

Magnetpulver-Rissprüfung an Eisenbahn-Komponenten

Wolfram A. Karl DEUTSCH*, Frank BARTHOLOMAI*

* KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Otto-Hausmann-Ring 101, 42113 Wuppertal, Tel.: (+49-202) 7192-0, Fax: (+49-202) 714-932, info@karldeutsch.de, www.karldeutsch.de

Kurzfassung. Sowohl während der Neufertigung von Wellen als auch bei der Revisionsprüfung in den Werkstätten der Eisenbahngesellschaften kommt der Magnetpulver-Rissprüfung eine wichtige Rolle zu.

In fünf Betrieben der Deutsche Bahn AG werden Anlagen zur Wellenprüfung eingesetzt. Die Wellen sind in diesen Fällen schon überarbeitet und werden vor dem erneuten Zusammenbau der Radsätze auf Oberflächenrisse inspiziert. Die Prüfung auf Längsfehler erfolgt mittels einer Ringfeld-Magnetisierung, welche über eine Stromdurchflutung aufgebaut wird. Die Prüfung auf Querfehler wird mit einer Überlaufspule durchgeführt, die aus Taktzeitgründen in beide Richtungen fahren, bespülen und magnetisieren kann. Eine automatisierte Spannweitenverstellung ist als Option verfügbar.

Bei der Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH wurde eine Maschine für geschmiedete Räder und Radreifen erfolgreich installiert. Für die Magnetisierung der Räder kommt eine Hochstromspule zum Einsatz. Durch eine Kombination aus Spule und Jochpaar ist es bei Radreifen möglich, Risse aller Orientierungen zu prüfen. In beiden Fällen wird eine vollständige Drehung des Bauteils durchgeführt, um die gesamte Oberfläche zu erfassen. Die Beladung der Maschine erfolgt über einen Kran.

Weitere Projekte zu folgenden Bauteilen sind kürzlich realisiert worden:

- Schubstangen von Dampflokomotiven
- große Eisenbahnfedern
- Radsätze (Welle und Räder in montiertem Zustand)
- Blattfedern - Schrauben und Bolzen

1. Einführung

Sowohl während der Neufertigung von Bauteilen als auch bei der Revisionsprüfung in den Werkstätten der Eisenbahngesellschaften kommt der Magnetpulver-Rissprüfung eine wichtige Rolle zu. Nicht in allen Fällen ist der Durchsatz ausreichend hoch, um den Einsatz einer stationären Rissprüfanlage zu rechtfertigen. In diesen Fällen und gerade für viele geschweißte Bauteile kommen mobile Geräte (Handjoch oder Stromerzeuger) zum Einsatz.



Bild 1. Mobile Magnetpulver-Rissprüfung mit Handjoch bei der Deutsche Bahn AG in Krefeld

