



press - press - press - press - press

### Sonderdruck – Reprint

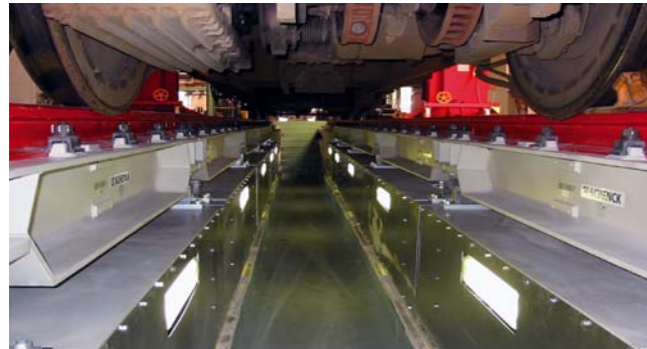


Abb. 5: Zugängliche Arbeitsgrube

Die dabei zu realisierenden Hubwege – verbunden mit den Messgenauigkeiten – verlangten nach einer präzisen Konstruktion mit hervorragenden Reproduzierbarkeitseigenschaften. Folgerichtig wurde für die Ausführung ein elektromechanisches Konzept verwendet, mit dem sich sehr reproduzierbar kraft- oder weggeregelt Arbeitspunkte anfahren lassen. Die bereits beschriebene Wägebalken-Technologie ermöglichte es, diese Ausführung, bezogen auf die Wägetechnik, vollkommen spielfrei zu realisieren. Als Vorteil erweist sich dabei, dass die Arbeitsgrube für den Betreiber zugänglich bleibt (Abb. 5).

Mit dem Radaufstandskraftprüfsystem werden automatisiert zeitgleich alle Radaufstandskräfte erfasst und dargestellt. Ein Verschieben des Prüflings (der Lok) ist nicht erforderlich. Durch Variieren des Hubes lassen sich nun zusätzlich Informationen zum Hystereseverhalten der Kraftwirkung ermitteln und berücksichtigen. Damit wiederum lassen sich aber auch Gleislageänderungen – wie sie in der Praxis permanent auftreten – simulieren und mit einer daraus abgeleiteten geeigneten individuellen „Höhenfahrt“ für jedes einzelne Rad können optimierte Radaufstandskrafteinstellungen vorgenommen werden.

Die Autoren:  
**Dipl.-Ing. Peter Palmer**, Planungsingenieur Infrastruktur DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Werk Dessau, und  
**Dipl.-Ing. Peter Groll**, Leiter Geschäftsfeld Bahn-Diagnose-Systeme der Schenck Process GmbH, Darmstadt  
peter.palmer@bahn.de; p.groll@schenckprocess.com

aus: Der Eisenbahningenieur, Ausgabe 3, März 2006

## Radaufstandskraftmesstechnik im Werk Dessau der DB Fahrzeuginstandhaltung

BV-S 2024 DE – 1000.05.06 dt. - Alle Angaben sind unverbindlich. Änderungen sind vorbehalten.



Schenck Process GmbH  
Marketing Communication  
Pallaswiesenstr. 100  
64293 Darmstadt, Germany  
T +49 61 51-15 31 29 87  
F +49 61 51-15 31 27 54  
press@schenckprocess.com  
www.schenckprocess.com

we make processes work

## Moderne Radaufstandskraftprüfsysteme reduzieren Kosten und Fehlerraten. Darüber hinaus ermöglichen neue Kraftmesstechniken reproduzierbarere Aussagen zur Radaufstandskraftverteilung, wie sie im späteren Betrieb des Schienenfahrzeuges tatsächlich auftreten.

Moderne Radaufstandskraftprüfsysteme reduzieren Kosten und Fehlerraten. Darüber hinaus ermöglichen neue Kraftmesstechniken reproduzierbarere Aussagen zur Radaufstandskraftverteilung, wie sie im späteren Betrieb des Schienenfahrzeuges tatsächlich auftreten.

