

Entwicklung eines Referenzmodells für proaktive Wartung

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B. Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik,
Fakultät für Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von:

Name:



Brandt



Vorname:



Anthony



Prüfer:

Prof. Dr. rer. nat. Michael H. Breitner

Hannover, den 02.03.2018

„Ziel ist es Maschinenfehler schon vor Ihrem Auftreten zu prognostizieren und somit Kosten zu sparen“

Dr. Stefan Ferber

Bosch Software Innovations GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Relevanz.....	1
1.2 Aufbau und Struktur	3
2 Forschungsdesign und Methodik	4
2.1 Design-Science-Research	4
2.2 Literaturanalyse nach Webster und Watson	7
2.3 Referenzmodellierung	8
3 Grundlagen	11
3.1 Industrie 4.0 – Allgemeine Darstellung und Entwicklung	11
3.2 Instandhaltung (Maintenance) – Definition und Ziele	14
3.3 Instandhaltungsstrategien	17
4 Predictive Maintenance	21
4.1 Anwendung der Literaturanalyse nach Webster und Watson.....	21
4.2 Definition und Anwendungsfälle.....	24
4.3 Einführung bestehender Referenzmodelle.....	31
5 Referenzmodell für Predictive Maintenance.....	35
5.1 Entwicklung eines Referenzmodells	35
5.2 Reflexion der Modelle	40
6 Diskussion der Ergebnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen	43
6.1 Chancen und Herausforderungen	43
6.2 Kritische Integrationsfaktoren und Handlungsempfehlungen.....	46
7 Limitation	49
8 Zusammenfassung und Ausblick	50
Literaturverzeichnis.....	X

1 EINLEITUNG

1.1 MOTIVATION UND RELEVANZ

Das umfangreiche Forschungsprojekt Industrie 4.0, auch unter der vierten industriellen Revolution bekannt, eröffnet im Zeitalter der Digitalisierung schier unendliche Möglichkeiten. Im Vordergrund dieser Möglichkeiten stehen neue Produktionsabläufe, Geschäftsprozesse oder Serviceleistungen. Dabei geht es vor allem um die Erkennung und Ausnutzung neuer Potenziale und die Integration in die Betriebsstrukturen.

Der stetige Wandel und die steigenden Herausforderungen verlangen eine Anpassung durch die Wirtschaftssubjekte. Die Effizienz, Ressourcen und Kosten müssen laufend optimiert werden, um im gleichen Atemzug den Aufwand zu minimieren. Durch steigende Anlagenintensitäten werden die Wertschöpfungsprozesse immer komplexer und lassen neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen entstehen. Dieser Prozess erhöht auch den Stellenwert der Instandhaltung und entwickelt eine neue Basis als Effizienzmotor in der Industrieproduktion.¹ Um diese Basis zu stärken, bedarf es einer intelligenten Lösung neuer Instandhaltungsprinzipien. In den neuen Wertschöpfungsketten müssen die physischen Objekte mit der virtuellen Welt kommunizieren und somit eine Vernetzung der Systeme realisieren. Diese Aufgabe erfüllen die Cyber-Physischen-Systeme und fungieren damit als zentrales Element für einen aktiven Informationsaustausch. Für eine detaillierte und umfangreiche Datenerfassung werden unterschiedliche Arten von Sensorik verwendet und in Millisekunden an weiterverarbeitende Datenbanken übermittelt. Diese riesigen Datenmengen werden durch intelligente und dynamische Modelle analysiert und zeitnah zur Verfügung gestellt. In der Produktion ergibt sich in Echtzeit eine virtuelle Abbildung der Maschinenzustände und ermöglicht neue innovative Handlungsoptionen.

Als integraler Bestandteil von Industrie 4.0 leitet sich somit Predictive Maintenance ab. Das Ziel einer hohen Anlagenverfügbarkeit in Kombination mit der Minimierung von Ausfällen steht im Fokus dieser Instandhaltungsstrategie. Der Vorteil durch exakte und validierte Vorhersagen von Ausfallereignissen liegt nicht nur im technischen Bereich, sondern weist auch wirtschaftliche Faktoren auf. Der Schlüssel dieser vorausschauenden Instandhaltung liegt in der Datenanalyse und Konsolidierung mit den Basisdaten und Ausfallhistorien. Als ein wichtiges Instrument dieser Datenanalyse lässt sich das „Data Mining“ herausstellen.

