

1 Einleitung und Zielstellung

2,798 Billionen Euro betrug der Wert der Anlagen, Maschinen und Geräte am Ende des Jahres 2020 in Deutschland (s. STATISTISCHES BUNDESAMT 2021, S. 185). Die Instandhaltung dieser Objekte stellt, unter dem Eindruck einer steigenden Anlagenkomplexität und -vernetzung, verbunden mit hohen Ausfall- und Ausfallfolgekosten nach Anlagenstillständen, steigende Anforderungen an die Instandhaltung (s. LORENZ 2011, S. 1; LEIDINGER 2017, S. 4; KLÖBER-KOCH ET AL. 2018, S. 688; KESSLER ET AL. 2022, S. 34). Zudem werden durch den vorherrschenden Fachkräftemangel Unternehmen zunehmend in ihrer Geschäftsfähigkeit behindert (s. MÜLLER 2021, S. 2). Durch den sich verschärfenden globalen Wettbewerb, bei steigenden Energie-, Rohstoff- und Lohnkosten (s. PWC 2021), sowie reduzierte Budgets in der Instandhaltung durch die Covid-Pandemie (s. UPKEEP TECHNOLOGIES INC. 2021, S. 16) ergibt sich zudem ein immenser Kostendruck. Daher muss die Instandhaltung effizienter mit ihren Ressourcen umgehen und effektivere Maßnahmen durchführen, um den größtmöglichen Wertbeitrag für das Unternehmen zu leisten.

Dies kann geschehen in dem die **Effizienz** der Instandhaltung gesteigert wird. Die wertschöpfende Zeit in der Instandhaltung wird nach WIREMAN mit 25 bis 35 Prozent angegeben, durch organisatorische und technische Maßnahmen lässt sich diese Zeit auf bis zu 60 Prozent erhöhen (s. WIREMAN 2015, S. 308). Eine Verdopplung der Produktivität der Instandhaltungsmitarbeiter ergibt bei einem angenommenen Personalkostenanteil von etwa 40 Prozent ein Einsparpotenzial von bis zu 20 Prozent, bezogen auf die gesamten Instandhaltungskosten.

Einen größeren Hebel stellt jedoch die Steigerung der **Effektivität** in der Instandhaltung dar. Eine bedarfsgerechte Instandhaltungsstrategie für jedes Objekt kann die vorbeugende Instandhaltung um bis zu 63 Prozent und gleichzeitig die reaktiven Instandhaltung um bis zu 55 Prozent reduzieren (s. SIFONTE U. REYES-PICKNELL 2017, S. 273). So können Instandhaltungsressourcen gezielter eingesetzt und der Wertbeitrag der Instandhaltung für das Unternehmen maximiert werden.

Für die Auswahl und Implementierung der richtigen Instandhaltungsstrategie müssen die relevanten Fehlermöglichkeiten und -auswirkungen erfasst und mit Gegenmaßnahmen abgewogen werden (s. DIN ISO 55000, S. 11). Bezogen auf die Instandhaltung, findet dafür das Konzept der **zuverlässigkeitsorientierten**

Instandhaltung (engl. *Reliability Centered Maintenance*, kurz **RCM**) seit den 1960er Jahren Verwendung (s. NOWLAN U. HEAP 1978). Das Konzept stellt das Vorgehen und die methodischen Werkzeuge für die bedarfsgerechte Kombination von verschiedenen Instandhaltungsstrategien und -intensitäten bereit (s. KUMAR ET AL. 2022, S. 214–215). Etwa 40 Prozent der Einführungen von RCM sind erfolgreich, von denen ein hoher Prozentsatz jedoch nur einige Elemente des RCM implementiert und somit nicht das Potenzial des vollen Konzepts nutzen kann, wodurch die wirkliche Erfolgsquote in der Praxis deutlich geringer ausfällt (s. BLOOM 2005, S. 15; HIPKIN U. DE COCK 2000, S. 288). Der Hauptgrund dafür liegt in der langwierigen und komplexen Einführung von RCM (GUPTA U. MISHRA 2016, S. 141), welche in Kapitel 1.1 näher erläutert wird, und bei der für jedes Objekt eine individuelle Entscheidung getroffen werden muss. Abbildung 1-1 verdeutlicht den Prozess, welcher für eine Entscheidungsfindung und Handlungsableitung notwendig ist.

