

# Magnetisierung mit einer Halbkreissspule/Magnetisierungsbügel – Prüfung einer Radsatzwelle mit/ohne montierten Rädern oder Wellenbremsscheiben auf Querrisse

Frank GABRIEL<sup>1</sup>, Rainer LINK<sup>2</sup>, Nathanael RIESS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH Werk Neumünster, Neumünster

<sup>2</sup> Unternehmensberatung Dr. Rainer Link, Kerpen

<sup>3</sup> Helling GmbH, Heidgraben

## Kurzfassung

Die Prüfung von Radsatzwellen in der Eisenbahninstandhaltung kann zum Nachweis von Querrissen normgerecht mit der Ultraschallprüfung und der Magnetpulverprüfung durchgeführt werden. Bei letzterer kommen Magnetpulverprüfbänke und Klappspulen zum Einsatz. Die Klappspulen sind als Vollkreissspulen ausgeführt, deren Einsatz eine zusätzliche Belastung des Prüfpersonals bedeutet.

Das Ziel dieser Entwicklung bestand nun darin, die Magnetpulverprüfung der Achswellen für den Prüfer einfacher in der Handhabung zu gestalten, so dass eine sowohl flexible als auch für einen schnellen Ablauf geeignete normgerechte Prüfung erlaubt wird.

Die hier beschriebene Prüfanlage besteht aus einer halbkreisförmigen Spule, die aus zwei nebeneinander liegenden stromführenden Leitern besteht, die mit Wechselstrom betrieben werden. Die Radsatzwelle wird drehbar in einem Aufnahmegeßtel gelagert. Das MT-Prüfsystem wird dabei von oben berührungsfrei über den zu prüfenden Abschnitt der Welle gesetzt. Es kann linear auf den freien Bereichen zwischen den montierten Bremsscheiben geführt werden.

Ein Entwicklungsproblem bestand darin, die Stromzuführungen und die zur Magnetisierung des Prüfstückes beitragenden Leiter so anzuordnen, dass eine optimale Magnetisierung im Werkstück erreicht wird und gleichzeitig die Führung entlang der Achswelle nicht behindert wird.

Die erforderlichen Ströme und die Anzahl der stromführenden Leitungen wurden zunächst für die Oberflächen der zu prüfenden Radsatzwelle berechnet und nach Aufbau der Prüfeinheit gemessen.

Die berechneten und gemessenen Magnetfelder stimmten innerhalb der Messfehler sehr gut überein.



Bei einem Strom von 3.000 A werden auf dem Prüfobjekt 40 A/cm erreicht. Mit Kontrollkörpern wurde die prüfgerechte Magnetisierung des Werkstückes bestätigt.

Die Parameter der Anlage und die Ergebnisse der Prüfungen im Prüfeinsatz in der Fahrzeuginstandhaltung der DB werden im Vortrag detailliert beschrieben.

### **Einleitung**

Die Prüfung von Radsatzwellen in der Eisenbahninstandhaltung kann zum Nachweis von Querrissen normgerecht mit der Ultraschallprüfung und der Magnetpulverprüfung durchgeführt werden. Bei letzterer kommen Magnetpulverprüfbänke und Klappspulen zum Einsatz. Die Klappspulen sind als Vollkreisspulen ausgeführt, deren Einsatz eine zusätzliche Belastung des Prüfpersonals bedeutet, zudem sind konstante Prüfbedingungen nur schwer zu realisieren.

Das Ziel dieser Entwicklung bestand nun darin, die Magnetpulverprüfung der Radsatzwellen für den Prüfer einfacher in der Handhabung zu gestalten, so dass eine sowohl flexible, als auch für einen schnellen Ablauf geeignete, normgerechte Prüfung erlaubt wird.

### **Bisherige Prüfdurchführung**

Die Prüfung einer Radsatzwelle mit montierten Wellenbremsscheiben erfolgte bisher in der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH Neumünster durch Magnetpulverprüfung mit Klappspulen.

Diese sind in verschiedenen Größen, angepasst an das Prüfproblem, erhältlich (Abb. 1).



Abb. 1: Klappspulen (Fa. Helling)

Ein Schnellverschluss erlaubt das sichere Auf- und Zuklappen der Spule. Die Prüfbereiche sind in Abb. 2 dargestellt.