Die Relevanz solcher Instandhaltungsstrategien wird auch durch die wirtschaftlichen Aspekte verdeutlicht. Ein amerikanisches Schienengüterunternehmen spart durch den Einsatz einer vorausschauenden Instandhaltung jährlich 100 Millionen US Dollar.²

¹ Vgl. März (2017) S.690

² Vgl. Hannover Messe (2017) <http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/predictive-maintenance/> (Zugriff: 26.02.18)

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit befasst sich mit der Darstellung und Erläuterung von Predictive Maintenance und ermöglicht durch die Anwendungsfälle die erforderlichen Grundlagen und Prozessmechanismen hervorzuheben. Darauf aufbauend erfolgt die Entwicklung eines Referenzmodells, um die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Ebenen in einen Zusammenhang zu bringen und strukturiert darzustellen. Das Referenzmodell soll die Integration in die Unternehmensstruktur ermöglichen und die Verknüpfung zur IT-Ebene visualisieren.

1.2 AUFBAU UND STRUKTUR

Aufbauend auf die Motivation und Relevanz lässt sich die Arbeit in zwei Kernaspekte strukturieren. Die erste These befasst sich mit der Funktionsweise von Predictive Maintenance und den damit verbundenen Komponenten. Die zweite These richtet sich an die Entwicklung eines geeigneten Referenzmodells und der Implementierung in die unterschiedlichen Unternehmensebenen.

Damit die beiden Thesen strukturiert beantwortet werden, gliedert sich die Arbeit in folgende Kapitel: Im zweiten Kapitel wird die angewendete Methodik dieser wissenschaftlichen Arbeit dargestellt und ermöglicht einen Einblick in die Vorgehensweise dieser wissenschaftlichen Recherche. Um ein einheitliches Verständnis zu ermöglichen, werden im dritten Kapitel die Grundlegenden Themen definiert und erläutert. Dabei werden klassische Instandhaltungsstrategien vorgestellt und industrielle Normen einbezogen. Anhand dieser Grundlage erfolgt im vierten Kapitel der Ausbau der klassischen Strategien, um das Verständnis für die vorausschauende Instandhaltung zu erweitern. Dabei werden durch Anwendungsfälle grundlegende Erkenntnisse und Prozessschritte von Predictive Maintenance dargestellt.

Um die Entwicklung eines Referenzmodells zu realisieren werden im vierten Kapitel vorhanden Modelle vorgestellt und auf ihre Struktur und Gemeinsamkeiten untersucht. Nachdem die Merkmale dieser Modelle erfasst sind, wird im fünften Kapitel ein Referenzmodell entwickelt. Durch die Implementierung von bestehenden Modellteilen und die Konstruktion neuer Module wird die Entwicklung des Artefakts nach *vom Brocke* durchgeführt. Weiter werden in Kapitel 5 die Beziehungen zu den bestehenden Modellen reflektiert und herausgearbeitet.

Abschließend werden die gesammelten Erkenntnisse in Kapitel 6 diskutiert. Dabei werden die Chancen und Herausforderungen durch Predictive Maintenance analysiert und die abgeleiteten Handlungsempfehlungen dargestellt. Danach erfolgt die Einschränkung dieser wissenschaftlichen Arbeit anhand der Limitationen. Den Abschluss bildet die Zusammenfassung mit einem Ausblick auf die weitere Entwicklung.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die Instandhaltungsstrategie Predictive Maintenance untersucht und damit der Wandel in der Instandhaltung, unter dem Einfluss von Digitalisierung und Industrie 4.0 herausgestellt. Es wurde insbesondere erörtert, wie die Funktionsweise von PdM umgesetzt werden kann und welche wichtigen Komponenten zur Realisierung nötig sind. Innerhalb der Design-Science-Research Methode nach Kuechler wurde ein Referenzmodell „PdM4.0“ entwickelt, welches die vorausschauende Instandhaltung im Kontext der Unternehmensstruktur abbildet. Die Entwicklung des Modells stützt sich auf die Modellierungstechnik nach vom Brocke und wurde durch eine umfangreiche Literaturanalyse gemäß Webster und Watson fundiert. Die daraus resultierenden Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Diskussion der Chancen und Herausforderungen bei der Integration und Anwendung von Predictive Maintenance.

