Maschine geprüft. Hierzu wird ein Längsstrom in das Bauteil zur Detektion von Längsrissen eingeleitet und zwei Feldspulen an den Einspannstellen dienen der Detektion von Querfehlern. Prüfteile mit einer Spannlänge oberhalb von 900 mm werden mit einer Überlaufspule geprüft. Somit wurden zwei Magnetisierkonzepte innerhalb derselben Maschine realisiert. Eine weitere Kundenforderung bestand in der Möglichkeit, auch komplex geformte Bauteile im gespannten Zustand zu drehen. Diese Anforderung stellte für die KARL DEUTSCH-Konstruktionsabteilung bei der großen Bauteil-Vielfalt eine besondere Herausforderung dar.



Abb. 5. MT-Prüfung von Seilbahn-Komponenten bei der Firma LEITNER in Sterzing, Italien.

Ein weiteres Beispiel zur Prüfung von schweren Bauteilen (bis 500 kg) zeigt das folgende Beispiel. Die Firma DESTEC produziert Rohrleitungs-Klemmsätze und prüft diese mit Hilfe der MT. Für eine effiziente Beladung per Kran hat das Dach der Prüfkabine entsprechende Aussparungen. Auch in dieser Prüfanlage können die Bauteile im gespannten Zustand motorisch gedreht werden und allseitig effizient betrachtet werden. Die Bewertung erfolgt mit einer flexibel zu positionierenden UV-LED-Großflächenleuchte. Der linke Kontakt ist feststehend, während der rechte Kontakt motorisch verfahren und pneumatisch geklemmt wird. Die Spannweiten sind im MEMORY-Parameterspeicher bauteilspezifisch abgelegt.



Abb. 6. MT-Prüfung von Rohrleitungs-Klemmsätzen bei der Firma DESTEC in Washingborough, UK.

5. Lineare PT-Prüfanlage für Motorkomponenten aus Edelstahl

Edelstahl-Schmiedeteile aus dem Automobilbereich sollen mit hoher Reproduzierbarkeit auf Oberflächenrisse geprüft werden. Alle Prozessschritte laufen dabei vollautomatisch ab. Die Bauteile werden mit Hilfe von Werkstückträgern transportiert, die für je 10 Teile ausgelegt sind. Ein großer Vorteil der Anlage ist das neue Konzept, bei dem (bis auf das Tauchbecken) alle Stationen in einer Arbeitshöhe liegen. Das ermöglicht den Wegfall vieler Hübe und die Realisierung eines relativ einfachen Transportkonzepts.

Der Maschinentakt beträgt jeweils drei Minuten. Prozessschritte, die länger brauchen, werden an den entsprechenden Stationen gepuffert. Eindringvorgang und Entwicklung laufen so jeweils über drei Maschinentakte ab. Für die Prüfung wird fluoreszierendes Eindringmittel verwendet.

Die Zwischenreinigung erfolgt in einem Tunnel mit vielen ringförmig angeordneten Wasserdüsen, die mit definiertem Druck arbeiten. Um auch den Umweltschutz zu berücksichtigen, wird das anfallende Waschwasser in einer Filterkolonne auf Aktiv-Kohle-Basis soweit regeneriert, dass es erneut für die Zwischenreinigung verwendet werden kann. Um einen möglichst kontinuierlichen Prüfbetrieb zu gewährleisten, wurde die Filterkolonne doppelt ausgelegt.

Nach einer Puffer-Station wird mit Warmluft getrocknet. Der Trockenentwickler wird mit Hilfe einer Wirbelkammer aufgebracht, d. h. in einen gefüllten Prüfmitteltrichter unterhalb der Bauteile wird definiert Druckluft eingebracht, und die Prüfteile werden gleichmäßig bestäubt. Die allseits geschlossene Kammer verhindert einen Austrag des Trockenentwicklers. Im Anschluss erfolgt die Ausgabe der Teile zur manuellen Betrachtung unter UV-Licht.



Abb. 7. Gesamtansicht einer vollautomatischen KD-Check-Prüfanlage für Schmiedeteile (aus Gründen der Geheimhaltung sind die Original-Prüfteile nicht im Bild zu sehen).

6. Ovale PT-Prüfanlage für Radträger aus Aluminium mit Kranbahn

Diese Eindring-Prüfanlage weist einen besonders hohen Durchsatz von 4500 Bauteilen pro Tag auf. Fast alle Stationen der Prüfanlage sind daher doppelt ausgelegt. Zu prüfen sind geschmiedete Radträger aus Aluminium. Zuerst werden die vorgereinigten Bauteile in Werkstückträger für je 24 Teile eingehängt, worin sie während der gesamten Prüfung bis hin zur Auswertung verbleiben. Die Werkstückträger werden an Laufkatzen hängend entlang einer ovalen Kranbahn gefahren. Neun Laufkatzen sind insgesamt an der Kranbahn aufgehängt, die über der gesamten Anlage montiert ist.

Um die Arbeitsschritte zu starten, werden die Werkstückträger in die Aufnahmen der jeweiligen Stationen eingehängt. Über einen Näherungs-Sensor erkennt die Anlage, dass die Station beladen ist und startet den jeweiligen Arbeitsschritt. Es wird mit fluoreszierenden Prüfmitteln gearbeitet. Die Prüfmittelbecken werden auf Füllstand und Temperatur überwacht. Nach der Zwischenreinigung über Wasserdüsen wird ein Trockenentwickler elektrostatisch aufgebracht. Die Auswertung erfolgt unter UV-Licht mit Hilfe von UV-LED-Handleuchten.



Abb. 8. Gesamtansicht einer halbautomatischen KD-Check-Prüfanlage mit ovaler Kranbahn (die Original-Prüfteile dürfen nicht gezeigt werden).

Referenzen

- [1] V. Deutsch, W. A. K. Deutsch, W. Morgner, V. Schuster, R. Wagner, M. Vogt, F. Bartholomai: Magnetpulver-Rissprüfung - Grundlagen und Praxis, Castell Verlag Wuppertal, 256 Seiten, 2012.
- [2] V. Deutsch, M. Vogt, M. Platte, V. Schuster: ZfP Kompakt und Verständlich, Band 3: Die Magnetpulver-Rissprüfung, Castell Verlag Wuppertal, 55 Seiten, 1999.
- [3] W. A. K. Deutsch, W. Weber, V. Schuster, F. Bartholomai, O. Josek, R. Wagner, O. Goerz: Stand der Technik bei der Magnetpulver-Rissprüfung, Seminar des DGZFP-FA-OFR, Kassel, 2015.
- [4] V. Deutsch, M. Vogt, M. Platte, V. Schuster: ZfP Kompakt und Verständlich, Band 9: Prüfung auf Oberflächenrisse nach dem Eindringverfahren, Castell Verlag Wuppertal, 33 Seiten, 1999.
- [5] S. Robens, R. Wagner, O. Goerz, W.A.K. Deutsch: Automatisierte, fluoreszierende Eindringprüfung an Serienkomponenten mit hohem Durchsatz und hoher Prozesssicherheit, DACH-Tagung Salzburg, 2015.