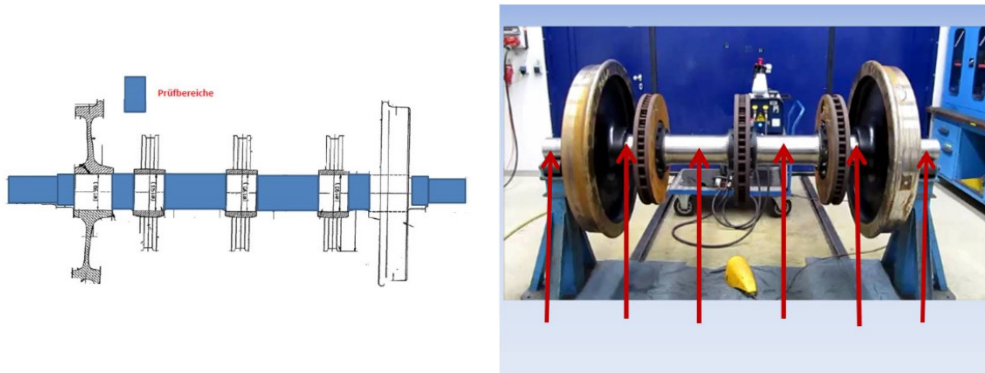


Abb. 2: Prüfbereiche freiliegender Wellenschaft; links blau eingefärbt; rechts mit Pfeilen markiert

Trotzdem bedeutet die Prüfung eine ergonomische Belastung für das Prüfpersonal, da in jedem Prüfbereich die Klappspule angelegt werden muss, zudem ist eine Unfallgefahr durch Kabelführung und Fußschalter gegeben.

Hinzu kommt ein erheblicher Zeitbedarf. Nach Prüfdurchführung der bis zu 8 obenliegenden Prüfbereiche wird der Radsatz um  $180^\circ$  gedreht und die verbleibenden Prüfbereiche werden geprüft. Dafür sind insgesamt bis zu 16 Magnetfeldmessungen notwendig.

### **Entwicklungsziel**

Das Ziel dieser Entwicklung bestand nun darin, die Magnetpulverprüfung der Radsatzwellen für den Prüfer einfacher in der Handhabung zu gestalten, so dass eine sowohl flexible als auch für einen schnellen Ablauf geeignete normgerechte Prüfung erlaubt wird.

### **Planungsphase**

Die Prüfanordnung sollte mittels einer halbkreisförmigen Spule, einem Bügel, erreicht werden, die von oben an die Radsatzwelle positioniert wird (Abb. 3).



Abb. 3: Schematische Darstellung

Dabei mussten folgende Fragen geklärt werden:

- Können mit einem Magnetisierungsbügel die gemäß Prüfnorm erforderlichen Magnetfelder von  $H > 20 \text{ A/cm}$  erreicht werden und, falls möglich, mit welcher Anzahl von Stromführungen?
- Wie sind die Stromzuführungen und optimal zu gestalten, so dass sie das erzeugte Magnetfeld nicht schwächen?
- Wie muss eine sichere und reproduzierbare Handhabung aussehen?



Abb. 4: Kabelführung

In mehreren Testläufen wurde die Halbkreis-spule optimiert. Die Kabelführung im Bereich der Spule erforderte besondere Aufmerksamkeit (Abb.4).

Das Magnetfeld in einem Halbkreisbügel kann näherungsweise mit der Gleichung

$$N \cdot I = 4 \cdot H_z \cdot \sqrt{R^2 + z^2}^{3/2} / R^2$$

berechnet werden. Geht man von einem Radius  $R=12,5$  cm und einem erreichbaren Feld von  $30$  A/cm aus, so ergibt sich die in Abb. 5 gezeigte Abhängigkeit der Ampere-Windungszahl vom Abstand  $z$  der Mitte der Spulenebene.

