

2 Grundlagen der Instandhaltung

Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert und der damit verbundenen Einführung industrieller Produktionsstrukturen wurden auch arbeitsteilige Prozesse eingeführt. Große technische Anlagen und aufeinander abgestimmte Maschinenparks wurden in Fertigungshallen gebündelt. Hier konnten diese Anlagen von Menschen, häufig in Akkordkolonnen und mit niedriger Qualifikation, bedient werden. Bei Ausfall einer Maschine zeigten sich die Bediener oft nicht in der Lage die Anlage in einen funktionsfähigen Zustand zurückzusetzen. Es fehlte an der nötigen Ausbildung sowie an passendem Werkzeug.

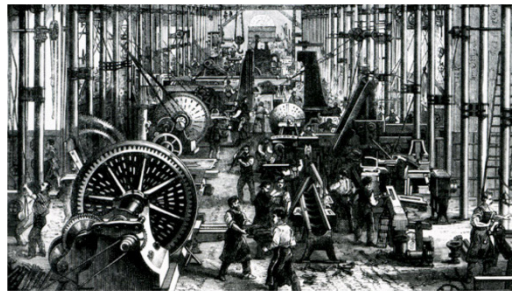


Abbildung 2.1: Darstellung einer industriellen Fertigung im 19. Jahrhundert³⁴

Für die Reparatur defekter Maschinen wurden speziell ausgebildete Handwerker mit einer eigenen Infrastruktur eingesetzt. Der Fokus der Instandhaltung bestand dabei fast ausschließlich darin, „nach einem Ausfall der Maschine deren Funktion schnellstens wieder herzustellen, um damit die Verluste für das Unternehmen durch ungeplante Stillstandszeiten gering zu halten“³⁵. Im weiteren Verlauf der industriellen Entwicklung stieg das ökonomische Interesse von Unternehmern an der Instandhaltung. Unerwartete Maschinenausfälle sorgten bei den stark kapitalgebundenen Anlagen für ein großes unternehmerisches Risiko, welchem Aufwendungen für die Vorbeugung eines Ausfalls gegenüberstanden. So wurde aus dem reinen Reagieren auf Ausfälle ein vorrausschauendes Agieren unter Abwägung der Gesamtwirtschaftlichkeit aus Anschaffungs-, Ausfall- sowie Instandhaltungskosten. Mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien stehen für die Planung der Instandhaltung heute zahlreiche Hilfswerkzeuge zur Verfügung. „Leistungsfähige Betriebsdatenerfassungs- bzw. Zustandsdatenüberwachungssysteme liefern permanent Informationen über Betriebsparameter, den aktuellen technischen Zustand der Anlage und die Betriebsbedingungen. [...] Darüber hinaus stehen Methoden und Werkzeuge des [...]

³⁴ Lokomotiven- und Maschinenfabrik R.Hartmann, Chemnitz, 1868

³⁵ Schenk, Michael, 2010, S. 1

Wissensmanagements zur Verfügung, um [...] Erfahrungen aus“³⁶ dem „Anlagenlebenszyklus zu sichern und so aufzubereiten, dass sie für Entscheidungssituationen des Anlagenmanagements [...] bereitgestellt werden können“³⁷.

In Kapitel 2.1 sind die gängigen Begriffe aus dem Bereich der Instandhaltung sowie in Kapitel 2.2 die entsprechenden Strategien erläutert und den Inhalten dieser Arbeit zugeordnet. Kapitel 2.3 beschreibt den speziellen rechtlichen Rahmen bei der Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen.

2.1 Begriffsbestimmung Instandhaltung

In der Literatur wird der Oberbegriff Instandhaltung vielschichtig beschrieben. Fachautoren verweisen dabei häufig auf die DIN 31051. Hier wird Instandhaltung definiert als „Kombination aller technischen und administrieren Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“³⁸ Eine Betrachtungseinheit wird dabei als „Bauelement, Gerät, Teilsystem, jede Funktionseinheit, jedes Betriebsmittel oder System, das für sich alleine betrachtet werden kann“³⁹ beschrieben. Die in dieser Arbeit untersuchten Eisenbahnfahrzeuge sind in Verbindung mit deren Instandhaltung demnach als ganzheitliches System bestehend aus diversen Teilsystemen dem Begriff Betrachtungseinheit zuzuordnen.