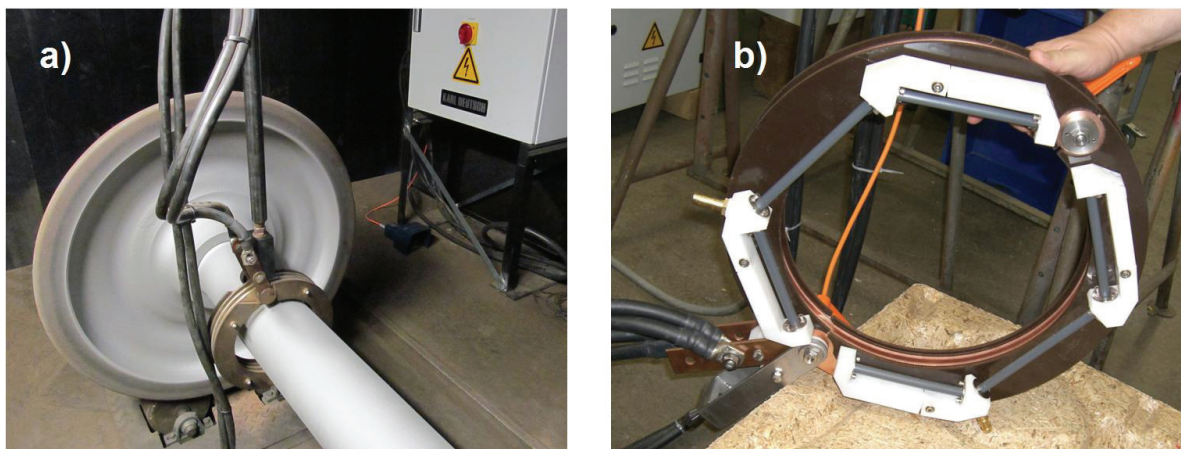


Bild 2. Klappspule und Stromerzeuger zur Wellenprüfung, a) bei Fa. Franz Kaminski Waggonbau GmbH und b) Spulenbauform mit integrierter Bespülung bei der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH in Paderborn

Im folgenden Text werden Anlagen zur Rissprüfung diverser Eisenbahn-Bauteile vorgestellt: Wellen, Federn, Radsätze, Stabilisatoren, Räder, Radreifen und Schubstangen von Dampflokomotiven.

2. Rissprüfung von Radsatzwellen

In bisher fünf Betrieben der Deutsche Bahn AG werden DEUTROFLUX-Anlagen zur Wellenprüfung eingesetzt. Die Wellen sind in diesen Fällen schon überarbeitet und werden vor dem erneuten Zusammenbau der Radsätze auf Oberflächenrisse inspiziert. Die Prüfung auf Längsfehler erfolgt mittels einer Ringfeld-Magnetisierung, welche über eine Stromdurchflutung aufgebaut wird. Die Prüfung auf Querfehler wird mit einer Überlaufspule durchgeführt, die aus Taktzeitgründen in beide Richtungen fahren, bespülen und magnetisieren kann. Die Betrachtung der Wellenoberfläche wird über eine motorisierte Drehrollenaufgabe deutlich vereinfacht. Eine automatisierte Spannweitenverstellung, eine Anbindung der Prüfanlage an das übergeordnete EDV-System und eine automatisierte Überwachung des Prüfmittels mit dem patentierten FLUXA-Control sind u.a. als Optionen verfügbar und im Werk Wittenberge auch realisiert.



Bild 3. Prüfung von Eisenbahnwellen bei der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Werk Krefeld

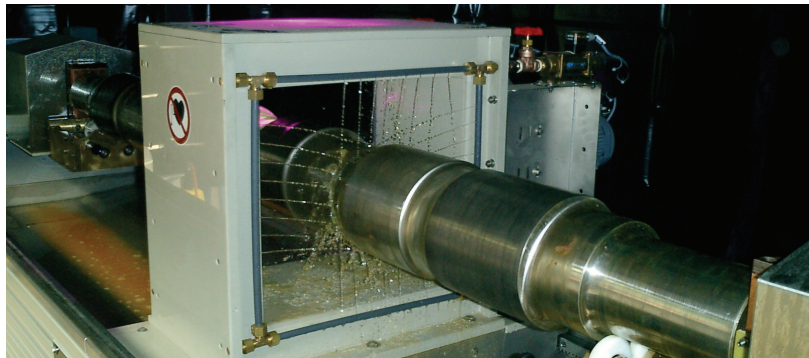


Bild 4. Prüfung einer Eisenbahnwelle mit Überlaufspule



Bild 5. Motorisierte Drehvorrichtung zur Betrachtung der Welle unter UV-Licht. Die UV-Leuchte wird leichtgängig in die richtige Prüfposition gebracht