Die Lage des Gleises ist für das Zusammenspiel zwischen Laufwerken und Schienen von einer entscheidenden, sicherheitsrelevanten Bedeutung. Sie ist verantwortlich für signifikante Radaufstandskraftverteilungsänderungen eines Fahrzeuges während der Fahrt und sie ist Störstelle und Anregungsquelle für das Schienenfahrzeug zugleich. Die Gleislage entscheidet damit primär wie sicher, wie schnell und wie komfortabel Personen und Güter transportiert werden können.

An das Schienenfahrzeug wird somit der einfache Anspruch gestellt, eine bestmögliche, möglichst gleichmäßige Radaufstandskraftverteilung zu gewährleisten. Hierzu werden bei der Fahrzeugherstellung und -instandhaltung die Laufwerke eingestellt und die Radaufstandskraftverteilung wird mit Hilfe von Radaufstandskraftmesseinrichtungen geprüft und bei Bedarf korrigiert.

Eine gleichmäßige Radaufstandskraftverteilung der Fahrzeuge führt aber auch zu erheblichen wirtschaftlichen Vorteilen – sowohl für den Infrastrukturbetreiber als auch für den Betreiber des rollenden Materials. Gleise und Schienenfahrzeuge werden gleichmäßiger und damit schonender belastet.

### Methoden zur Erfassung von Radaufstandskräften

Fahrzeughersteller, Betreiber von Eisenbahnverkehrsunternehmen und industrielle Unternehmen beschäftigen sich mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Methoden zur Erfassung von Radaufstandskräften. Hierbei reichen die Systeme von einfachsten, z.B. mobil einsetzbaren Messeinrichtungen bis hin zu komplexen Kombinationen aus Messgleis und Messtechnik. Grundsätzlich unterscheidet man statische und dynamische (während der Fahrt messende) Systeme. Auch die Frage, welche Lasten mindestens gleichzeitig (simultan) gemessen werden müssen (Achslasten, Drehgestelllasten oder Waggon(-segment) lasten) werden ebenso kontrovers diskutiert, wie die Frage, ob eine Messstrecke mit oder ohne Schienenspalte zum Einsatz kommen soll. Eine große Bedeutung - gerade für das Thema Genauigkeit und Zuverlässigkeit - haben auch Einflüsse, die sich aus der unmittelbaren Umgebung, wie zum Beispiel Gleislage, Temperatur, Fahrzeugantrieb usw., ergeben.

Häufig wird bei Prüf- und Einstellprozessen die Bedeutung der Messtechnik und die Anforderungen an deren Genauigkeit grundlegend unterschätzt. Oft ist zu hören: „ ... Messgenauig-

keit  $\pm x\%$  ist doch völlig ausreichend“. In der Folge werden dann solche Messsysteme und die sich daraus ableitenden Messmethoden auch entsprechend einfach (weil preisgünstig) realisiert.

Erst wenn der Faktor Geld direkt ins Spiel kommt, wenn abgerechnet wird, werden Genauigkeiten verlangt, die um den Faktor 30 bis 50 höher sind. Es ist daher sehr wichtig, sich in der Lasten-/Pflichtenheftphase mit dem Thema Genauigkeit etwas länger zu beschäftigen. Beim technischen Prüfprozess sind fast immer hohe Messgenauigkeiten und – reproduzierbarkeiten erforderlich, um den unterschiedlichen Einflussgrößen tatsächlich auf die Spur zu kommen.

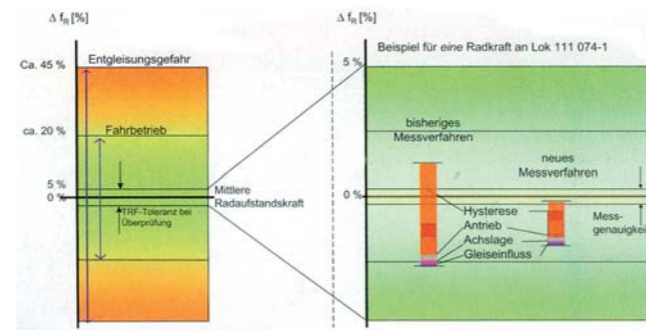


Abb. 1: Radaufstandskraftverteilung: von der Messgenauigkeit zur Entgleisungsgefahr