Die DIN 31051 teilt die Instandhaltung weiter in die vier Grundmaßnahmen Inspektion, Wartung, Instandsetzung sowie Verbesserung auf und führt den Begriff Abnutzungsvorrat ein. Der Abnutzungsvorrat ist der „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgestellten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt“⁴⁰. Dabei entspricht ein zu 100 % gefüllter Abnutzungsvorrat dem Sollzustand. Im Zusammenhang mit Eisenbahnfahrzeugen entspricht der Sollzustand dem Zustand eines Fahrzeugs zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme unmittelbar nach Übergabe des Fahrzeugherstellers an den Fahrzeugbetreiber.

„Chemische und/oder physikalische Vorgänge führen zu einer unvermeidbaren Abnutzung einer Betrachtungseinheit. Solche Vorgänge sind z.B. Korrosion, Ermüdung und Reibung. Sie haben einen Abbau des Abnutzungsvorrats zur Folge“⁴¹. Abbildung 2.2 zeigt den idealisierten Verlauf einer Abnutzungskurve. Während des zeitli-

³⁶ Schenk, Michael, 2010, S. 4

³⁷ Schenk, Michael, 2010, S. 4

³⁸ DIN 31051, 2012

³⁹ Strunz, Matthias, 2012, S. 1

⁴⁰ DIN 31051, 2012

⁴¹ Matyas, Kurt, 2013, S. 27

chen Verlaufs der Abnutzungskurve können die vier Grundmaßnahmen⁴² der Instandhaltung Anwendung finden und die Abnutzungskurve beeinflussen. Dabei dient die Inspektion der Feststellung des Ist-Zustands, die Wartung der Rückführung in den Sollzustand durch Erhaltungsmaßnahmen⁴³, die Instandsetzung der Rückführung in den Sollzustand durch Ausbessern sowie Austausch und schließlich die Verbesserung der Verringerung der Abnutzungsgeschwindigkeit.

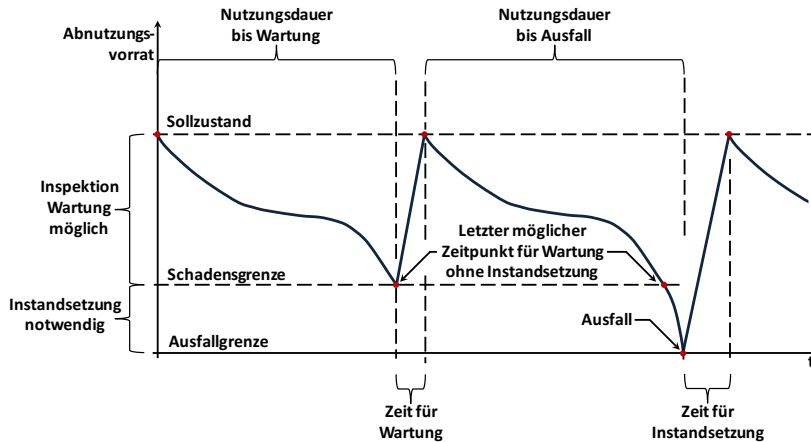


Abbildung 2.2: Idealisierter Verlauf einer Abnutzungskurve

Unterschreitet der Abnutzungs-vorrat die festgelegte Schadensgrenze kann die Betrachtungseinheit lediglich mit Hilfe der Instandsetzung in den Sollzustand gebracht werden. Die Betrachtungseinheit ist bis zum Erreichen der Ausfallgrenze weiterhin einsatzfähig.