Die stark technologiegetriebene Philosophie spiegelt sich in den komplexen Maschinen und Anlagen der Industriebetriebe wieder. Um mit den erhöhten Anforderungen Schritt zu halten, steigt die Bedeutung der Instandhaltung zur Sicherung der Anlagenverfügbarkeit. Neben einem Auf- und Ausbau von technischen Fähigkeiten im Bereich von Sensorik, Big Data, Data Mining und Datenanalytik sind auch Veränderungen auf der Organisationsebene wichtige Faktoren. Industrie 4.0 und Digitalisierung weisen dadurch erhebliche Potenziale auf, die bestehenden Instandhaltungsstrategien zu verändern. Vor allem operative Wartungsmaßnahmen wie Inspektionen werden nahezu vollständig automatisiert und mittels intelligenter Systeme durchgeführt. Der Fokus in der vorausschauenden Instandhaltung liegt zunehmend auf dem Managen und Koordinieren von Instandhaltungsmaßnahmen anhand der entwickelten Prognosen. Sinngemäß bleibt die Grundaufgabe der Instandhaltung bestehen, jedoch werden die Aufgaben durch neue Mittel und Wege umgesetzt.

Das entwickelte Referenzmodell zielte darauf ab, die Wirkzusammenhänge und Schnittstellen der Bestandteile von Industrie 4.0 systematisch darzustellen, um die Integration in die Predictive Maintenance Strategie zu erleichtern. Dadurch bietet das Modell „PdM4.0“ eine erste Grundlage für die Integration in Unternehmensstrukturen sowie eine Basis für die Entwicklung aufbauender Modell, um den Charakter der Wiederverwendbarkeit zu unterstreichen.

Anschließend wurden die Chancen und Herausforderungen für Predictive Maintenance gegenübergestellt. Dabei konnten kritische Integrationsfaktoren identifiziert werden, die zu den bereits genannten technischen Anforderungen auch den Risikofaktor Mensch beinhalten. Dies zeigt, dass eine vorausschauende Instandhaltung als ein sozio-technisches-System interdisziplinär und Ebenen übergreifend positioniert ist. Basierend auf den identifizierten Integrationsfaktoren wurden die Handlungsempfehlungen für die Praxis abgeleitet.

Zukünftige Modifikationen und Anpassung am Referenzmodell sind denkbar. Die Möglichkeiten einer gezielten und fokussierten Betrachtung der einzelnen Ebenen sind gegeben. Dabei könnten tiefere Einblicke und Strukturen auf ausgewählten Modellstufen realisiert werden. Dadurch könnte die Modularität erweitert werden, um eine Integration neuer Anforderungen zu ermöglichen. Somit wäre auch eine Ausweitung auf andere Branchen und Anwendungen realisierbar. Ebenso ist die Konstruktion eines Reifegradmodells vorstellbar. Über die konstruierten Reifegrade kann die Integration auf den unterschiedlichen Ebenen beurteilt werden.

Der Ausblick auf die weitere Entwicklung lässt ein „Fliehen“ oder „Verschließen“ vor der Digitalisierung nicht zu. Das Management und die Unternehmen sind gefordert, diese Chancen aktiv durch geordnete Strukturen und Strategien zu erschließen. PdM zählt als Potenzialträger innerhalb der industriellen Digitalisierung zu den Schlüsselbereichen zukunftsfähiger Industriebetriebe. Aktuell nutzen rund 28 Prozent der Industrieunternehmen die vorausschauende Instandhaltung, doch die Anwendung steigt voraussichtlich über die nächsten fünf Jahre um 38 Prozent.⁶⁹

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Bachelorarbeit aus einer qualitativen Literaturanalyse besteht. Durch die Aktualität dieser Thematik können zukünftige Forschungen und Praxiswerte weitere Modellanpassungen anstoßen

⁶⁹ Vgl. Geissbauer et al. (2017) S.26