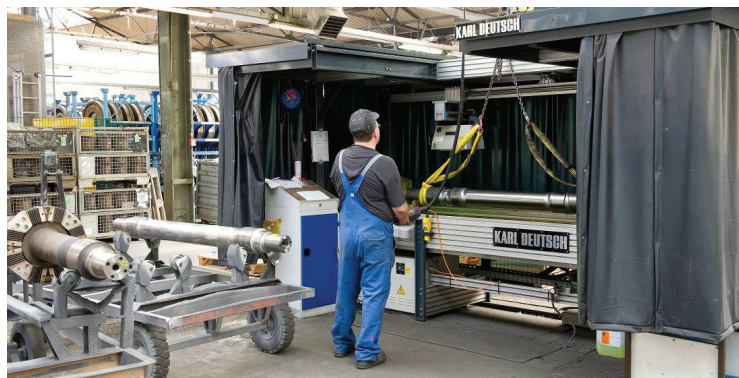


Bild 6. Das Dach der Prüfkabine kann zur Be- und Entladung per Kran pneumatisch geöffnet werden. Die UV-Leuchte fährt dabei pneumatisch nach hinten in die Sicherheitsposition

3. Prüfung von Eisenbahnwellen und Federn mit derselben Prüfanlage

In Netphen bei Siegen werden seit mehr als 100 Jahren maßgeschneiderte Drehgestell-Lösungen für den nationalen und internationalen Schienenverkehr produziert. Nach der Übernahme durch BOMBARDIER im Jahr 2001 wurde der Standort zum weltweiten Kompetenzzentrum für Drehgestelle ausgebaut. Siegen ist außerdem Hauptsitz des Geschäftsbereichs Drehgestelle, der sich weltweit auf insgesamt acht Standorte erstreckt. Das FLEXX-Drehgestell-Portfolio bietet branchenweit die größte Auswahl an technisch ausgereiften Drehgestell-Lösungen und deckt die gesamte Bandbreite an Schienenfahrzeugen ab. Neben Fahrwerkslösungen wird ein umfassender Service über die Lebensspanne der FLEXX-Drehgestelle angeboten.



Bild 7. FLEXX-Drehgestell

Zur Erweiterung des Service-Angebots und zur vorbeugenden Instandhaltung an Drehgestellen bestand der Bedarf an einer Magnetpulver-Rissprüfanlage, um die verschiedenen Komponenten des Drehgestelles effizient und sicher auf Rissfreiheit überprüfen zu können. Hierzu zählen neben den Radsatzwellen auch Federn, Radsatzlenker, Motorpendel, Stabilisatoren und andere Bauteile. Die Prüfanlage musste also möglichst flexibel ausgelegt werden.

Insbesondere der Wunsch, auch Federn auf der Anlage prüfen zu können, stellte wegen der komplett anderen Art der Magnetisierung eine Herausforderung dar. Die Prüfaufgabe konnte mit einer Maschine vom Typ DEUTROFLUX UWS 3000 in Sonderausführung gelöst werden. Die Einspannlänge beträgt bis zu 3 m und durch eine Umklemmvorrichtung kann zwischen Wellen- und Federprüfung gewechselt werden. Achsen und andere längliche Bauteile des Drehgestells werden kombiniert auf Längsrisse (mit Stromdurchflutung) und auf Querrisse (mit Felddurchflutung mittels Überlaufspule) geprüft.

Zur Federprüfung wird ein zusätzlicher Stromdorn aus Kupfer in die Anlage eingebaut, der als Hilfsleiter dient. Während der Federprüfung fließt ein Prüfstrom direkt durch den Draht der Feder, während der zweite Prüfstrom durch den Kupferdorn fließt, der zentral in der Feder steckt. Da die beiden Ströme zueinander phasenversetzt sind, ergibt sich so auch die Möglichkeit der kombinierten Prüfung auf Risse aller Richtungen in einem Prüftakt. Die Bespülung der Bauteile erfolgt in allen Fällen mit Ringduschen, die beidseits an der Überlaufspule angebracht sind.

