

Zustandsabhängige Instandhaltung am Beispiel der Zugsbremse

Ruedi Beutler, Dipl. Ing. FH
Schienenverkehr-Beratung.ch GmbH

Internet-Publikation mit Genehmigung des Verlags Minirex AG

Jedes Bauteil und jedes System unterliegt in seinem Gebrauch dem Verschleiss und hat dadurch in der Regel eine begrenzte Lebensdauer, in der es entsprechend seines Einsatzgebietes seine Aufgabe erfüllen kann. Die Abnutzung des Rollmaterials und der Infrastruktur ist abhängig von der Nutzung und den Einsatzbedingungen. Mit hoher Verschleissfestigkeit und mit Wartung wird versucht, der Abnutzung entgegenzuwirken, um eine möglichst lange Nutzungsdauer zu erreichen.

Heutzutage wird bei der Instandhaltung meist mit fixen Wartungsintervallen, unabhängig vom Abnutzungsvorrat, gearbeitet. Wird aber der Zustand der einzelnen Systeme (Einheiten) im Lebenszyklus überwacht, statt diese mit reinen Fristarbeiten zu erneuern, erreicht man damit einen sichereren und kostengünstigeren Betrieb des Systems Eisenbahn, also von Rollmaterial und Infrastruktur. Die gezielte Beseitigung von Schwachstellen ermöglicht weitere Kosteneinsparungen. Ziel der zustandsabhängigen Instandhaltung ist somit die Kosteneinsparung aufgrund verlängerter Nutzungsdauer der Verschleisssteile – und dies bei gleicher oder gar verbesserter Sicherheit.

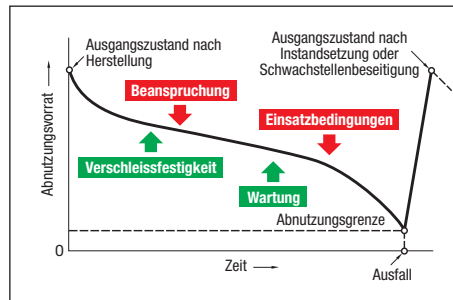
Ein guter Einstieg ins Thema der zustandsabhängigen Instandhaltung sind die Normen. So kann man vom Wissen der Fachleute, die die Normen erstellt haben, profitieren und wendet zugleich die richtigen Begriffe an.

Normen als Wegweiser zur zustandsabhängigen Instandhaltung

Die DIN-Norm 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“ definiert Begriffe und Massnahmen, die bei der zustandsabhängigen Instandhaltung wichtig sind. Die modellhafte Verschleisskurve (siehe Abbildung oben) ist typisch für den Verschleiss von mechanischen Komponenten, aber auch von Schmierstoffen. Sie kann von der Logik her auch auf die Qualität übertragen werden. Der Verschleiss respektive Ausfall von elektrischen Komponenten lässt sich damit hingegen weniger gut darstellen. Bei der Instandhaltung solcher Einheiten sind eher die durchschnittlichen Ausfallzeiten der einzelnen Komponenten hilfreich, zum Beispiel MTBF-Werte („Mean Time Between Failures“, mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen), die von den Herstellern angegeben werden.

Aus diesen Angaben, aber auch durch die Anwendung der Angaben aus DIN 31051 können die Bahnen ihre Instandhaltungsmassnahmen an Rollmaterial und Infrastruktur ableiten. Nachstehend werden die wichtigsten Begriffe dieser nicht auf Bahnanwendungen beschränkten Norm aufgelistet:

Instandhaltung: Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie Massnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.



Typische Abnutzungskurve für eine mechanische Komponente (Skizze: R. Beutler).

Wartung: Massnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats.

Instandsetzung: Physische Massnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen.

Nutzung: Bestimmungsgemässe und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Verwendung einer Einheit, wobei durch den Abbau des Abnutzungsvorrats Sach- und/oder Dienstleistungen entstehen.

(Betrachtungs-)Einheit: Teil, Bauelement, Gerät, Teilsystem, Funktionseinheit, Betriebsmittel oder System, das/die für sich allein beschrieben und betrachtet werden kann.

Abnutzung: Abbau des Abnutzungsvorrates, hervorgerufen durch chemische und/oder physikalische Vorgänge.

Abnutzungsvorrat: Vorrat der möglichen Funktionserfüllung unter festgelegten Bedingungen, der einer Einheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt.

Abnutzungsgrenze: Der vereinbarte oder festgelegte Mindestwert des Abnutzungsvorrates.

Abnutzungsprognose: Vorhersage über das Abnutzungsverhalten einer Einheit, die – ausgehend von einem Ist-Zustand dieser Einheit – mit Hilfe der Abnutzungsmechanismen aus den bekannten oder den durch zukünftige Anforderungen angenommenen Belastungen ermittelt wird.

Ausfall: Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen.

Mittels Austausch eines Bremsbelags durch einen Bremsmesseinsatz kann die Bremskraft im Stillstand gemessen werden (Foto: R. Beutler).