In der Literatur werden Instandsetzungsmaßnahmen nach Abhängigkeit des durchgeführten Zeitpunkts der Arbeiten aufgegliedert⁴⁴. So ist die geplante Instandsetzung nach „Zeitpunkt, Art und Umfang vorausgeplant“⁴⁵. Eine weitere Untergliederung der geplanten Instandsetzung erfolgt in eine zeitabhängige sowie eine zustandsabhängige Instandsetzung. Bei der Eisenbahn wird eine zeitabhängige Instandsetzung beispielsweise im Rahmen der turnusmäßig wiederkehrenden Hauptuntersuchung⁴⁶ durchgeführt. Eine zustandsabhängige Instandsetzung liegt zum Beispiel im Zusammenhang mit dem Tausch von Radsätzen vor. Hierbei werden während der Inspektion Messwerte überwacht. Bei Unterschreitung eines vorgegebenen Grenzmaßes⁴⁷ wird der Radsatz der Unterflurdrehbank zur Reprofilierung zugeführt und bei weiterer

⁴² nach DIN 31051

⁴³ Reinigen, Konservieren, Nachstellen, Schmieren, Ergänzen, Auswechseln von Kleinteilen, ...

⁴⁴ vgl. Matyas, Kurt, 2013, S. 32-33

⁴⁵ Matyas, Kurt, 2013, S. 33

⁴⁶ gemäß § 32, EBO

⁴⁷ Inspektionsgrenzmaß

Überschreitung eines Grenzwertes⁴⁸ ausgewechselt. Neben der geplanten Instandsetzung kommt es auch zur ungeplanten Instandsetzung, bei der „weder der Eintrittszeitpunkt, noch Art und Umfang der Instandsetzungsmaßnahmen [...] bekannt“⁴⁹ sind.

Inspektion, Wartung und geplante Instandsetzung sind in der vorliegenden Arbeit unter dem Begriff planmäßige Instandhaltung zusammengefasst. Die ungeplante Instandsetzung ist dementsprechend der außerplanmäßigen Instandhaltung gleichzusetzen.

2.2 Instandhaltungsstrategien

Im Gabler Wirtschaftslexikon wird eine Strategie im Zusammenhang mit Unternehmen „als die grundsätzliche, langfristige Verhaltensweise [...] der Unternehmung [...] gegenüber ihrer Umwelt zur Verwirklichung der langfristigen Ziele“⁵⁰ beschrieben. Bei der Instandhaltung ist in einer entsprechenden Strategie festgelegt, „zu welchem Zeitpunkt welche Arten von Maßnahmen wie oft an welchen Instandhaltungsobjekten durchgeführt werden. Bei der Festlegung der Instandhaltungsstrategie sind gesetzliche, sicherheitstechnische, technische, produktionsrelevante sowie wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen“⁵¹. In der Fachliteratur sind Instandhaltungsstrategien in reaktive und präventive Maßnahmen aufgeteilt. Die Methode der reaktiven Instandhaltung ermöglicht es technische Systeme „ohne nennenswerten Aufwand für Inspektion und Wartung bis zum Schadensfall zu betreiben. Sie führt daher oft zur Zerstörung der Betrachtungseinheit, wodurch aber ein maximales Wartungsintervall ermöglicht wird. Der Ausfall entzieht sich vollkommen dem Einfluss des Betreibers. Jeder Stillstand erfolgt unvermutet, womit operative Planungen [...] schwierig [...] werden“⁵². Im Vergleich zur reaktiven Instandhaltung sind präventiven Instandhaltungsmaßnahmen der periodischen, der zustandsorientierten sowie der vorausschauenden Instandhaltung zugeordnet.

Bei der periodischen Instandhaltung wird eine Betrachtungseinheit wie beispielsweise eine Komponente, unabhängig vom tatsächlichen Zustand, präventiv gewartet oder getauscht. Der Abstand der Wartungsintervalle⁵³ wird analytisch ermittelt und orientiert sich an einen optimalen Zeitpunkt in Verbindung mit der technischen Nutzungsdauer und im Falle des Komponententauschs an einen idealen Zeitpunkt vor einen möglichen Ausfall. So sind zum Beispiel in den zeit- oder laufleistungsabhängigen Wartungsplänen der Eisenbahn, das Tauschen von Filtern, das Wechseln und

⁴⁸ Betriebsgrenzwert

⁴⁹ Matyas, Kurt, 2013, S. 33

⁵⁰ Gabler Wirtschaftslexikon, Strategie, 2017

⁵¹ Schenk, Michael, 2010, S. 26

⁵² Matyas, Kurt, 2013, S. 107

⁵³ Tauschintervall gemessen in Zeit, Laufleistung, Betriebsstunden, ...