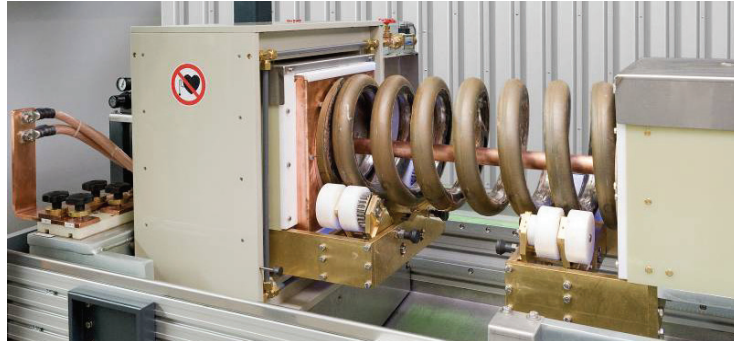


Bild 8. Federprüfung mit zwei phasenversetzten Strömen (Stromselbstdurchflutung und Stromdorn)



Bild 9. Umklemmvorrichtung zur alternativen Prüfung von Federn und sonstigen Bauteilen

Die Maschine wurde außerdem mit dem DEUTROFLUX MEMORY-Parameterspeicher ausgestattet, welcher über einen Siemens-Touchscreen bedient wird. Hierdurch werden alle Prüfparameter (z.B. Ströme und Felder) bauteilspezifisch gespeichert, gesteuert, überwacht und protokolliert. Die Prüfprotokolle können z.B. am Schaltschrank über einen USB-Anschluss ausgelesen werden. Auf diese Weise erhält man ein wichtiges Dokument, welches alle relevanten Parameter der Prüfung festhält.

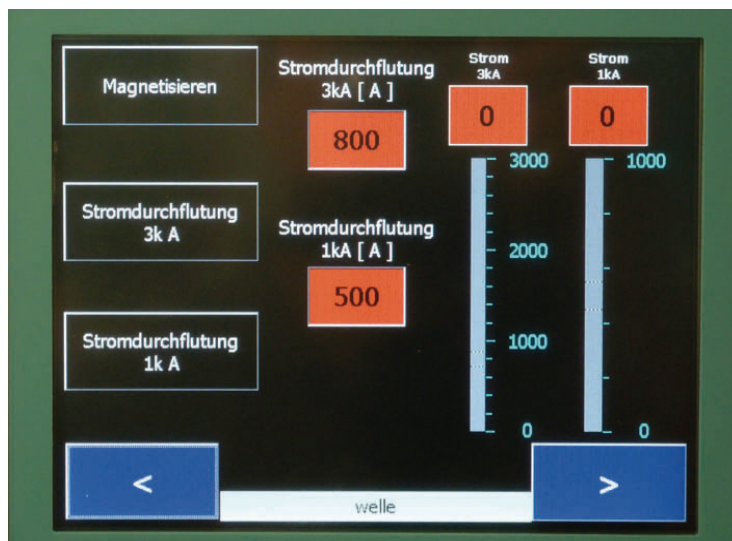


Bild 10. DEUTROFLUX MEMORY-Parameterspeicher

4. Prüfung von Radsätzen

In manchen Fällen soll der Radsatz in montiertem Zustand geprüft werden. Die Prüfung der Räder erfolgt dann über Hochstromspulen in einem separaten Prüfvorgang. Hierbei kann entweder das Hochstrom-Aggregat der Prüfmaschine oder ein separater Stromerzeuger verwendet werden. Die Wellenoberflächen werden dann (soweit zugänglich) zusammen mit allen Anbauteilen (Räder, Bremscheiben, Getriebe) geprüft.

Hierzu könnten Spulen auf die Wellenenden gefahren werden und Klappspulen für den Mittenbereich zu Einsatz kommen. Schneller ist der Einsatz einer großen Überlaufspule. Durch Feldstärkemessungen konnte verifiziert werden, dass die erforderlichen Feldstärkewerte in beiden Richtungen trotz des ungünstigen Füllfaktors (kleine Welle in großer Spule) sicher erreicht werden.