Schwachstelle: Einheit, bei der ein Ausfall häufiger ist, als es der geforderten Verfügbarkeit entspricht, und bei der eine Verbesserung möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.

Schwachstellenbeseitigung: Massnahmen zur Verbesserung einer Einheit in der Weise, dass das Erreichen einer festgelegten Abnutzungsgrenze mit einer Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, die im Rahmen der geforderten Verfügbarkeit liegt.

Lebenszyklus: Anzahl von Phasen, die eine Einheit durchläuft, beginnend mit der Konzeption und endend mit der Entsorgung.

Normen sind ein allgemein anerkannter Standard, den die Bahnen in ihre Konzepte, Prozesse und Tätigkeiten aufnehmen sollten und, wo vorgeschrieben, aufnehmen müssen.

Am Beispiel der Räder lässt sich eine typische Anwendung von Normen aufzeigen: Räder der neuen Fahrzeuggenerationen erreichen oftmals die bisher übliche Laufleistung nicht mehr, müssen also vorzeitig ausgetauscht werden. Das geschieht zustandsabhängig, nicht periodisch. Die Wartung der Bremssysteme hingegen erfolgt weiterhin periodisch, also in der Regel unabhängig vom Räderwechsel, und führt wegen des Drehgestellwechsels, des Fahrzeugstillstands und der Demontage der Drehgestelle zu zusätzlichen Kosten. Könnte die Wartung der Bremskomponenten bis zum nächsten Räderwechsel aufgeschoben werden, wären beträchtliche Einsparungen durch Zusammenlegen der Arbeiten möglich. Zusätzlich ergibt sich eine erhöhte Verfügbarkeit des Fahrzeugs.

Zustandsabhängige Instandhaltung der Zugsbremse

Gut funktionierende Bremsen sind Voraussetzung für einen sicheren Eisenbahnbetrieb. Der Kostendruck führt dazu, dass Betreiber und Instandhalter durch Ausdehnen und Verlängern der Wartungsintervalle Kosten einsparen müssen. Geschieht dies allein dadurch, dass die Wartung einfach weggelassen wird, können betriebsgefährliche Situationen entstehen. Wird aber der Zustand der Bremssysteme regelmässig geprüft und werden Instandhaltungstätigkeiten abgeleitet, sobald die Sollwerte nicht mehr erreicht werden, können die Wartungsintervalle ausgedehnt werden, ohne Risiken einzugehen.

Derzeit sind regelmässige Bremskraftmessungen bei den Bahnen die Ausnahme. Die täglich mehrfach durchgeführten Bremsproben im Stillstand und die Wirkungsbremsproben während der Fahrt durch die Lokomotivführer sind nur Funktionsprüfungen und zur zustandsabhängigen Instandhaltung unzureichend. Bei Zahnradbahnen sind regelmässige Bremswegmessungen durch die Aufsichtsbehörde, das Bundesamt für Verkehr (BAV), vorgeschrieben und werden durch die Bahnen mit entsprechendem Aufwand an Personal, Material, Energie und Infrastruktur (Trassen) durchgeführt. Rückschlüsse auf einzelne Bremskompo-

nenen in einem Gliederzug sind durch eine solche Messung aber nicht möglich.

Meist legt der Hersteller Fristen fest, innerhalb derer die Bremskomponenten aufgearbeitet werden müssen. Durch Probezerlegungen und optische Begutachtung wird diesen Anforderungen Genüge getan. Dieses Instandhaltungskonzept ist durch die Hersteller der Bremskomponenten geprägt und entsprechend teuer. Die Bahnen sind mit den Herstellern in einer Kundenbindung, die man nur mit dem Nachweis gleicher Sicherheit ändern darf. Werden die Bremsysteme im Betrieb überwacht, gelingt dies nachhaltig.

Die Wartung der Laufwerke (Drehgestelle) ist ein wesentlicher Kostenfaktor der gesamten Instandhaltung. Können die Drehgestelle dann aufgearbeitet werden, wenn ohnehin die voll abgenutzten Räder ausgewechselt werden müssen, sind grosse Kosteneinsparungen – bis zu fünf Prozent des gesamten Instandhaltungsaufwands – möglich. Die Messungen der Bremskräfte ermöglichen es, mit der Wartung der Bremskomponenten bis zur Aufarbeitung der Drehgestelle zuzuwarten.

Mit mobilen und stationären Bremskraftmessgeräten, zusammen mit entsprechender Diagnose-/Auswertsoftware auf den einzelnen Fahrzeugen, ist die kontinuierliche Zustandsüberwachung der Schienenfahrzeuge im Betrieb möglich.