Abb. 1 zeigt, warum hohe Genauigkeiten bzw. die Berücksichtigung von Einflussgrößen auch bei Radaufstandskraftprüfsystemen für Schienenfahrzeuge notwendig sind. Legen Hersteller und/oder Betreiber z.B. eine Radaufstandskraft-Toleranz von  $\Delta f_r = \pm 5\%$  fest, so muss zunächst abgeschätzt werden, wie groß der natürliche Streuanteil (Summen-Reproduzierbarkeitsfehler) durch das angewandte Messverfahren selbst sein wird. Typische Reproduzierbarkeitsfehler ergeben sich z.B. durch Hystereseeigenschaften von Federn und Dämpferelementen im Fahrzeug, durch Antriebseinflüsse des Fahrzeuges oder durch die Achslage im Spurkanal sowie durch die nicht ideale Gleisgeometrie. Dies gilt für stationäre Systeme in den Werken genauso wie für feldbasierte Diagnoseanlagen. Es ist nun sinnvoll, die Messgenauigkeit für die eigentliche Kraftmessung so anzusetzen, dass der jeweilige Einzeleinfluss noch zuverlässig untersucht werden kann. In jedem Fall aber sollte die Genauigkeit der Kraftmessung mindestens fünfmal besser sein als der Summen-Reproduzierbarkeitsfehler des Messverfahrens.

### Physikalische Wirkprinzipien der Radaufstandkraftmessung

So vielfältig die Methoden, so vielfältig sind auch die Wirkprinzipien (Abb. 2), die zum Messen von Radkräften eingesetzt werden. In den zurückliegenden Jahrzehnten hat sich für hohe Nennlasten das Messprinzip mit Dehnungsmessstreifen (DMS) überall in der Wäge- und Kraftmesstechnik wegen seiner Robustheit und seinen sehr guten messtechnischen Eigenschaften durchgesetzt.

Eichfähige Messeinrichtungen sind ausschließlich mit der DMS-Technik zu finden, denn nur mit ihr lassen sich die hohen Anforderungen an Schutzart, elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Temperaturcharakteristik einer zu eichenden Einrichtung erfüllen.

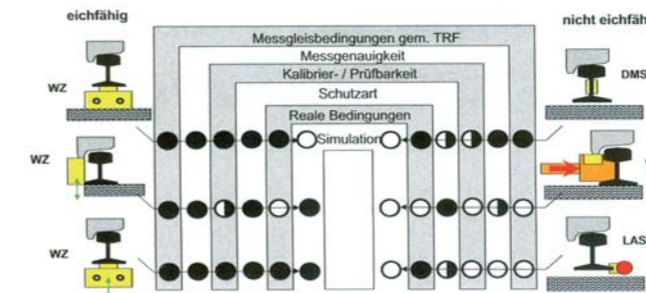


Abb. 2: Bauprinzipien marktüblicher Radaufstandskraftmesseinrichtungen

Bezüglich der konstruktiven Ausführung können die Systeme nach Abb. 2 in Spurkranz- und Laufflächen-Radaufstandskraftmesssysteme unterteilt werden. Der ideale Ort, um die Kräfte vollständig und den realen Betriebsbedingungen entsprechend zu erfassen, ist zwischen Schiene und Schwelle. Mit weiteren geeigneten Sensoren können Störeinflüsse unterdrückt werden, z.B. für den Fall, dass ein spaltfreies Mess- bzw. Wägesystem zu realisieren ist.