Bild 11. Prüfung von Eisenbahnwellen mit montierten Rädern

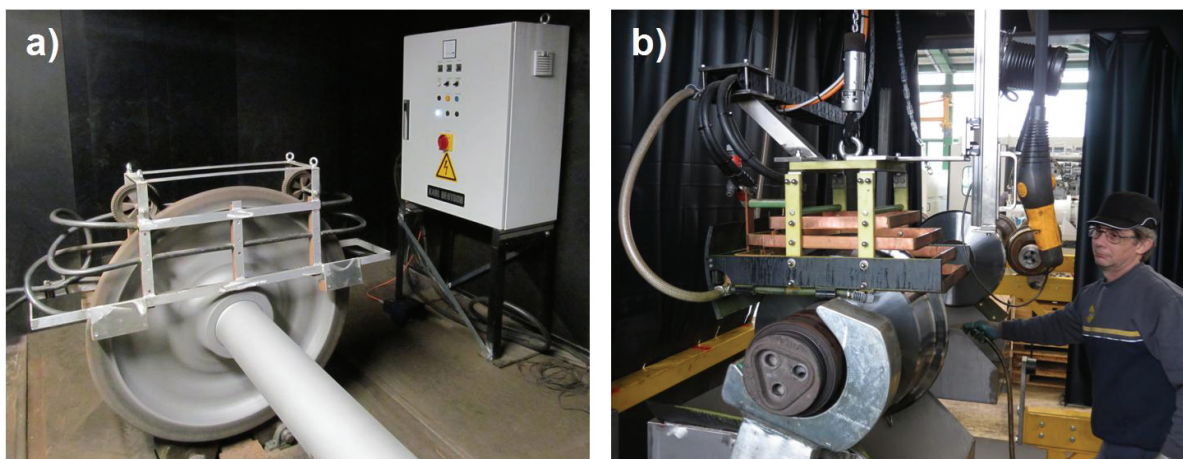


Bild 12. Prüfung der Bahnräder mit einer Hochstromspule außerhalb der Prüfmaschine, **a)** Spulenbauform für große Räder bei Fa. Franz Kaminski Waggonbau GmbH in Hameln, **b)** Spulenbauform für Radsätze mit kleinen Raddurchmessern bei RALpin in der Schweiz (Radsätze für die „rollende Autobahn“)

5. Prüfung von Stabilisatoren

In diesem Beispiel sind nur die Schweißnähte an den Enden der Bauteile zu prüfen. Daher kann trotz einer Bauteillänge von ca. 1,5 m mit der konventionellen Jochmagnetisierung gearbeitet werden. Neben einem entsprechend verlängerten Maschinengestell wurde eine spezielle Werkstückaufnahme vorgesehen, mit der die Bauteile pneumatisch um 60° gedreht werden können. Hierdurch wird eine komfortable Betrachtung der Schweißnähte gewährleistet. Die Be- und Entladung der Prüfanlage erfolgt per Kran. Das Kabinendach und die UV-Leuchte werden dafür pneumatisch in die Sicherheitsposition verfahren.

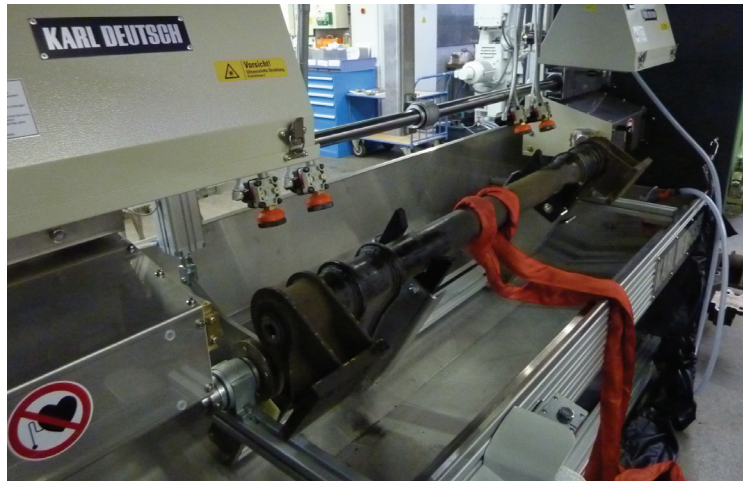


Bild 13. Schweißnahtprüfung an Stabilisatoren bei der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Werk Wittenberge