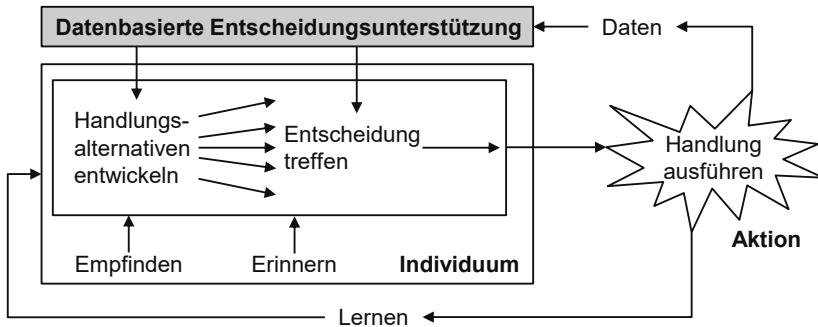


Abbildung 1-1: Informationsverarbeitung des Menschen zur Entscheidungsfindung (eigene Darstellung, i. A. a. MALONE 2018, S. 82)

Im Mittelpunkt der Entscheidung steht das Individuum, welches aus seinen Erinnerungen und Empfindungen Handlungsalternativen bildet und eine Entscheidung trifft, welche zu einer Handlung führt, aus der ein Erfahrungs- und Datengewinn resultiert. Durch die Verwendung einer datenbasierten Entscheidungsunterstützung können schnellere und bessere Entscheidungen getroffen werden (s. SCHUH ET AL. 2020a, S. 13). Erfahrungen können durch Daten kollektiv geteilt werden und die Erstellung von Entscheidungsvorlagen oder Entscheidungen ganz automatisiert werden (s. grau hinterlegt). Menschliche Entscheidungen sind oftmals dadurch geprägt, dass Faktoren über- oder unterschätzt werden, insbesondere, wenn diese bereits aufgetreten sind

oder besonders große Auswirkungen hatten (s. KAHNEMAN U. TVERSKY 1979, S. 268-267). Algorithmen objektivieren, je nach Datenbasis und Algorithmus, Entscheidungen und helfen, diese somit rationaler, reproduzierbarer und nachvollziehbarer zu machen (s. MILLER 2018). Algorithmen bieten zudem die Möglichkeit, eine wesentlich größere Datenbasis für das Treffen von besseren Entscheidungen zu berücksichtigen, die für Menschen nicht beherrschbar wäre (s. EPPLER U. MENGIS 2004, S. 326). Im Hinblick auf die steigende Komplexität und die zunehmende Verfügbarkeit von Daten gewinnt die Notwendigkeit von Entscheidungsunterstützungssystemen für die Industrie an Bedeutung (s. ROY ET AL. 2016, S. 673; PASSATH U. MERTENS 2019, S. 368). Jedoch sind konkrete datenbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme noch ein wenig beachtetes Forschungsthema (s. BOUSDEKIS ET AL. 2019, S. 609; GOPALAKRISHNAN ET AL. 2019, S. 873). Zu begründen ist dies damit, dass diese in der Forschung und der Industrie an der Komplexität und der qualitativ minderwertigen Datengrundlage scheitern. Für die erfolgreiche Implementierung von Entscheidungsunterstützungssystemen ist es notwendig, dass sich auch die Organisation und Kultur des Unternehmens wandelt (s. DUAN ET AL. 2019, S. 70), da Menschen aktuell für das Treffen einer Entscheidung benötigt werden, wenn unterbewusste oder immaterielle Entscheidungsheuristiken notwendig sind (s. JARRAHI 2018, S. 585).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine **datenbasierte Grundlage** für eine **Entscheidungsunterstützung** für die **zuverlässigkeitsoorientierte Instandhaltung** zu gestalten. In **Kapitel 1.1** werden die wesentlichen Hürden für die Implementierung von RCM vorgestellt. **Kapitel 1.2** dient der weiteren Präzisierung der Zielstellung. In **Kapitel 1.3** wird der wissenschaftliche Bezugsrahmen der Arbeit aufgespannt, während **Kapitel 1.4** die Herleitung der Forschungskonzeption beeinhaltet und den Aufbau der Arbeit zeigt.

1.1 Problemstellung

Die zuverlässigkeitsoorientierte Instandhaltung wird aktuell in Unternehmen über sporadische, zeitaufwendige und subjektive Expertenworkshops und -interviews eingeführt. Dies führt durch die folgenden fünf Gründe zu mangelhaften Entscheidungen, was überdies einen erheblichen Personal- und Zeitaufwand mit sich bringt:

Das von PORTER 1985 definierte Konzept der Wertschöpfungskette (s. PORTER 1998, S. 36) bildet nicht mehr die Unternehmen von heute vollständig ab, die immer stärker

komplexen Wertschöpfungsnetzwerken entsprechen (s. ALLEE 2000, S. 36). Das bedeutet, dass Unternehmen viele verschiedene Wertschöpfungsketten innerhalb ein und derselben Produktionsstätte haben können. Dies führt neben der Generierung unterschiedlicher Potenziale auch zu unterschiedlichen, miteinander verbundenen und komplexeren Risiken für die Zuverlässigkeit der Anlagen und damit der gesamten Wertschöpfungsnetzwerke. Daraus entstehen erhöhte Anforderungen an die Instandhaltung, um die Resilienz der Netzwerke zu erhalten bzw. zu erhöhen.