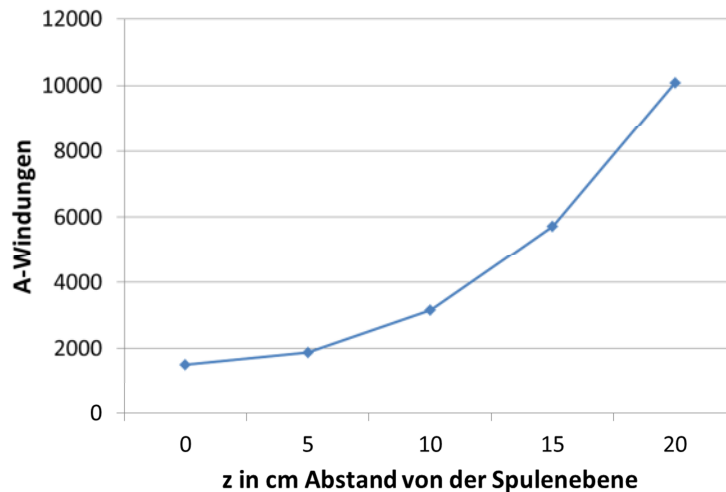


Abb. 5: Ampere-Windungszahl in Abhängigkeit vom Abstand  $z$  von der Spulenmitte für  $H=30$  A/cm und  $R=12,5$  cm

Bis zu einem Abstand von  $z=15$  cm ergibt sich ein Magnetfeld  $H>30$  A/cm bei  $N \cdot I=5.700$  A-Windungen. Für ein Magnetfeld von  $H>20$  A/cm ergibt sich für die gleiche Ampere-Windungszahl ein Faktor  $2/3$  zu den dargestellten Werten. Es wird ein H-Magnetfeld  $H>20$  A/cm bei  $z<22,5$  cm (in beiden Richtungen von der Spulenmitte) erreicht bei  $5.700$  Ampere-Windungen.

Zum Vergleich wurde auch die Anforderung der Norm ASTM E1444 M-12 herangezogen. Für eine nahezu vollständige Füllung des Spulenkörpers durch das Prüfobjekt ergibt sich für die Ampere-Windungszahl als Funktion des Verhältnisses der Prüfobjektlänge zum Spulendurchmesser die folgende Graphik (Abb. 6).

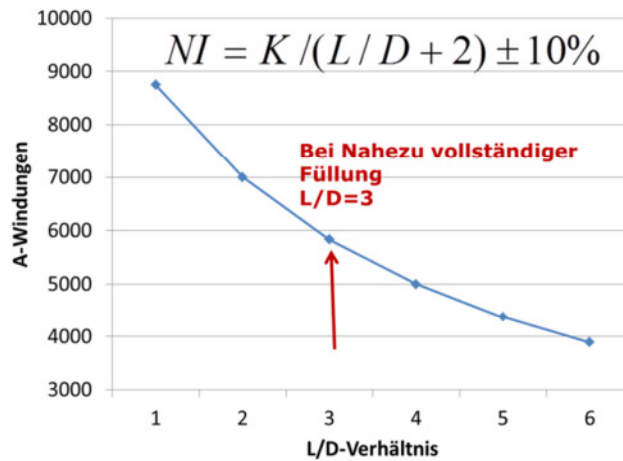


Abb. 6: Amperewindungszahl als Funktion von L/D gemäß ASTM E144 M-12 bei nahezu vollständiger Füllung

Für die in der E1444 geforderte Feldgröße von ca. 24 A/cm und einer Prüfobjektlänge von L=75 cm (L/D=3) sind etwa 5.800 A-Windungen erforderlich.

Rechnung und Anforderung der Norm sind innerhalb der Unsicherheiten in der Berechnung durchaus kompatibel.

### Realisierung

An den in Abb.7 bezeichneten Messpunkten sind die geforderten Magnetfelder zu überprüfen. Die Messwerte sind in der folgenden Tabelle angegeben.