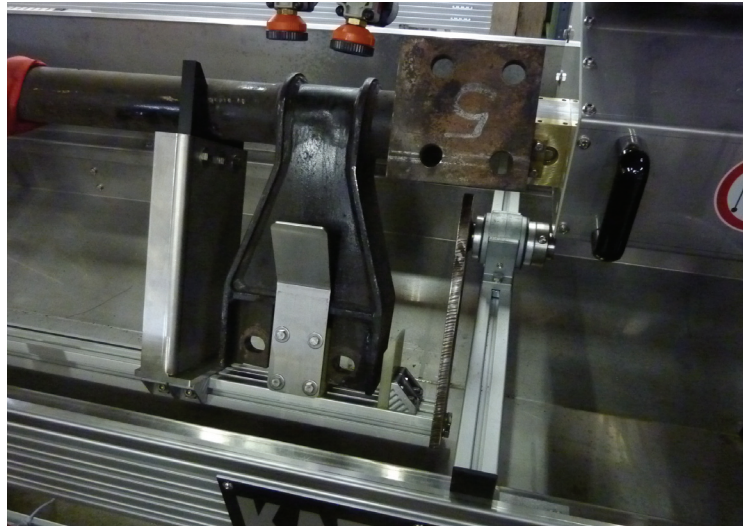


Bild 14. Schweißnahtprüfung an den Bauteilenden von Stabilisatoren

6. Prüfung von Rädern und Radreifen

Bei der Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH wurde eine Maschine für geschmiedete Räder und Radreifen erfolgreich installiert. Für die Magnetisierung der Räder kommt eine trapezförmige Hochstromspule zum Einsatz. Bei Radreifen ermöglicht eine Kombination aus Spule und Jochpaar, Risse aller Orientierungen zu detektieren. In beiden Fällen wird eine vollständige Drehung des Bauteils durchgeführt, um die gesamte Oberfläche zu erfassen. Die Beladung der Maschine erfolgt über einen Kran.



Bild 15. Kranbeladung der Prüfmaschine für Räder und Radreifen bei der Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH

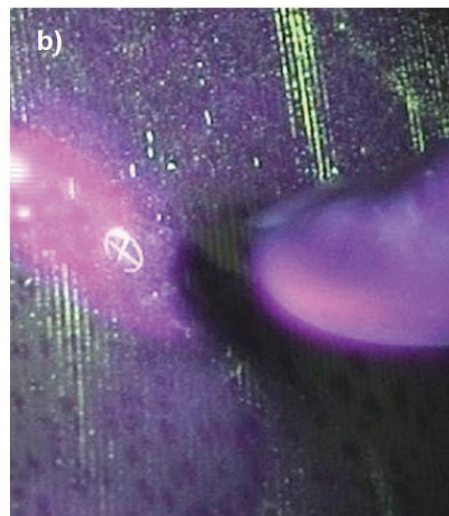
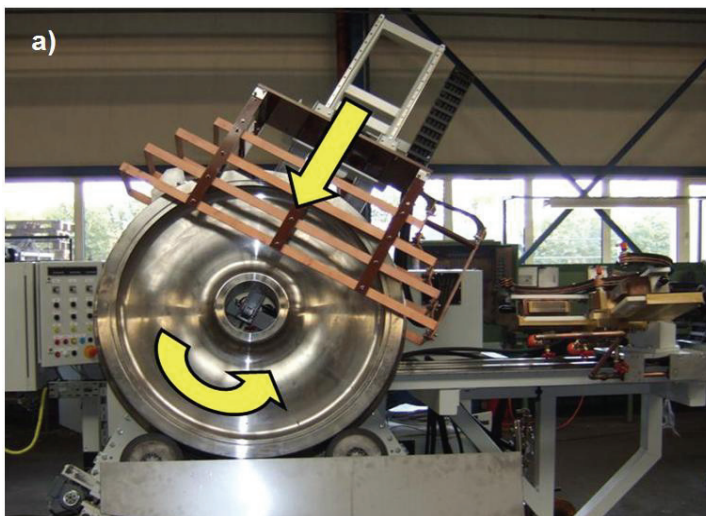