RCM befasst sich mit den individuellen Fehlerursachen jeder Komponente und kann daher die individuell ideale Maßnahme für jedes Objekt definieren (s. NOWLAN U. HEAP 1978, S. 16). Durch die immer engere Vernetzung und Interaktion der verschiedenen Systeme und Produktionsbereiche, die sich aus der Industrie 4.0 ergeben, entstehen auch neue und komplexe Anlagenstörungen (s. TUPA ET AL. 2017, S. 1229). Darüber hinaus zeigte unter anderen BIEDERMANN, dass nur 16 Prozent aller Maschinenausfälle durch alters- oder betriebsbedingten Verschleiß vorhersehbar sind. 84 Prozent sind auf zufällige oder statistische Ausfallmuster zurückzuführen. (s. BIEDERMANN 2017, S. 81) Diese Muster lassen sich nicht aus den indizierten Erfahrungen mit einer einzelnen Anlage vorhersagen, sondern nur anhand von vergleichbaren Referenzanlagen (s. GELDERMANN ET AL. 2008, S. 89). Jedoch werden oftmals gleichartige Objekte in unterschiedlichen Betriebsumgebungen eingesetzt, was die Übertragbarkeit von Informationen selbst für identische Standardsysteme schwer macht (s. ERUGUZ ET AL. 2017, S. 192).

Wie kritisch eine Anlage für die Produktion ist, wird beispielsweise davon beeinflusst, wie groß die aktuelle Kundennachfrage nach dem auf ihr gefertigten Produkt ist oder wie hoch der Lagerbestand des Produktes ist. Daher ist die Kritikalität der Anlage nicht statisch, sondern muss an die sich laufend ändernden Anforderungen angepasst werden (s. MOORE 2004, S. 62; MOORE U. STARR 2006, S. 605). Zudem spielt die Funktion des jeweiligen Betrachters eine große Rolle bei der Einschätzung, ob eine Störung vorliegt. So sieht eine Arbeitssicherheitsfachkraft in einer leicht leckenden Schmierölleitung bereits ein Sicherheitsrisiko, wohingegen die Produktion erst im kompletten Ausfall der nachgelagerten Anlage ein Problem sieht (s. MOUBRAY 1997, S. 51). Zusätzlich hat das Objektaalter einen enormen Einfluss darauf, wie zuverlässig eine Anlage läuft (s. GELDERMANN ET AL. 2008, S. 76). So nimmt die Ausfallwahrscheinlichkeit von Anlagen innerhalb des Lebenszyklus zu (s. KURZ 2018, S. 178).

Die Kopplung von möglichen Ereignissen stellt eine zusätzliche Hürde für eine objektive Entscheidungsfindung dar. Ereignisse für sich können ein akzeptables Risiko darstellen, durch einen Kopplungseffekt können diese extrem verstärkt werden (s. KNIGHT 1921, S. 126–127). Es ist aufgrund ihrer komplexen Abhängigkeiten nicht möglich, Gesamtrisiken abzuschätzen, daher sind oftmals aufwendige Verfahren der Risikoaggregation erforderlich (s. GLEISSNER 2014, S. 10).

Daten zur Zuverlässigkeit von Anlagen werden nur selten in Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystemen (IPS-Systemen) in ausreichender Qualität und Quantität gespeichert (s. SMITH U. MOBLEY 2008, S. 255–256). Dies hängt damit zusammen, dass diese Daten oftmals über Stör- oder Auftragsrückmeldungen manuell eingegeben werden müssten, was mit einem erheblichen Zeitaufwand und Überzeugungsarbeit gegenüber den Technikern verbunden wäre (s. PARIDA U. STENSTRÖM 2021, S. 413). Für die Auswertung der Daten kommt erschwerend hinzu, dass diese normalerweise in Freitexten ausgedrückt werden, was die Analyse erheblich erschwert (s. MURÈ U. DEMICHELA 2009, S. 594).

Gegenwärtig wird die **zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung** durch einen **aufwendigen und ungenauen Prozess** in Unternehmen umgesetzt. Die für die notwendigen Entscheidungen genutzten Informationen werden in zeitaufwendigen Workshops gesammelt, sind subjektiv, über Expertensilos verstreut und schwer vergleichbar. Die Möglichkeit, Daten für Entscheidungen zu nutzen, stellt ein großes Potenzial nicht nur innerhalb der eigenen Organisation, sondern auch darüber hinaus dar (s. SCHUH ET AL. 2020a, S. 11). Dieses Potenzial wird in den heutigen Organisationen und Informationssystemen nicht ausreichend genutzt. Die verschiedenen internen und externen Datensilos müssen über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen miteinander verknüpft werden, um eine automatisierte, datenbasierte Entscheidungsunterstützung für die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung zu ermöglichen.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine **datenbasierte Grundlage** für eine **Entscheidungsunterstützung** für die **zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung** zu gestalten. Um die Frage zu beantworten, wie dieses Modell gestaltet werden kann,