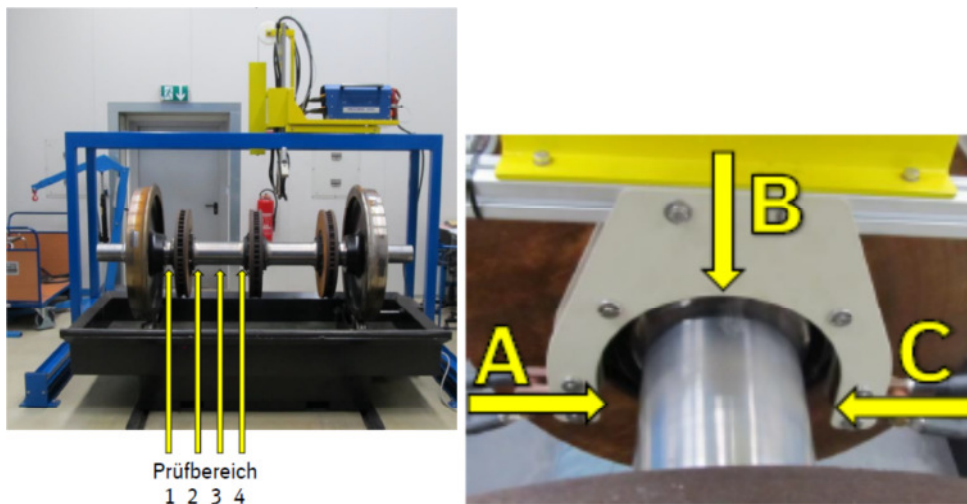


Abb. 7: Prüfbereiche und Messpunkte für die Magnetfelder; der Abstand Spule zur Oberfläche des Objektes beträgt ca. 45 mm (siehe Tabelle 1)



Tangential Feldstärkemessung			
	Messposition		
Prüfbereich	A	B	C
1	2,8 kA/m	3,1 kA/m	2,7 kA/m
2	2,3 kA/m	2,5 kA/m	2,1 kA/m
3	2,1 kA/m	2,4 kA/m	2,1 kA/m
4	2,3 kA/m	2,6 kA/m	2,2 kA/m

Tabelle 1: Gemessene Magnetfelder bei einem Strom von 2.500 A an den in Abb. 7 angegebenen Prüfbereichen und Messpositionen

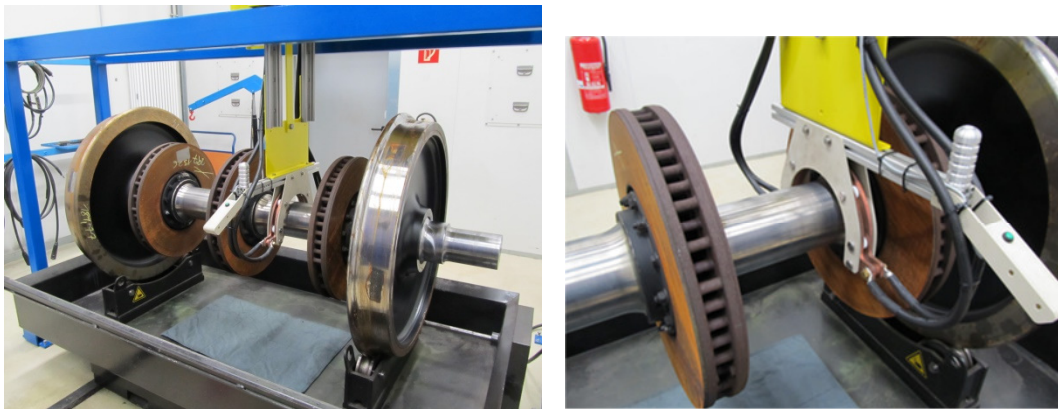


Abb. 8 a und b: Prüfanlage im Einsatz in der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Werk Neumünster

Die Handhabung der Halbkreissschleife horizontal und vertikal erfolgt über ein Portalsystem, das leicht horizontal und vertikal zu bewegen ist.

Die genaue Positionierbarkeit erlaubt es nun, bei einem Prüfzyklus über alle Prüfbereiche mit anschließender Drehung der Radsatzwelle um 180° das Magnetfeld nur einmal täglich zu messen.

Die Anlage hat eine prüftechnische Abnahme durch die ZfP-Kompetenzstelle DB Systemtechnik GmbH nach DIN 27201 T7 erhalten.

Eine stationäre (analog Abb. 8) und eine mobile Prüfeinrichtung (Abb. 9) für Applikationen oder Tests sind bei Fa. Helling vorhanden. Das Foto zeigt eine beispielhafte Lösung.



Abb. 9: Mobile Magnetpulverprüfanlage mit Halbkreissspule (Fa. Helling)

Es soll jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass jede Anwendung im hier beschriebenen Bereich der Eisenbahn-Fahrzeuginstandhaltung gemäß der gültigen DIN 27201 T7 von einer Kompetenzstelle zugelassen werden muss.