### Erreichbare Messgenauigkeiten

Die Kraftmess-Genauigkeiten von vielen handelsüblichen DMS-Wägezellen liegen bei typ. 1000 bis 5000 Teilen (dh. besser als 0,2 bis 1‰ Genauigkeiten). Jedoch nur bei geeigneter Adaption an den Anwendungsfall „Schiene“ werden auch Genauigkeiten in dieser Größenordnung für den realen Messbetrieb erreicht. DMS-Wägezellen reagieren sehr unterschiedlich auf kleinste Lasteinleitungs- und Lastausleitungsänderungen sowie auf die zusätzlich wirkenden parasitären Kräfte und Momente. Gerade bei den spurgeführten Gleisfahrzeugen müssen solche parasitären Anteile vom Kraftaufnehmer selbst oder von zusätzlichen Lagerelementen übertragen werden. Da solche Lagerelemente nur mit großem Aufwand eingestellt und damit praktisch nie spiel- und war-



Abb. 3: Wägebalken – direkt und spielfrei verschraubt

tungsfrei sind, haben sich „Wägebalken“ (Abb. 3) in einer besonderen Bauform für die Kraftmesstechnik unter der Schiene durchgesetzt. Sie werden direkt spielfrei verschraubt und erlauben die Übertragung aller Kräfte und Momente in einer beachtlichen Größenordnung. Dabei wird die Vertikal-kraftkomponente in jedem Fall eichfähig mit bis zu 2000 Teilen gemessen.

### Radaufstandskraftprüfsystem für Lokomotiven

Der überwiegende Teil der von der DB AG betriebenen Elektro-Lokomotiven kommt heute zu Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten in das Werk Dessau der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH. Revisionen und Bedarfsausbesserungen sowie Modernisierungen und Reparaturen von größeren Schäden werden hier an nahezu allen Baureihen durchgeführt.

Die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen eines Radaufstandskraftprüfsystems aus Sicht eines modernen Instandhaltungsbetriebes lassen sich einfach auf den Nenner „reduzierte Kosten & reduzierte Fehlerraten“ zusammenfassen. Ein Prüfsystem ist dementsprechend automatisiert und mit den hierzu gehörenden Genauigkeiten auszustatten. Idealerweise gehört zu einer modernen Prüfanlage auch ein Potenzial zu weiteren Optimierungsschritten, indem verbesserte Methoden und Technologien zum Einsatz kommen. Die Einhaltung und Erfüllung der Anforderungen aus der EBO und dem TRF Modul 0014 sind notwendige Voraussetzungen, und selbstverständlich müssen die Daten konform den Regelwerken protokolliert, gespeichert und gedruckt werden.

Die Anforderungen an das Radaufstandskraftprüfsystem waren in diesem Fall durch den Betreiber hoch gesteckt. Beim Prüfling (die jeweilige Lok) sollten jeweils alle Radaufstandskräfte simultan mit einer Messgenauigkeit besser 0,25% vom Endwert ermittelt werden, d.h. ohne ein Verschieben der Lok zwischen den Wägungen. Durch eine gezielte Änderung der Höhenposition je Rad-Messsegment, ausgehend vom Messgleis-Bezugsniveau, sollten sich Einstellveränderungen simulieren lassen. Dabei sollen Einstelländerungen in beiden Richtungen ( $\pm$ ) simuliert werden, indem die Messbrücken mit dem Prüfling auf eine höhere Messgleisebene angehoben werden.

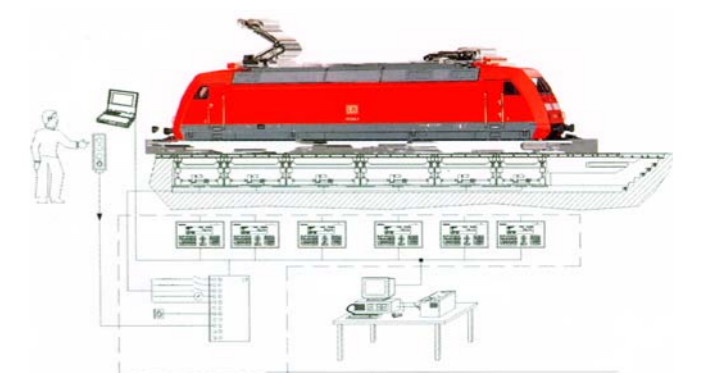


Abb. 4: Radaufstandskraftprüfsystem