Mobile Bremskraftprüfgeräte

Anstelle der Bremsklötze oder Bremsbeläge werden Bremsmesseinsätze eingebaut, mit denen sich die Bremskräfte im Stillstand messen lassen. Die Resultate können sodann mit den Sollwerten aus der Bremsberechnung oder der Typenzulassung auf Erfüllung geprüft werden. Diese Messsysteme, auf Basis von Komponenten der Kistler Instrumente AG, Winterthur, werden seit mehr als dreissig Jahren erfolgreich eingesetzt, zu Beginn ausschliesslich zur Qualitätskontrolle der Hersteller von Schienenfahrzeugen. Die Bahnen nutzen die Messsysteme, um die Funktionstüchtigkeit der Bremsysteme auf ihrem Rollmaterial nachzuweisen. Dieser Nachweis ergibt sich aus den Vorschriften des BAV. Der Aufwand ist gross und die Dokumentation dieser Prüfung aufwendig. Beides ist aber immer noch viel günstiger als Bremswegmessungen mit den einzelnen Fahrzeugen.

Stationäre Bremskraftmessung

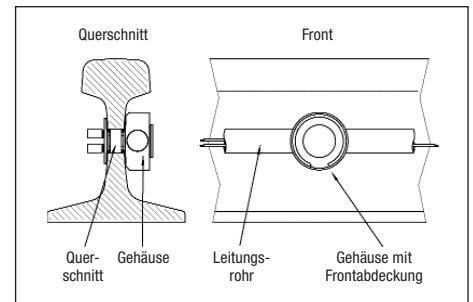
Da bremsende Schienenfahrzeuge Gegenkräfte auf beziehungsweise in den Schienen bewirken, könnten die Bremskräfte auch dort gemessen werden. Diese Messmethode ist noch in Entwicklung und ihr

Erfolg noch offen. Zur Messung werden Sensoren in die Schiene eingebaut, welche die Aufstandskräfte der Räder und die Scherkräfte im Schienensteg messen. Die Messeinrichtung würde an Stellen auf dem Streckennetz plaziert, an denen die Züge ohnehin bremsen müssen. Mit diesen beiden Werten (Gewicht und Bremskraft) lässt sich die Abbremsung der einzelnen Achsen ermitteln, was eine Aussage über die Bremsfunktionen in einem Zug zuliesse. Mit einem Sensor (Scherkraft) in den Zahnstangen von Zahnradbahnen wäre eine Aussage über die Funktion der Zahnradbremsen möglich. Durch einfache Messung könnten die Fahrzeuge ständig bezüglich des Zustandes der Bremsysteme überwacht werden.

Die Zentralbahn möchte im Rahmen der Einführung der neuen „Adler“- und „Fink“-Züge die vom BAV vorgeschriebene Bergbremsprobe vereinfachen und bezüglich ihrer Aussage verbessern. Noch in diesem Jahr sind erste Messversuche geplant.

Diagnose-/Auswertsoftware auf den einzelnen Fahrzeugen

Die Rechner auf den Triebfahrzeugen erfassen schon heute die Zuladung, den Bremszylinderdruck und die Geschwindigkeit, und sie kennen auch die aktuelle Beschleunigung beziehungsweise Verzögerung. Mit Hilfe dieser Werte kann durch Plausibilisieren und Berechnen ein grosser Teil der Bremsfunktionen überprüft werden. Auch hier können die Fahrzeuge ständig bezüglich des Zustandes der Bremsysteme über-



Mit dem in der Schiene eingebauten Kraftsensor werden die Radlasten gemessen. Mit einer um 90° gedrehten Anordnung sollen die Scherkräfte (Bremskräfte) gemessen werden (Zeichnung: Kistler Instrumente AG).

wacht werden, doch sind bislang nur wenige der möglichen Funktionalitäten umgesetzt. Entscheidender Vorteil bei neuen Fahrzeuggenerationen ist, dass Sensoren vorhanden und somit Daten verfügbar sind. Es braucht deshalb keine aufwendigen Umbauten und Nachrüstungen, um Kenngrössen erfassen zu können.

Konklusion

Die regelmässige Erfassung der wichtigsten Bremskenngrössen, die für die zustandsabhängige Instandhaltung notwendig ist, erhöht die Sicherheit des Bahnbetriebes und führt zu geringeren Instandhaltungskosten, weil der Abnutzungsvorrat an den Bremskomponenten und Rädern vollständig genutzt werden kann.



3. IHRUS-Fachtagung

Zustandsabhängige Instandhaltung von Infrastruktur und Rollmaterial

14. November 2013, 8.30 – 16.30 Uhr, Verkehrshaus Luzern

Referat: Philippe Gauderon, Leiter SBB Infrastruktur
– Herausforderungen bei der Instandhaltung von Infrastruktur

Referat: Dr.-Ing. Frank Ryll, Fraunhofer-Institut
– Zustandsabhängige Instandhaltung – Grundlagen, Lösungen, Aussichten

Referat: Dr. Renato Fasciati, Geschäftsführer zb
– Erwartungen an Ingenieure

Fachreferate, Workshop, Podiumsdiskussionen
– Zustandsabhängige Instandhaltung von Infrastruktur und Rollmaterial
– Änderung bestehender Instandhaltungsprogramme/-vorschriften
– Haftungsrechtliche Situation bei der Instandhaltung
– Instandhaltungssoftware – Erfahrungen, Anforderungen
– Ausbildung zur Instandhaltung – Bedarf, Angebot, Handlungsbedarf

Anmeldung bis 4. Oktober unter www.ihrus.ch