Auffüllen von Schmiermitteln sowie Funktionsprüfungen von einzelnen Komponenten enthalten.

Der Aufwand für die zustandsorientierte Instandhaltung ist größer als bei der periodischen Instandhaltung. Betrachtungseinheiten werden erst getauscht wenn ein Ist-Wert über- oder unterschritten wurde. Ist-Werte müssen regelmäßig aufgenommen, dokumentiert und schließlich mit Soll-Werten abgeglichen werden. Beispielsweise werden bei elektrischen Eisenbahnfahrzeugen der Deutschen Bahn bestimmte Kennwerte von den Schleifleisten der Dachstromabnehmer während einer Inspektion überwacht. Erst bei Unterschreitung eines Soll-Wertes wird dieses Bauteil dann getauscht. Die technische Nutzungsdauer einer solchen Betrachtungseinheit in einem zustandsorientierten System steigt im Vergleich zur periodischen Instandhaltung häufig deutlich. Dem höheren administrativen Aufwand steht also oft eine längere Nutzungsdauer einzelner Komponenten gegenüber.

Mit der vorausschauenden Instandhaltung sind in kostenintensiven und komplexen technischen Systemen die beschriebenen Instandhaltungsstrategien konsequent weiterentwickelt. „Bei dieser Strategie wird im Verlauf einer zu erwartenden Zustandsänderung von Komponenten noch eher angesetzt. Das Ziel besteht darin, bereits potentielle [...] Störungen zu erkennen und deren Weiterentwicklung gezielt zu verhindern. Ausgangspunkt der Betrachtungen bei der Anwendung dieser Instandhaltungsstrategie ist die Definition von Funktionen und Funktionsstörungen“⁵⁴. Nach der Beschreibung der Funktionen und Funktionsstörungen erfolgt eine Analysephase in der ein Optimum ermittelt wird. Für die kontinuierlichen Analysephasen stehen zahlreiche methodische Werkzeuge wie *Total-Quality-Management*, *Six Sigma* oder *Kai-zen* zur Verfügung, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird.

„In einem umfassenden Instandhaltungskonzept sollte ein optimaler Mix aus“⁵⁵ reaktiven und den unterschiedlichen präventiven Maßnahmen „enthalten sein. Die Vorgabe dafür ist die Einhaltung der geforderten Zuverlässigkeit bei minimalen Kosten“⁵⁶.

2.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen bei der Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen

Der Betrieb von Eisenbahnen⁵⁷ ist in Deutschland gesetzlich geregelt, wobei die Grundlage durch das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) gebildet wird. Beispielsweise sind die Zuordnung, die Aufgaben und die Befugnisse der staatlichen Eisenbahnaufsicht genauso festgelegt wie die Sicherheitspflichten der Verkehrs- und Infrastrukturunternehmen. Im Rahmen der Liberalisierung des Eisenbahnmarktes fin-