Bild 16. Prüfung eines Eisenbahnrades, a) das zu prüfende Rad wird innerhalb der Hochstromspule gedreht, b) Bauteile mit künstlichen, erodierten Fehlstellen dienen der Überwachung des Prüfprozesses

7. Prüfung von Schubstangen

Als letzte „exotische“ Anwendung soll eine Maschine erwähnt werden, die im einzigen deutschen Reparaturwerk für Dampflokomotiven seit 2008 zum Einsatz kommt. Schubstangen mit einer Länge von bis zu 4,2 m (aber auch viele andere Teile) werden in dieser Anlage geprüft. Zur allseitigen Betrachtung können die Bauteile in gespanntem Zustand motorisch gedreht werden.

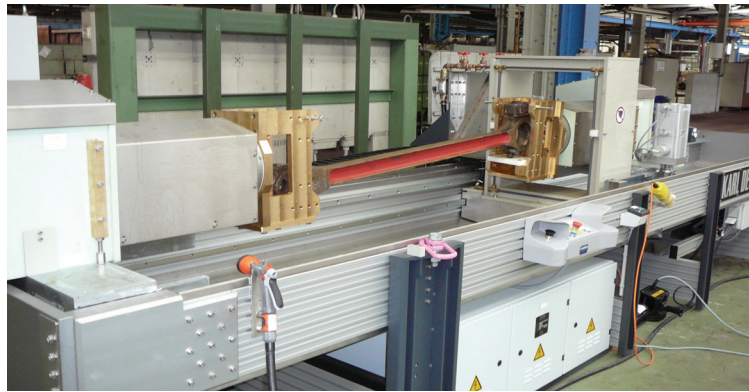


Bild 17. Prüfung von Schubstangen mit Überlaufspule im Dampflokwerk Meiningen

Referenzen

Im Jahr 2012 konnte die zweite Ausgabe des einzigen deutschsprachigen Standardwerks zur Magnetpulver-Rissprüfung fertiggestellt werden.

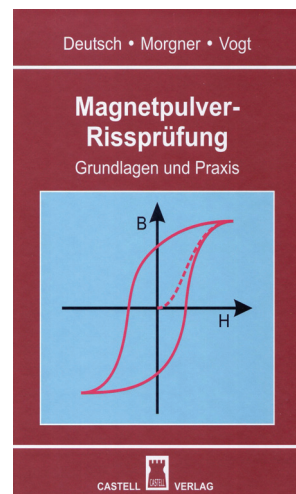


Bild 18. Neues Fachbuch zur Magnetpulver-Rissprüfung

- [1] V. Deutsch, W. Morgner, M. Vogt: Magnetpulver-Rissprüfung – Grundlagen und Praxis, Castell-Verlag Wuppertal, 256 Seiten, 2012.
- [2] V. Deutsch, M. Vogt, M. Platte, V. Schuster, W. Deutsch: Die Magnetpulver-Rissprüfung, Band 3 aus der Reihe *ZfP kompakt und verständlich*, Castell-Verlag Wuppertal, 59 Seiten, 2. Auflage, 2010.
- [3] W. Deutsch, F. Bartholomai, D. Herkenrath: DEUTROFLUX MEMORY-Parameterspeicher für komplexe Magnetpulver-Rissprüfmaschinen, Beitrag zur DGZfP-Jahrestagung in Münster, Mai 2009.