⁵⁴ Schenk, Michael, 2010, S. 31

⁵⁵ Matyas, Kurt, 2013, S. 106

⁵⁶ Matyas, Kurt, 2013, S. 106

⁵⁷ Eisenbahnverkehr und Eisenbahninfrastruktur

den sich hier auch Vorgaben zum diskriminierungsfreien Zugang zur Eisenbahninfrastruktur sowie deren Regulierung. Die Verantwortung der Instandhaltung wird im AEG⁵⁸ den Eisenbahnen und Haltern von Eisenbahnfahrzeugen zugeordnet. Die Verantwortung für die Instandhaltung kann an Dritte delegiert werden, wobei in jedem Fall ein prozessorientiertes Instandhaltungssystem einzurichten ist. Eisenbahnen und Halter haben die Verantwortung für den sicheren Betrieb ihrer und Instandhalter für den betriebssicheren Zustand der zugeordneten Eisenbahnfahrzeuge. Das AEG verweist auf die Verordnung 445/2011 der Europäischen Union (EU)⁵⁹, in der das Zusammenspiel der für die Instandhaltung zuständigen Stellen als *Entity in Charge of Maintenance* (ECM)⁶⁰, in allen EU-Mitgliedsstaaten einheitlich vorgeschrieben ist. Die Verordnung wurde bislang verbindlich für den Betrieb von Güterwagen eingeführt. Das Eisenbahnbundesamt empfiehlt allerdings bereits seit April 2014 allen für die Instandhaltung verantwortlichen Stellen die Einführung prozessorientierter Instandhaltungssysteme, welche den Vorgaben der EU-Verordnung 445/2011 entspricht⁶¹. Abbildung 2.3 zeigt ein Schaubild mit einer Übersicht der Rollenverteilung in der Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen.

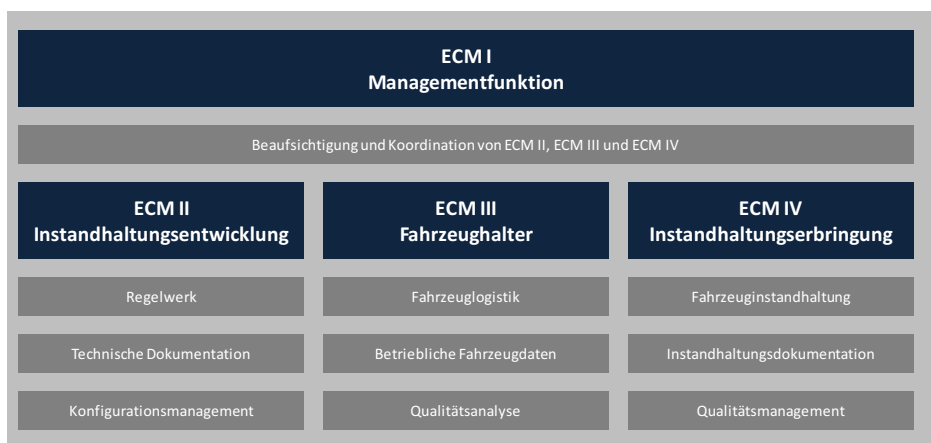


Abbildung 2.3: Rollenverteilung Instandhaltung nach EU-Verordnung 445/2011

In einer übergeordneten Managementfunktion (ECM I) muss sichergestellt sein, dass die weiteren Rollen beaufsichtigt und koordiniert werden. Diese spezielle Aufgabe kann nicht weiter an Dritte delegiert werden und muss innerhalb des Unternehmens geregelt sein. Die Delegation einer oder mehrerer der drei weiteren Rollen als Ganzes oder eine Teilaufgabe aus diesen an Dritte, ist auch mit der

⁵⁸ vgl. Allgemeines Eisenbahngesetz, 2015, § 4a

⁵⁹ vgl. Allgemeines Eisenbahngesetz, 2015, § 4a (3)

⁶⁰ Zuständige Stelle für Instandhaltung

⁶¹ vgl. EBA, Fachmitteilung 14/2014, 2017

EU-Verordnung 445/2011 nach wie vor möglich. In der Funktion der Instandhaltungsentwicklung (ECM II) werden insbesondere die Instandhaltungsregeln entwickelt und verteilt. Zwischen den Rollen des Fahrzeughalters (ECM III) und der Instandhaltungserbringung (ECM IV) herrscht eine Auftraggeber-Auftragnehmer-Beziehung mit entsprechenden Regeln zur Beauftragung und Abnahme einzelner Arbeiten.

Außerplaninstandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen

Algorithmus für einen vorhersagbaren Schadindex

Heinrich, I.

2017, XX, 103 S. 44 Abb., 27 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-658-19072-9