1 Einleitung

1.1 Motivation

Daten werden heute mehr denn je als Rohstoff betrachtet. Maschinen- und Anlagenbauer sehen bspw. ein neues Geschäftsmodell darin, ihren Kunden die optimalen Produktionsparameter einer Maschine für ein bestimmtes Material als digitales Produkt anzubieten. Hierzu analysieren sie Daten aus dem Betrieb der Maschinen einer Vielzahl von Kunden (s. ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT / ACATECH (HRSG.) 2015, S. 58f.). Die Daten, die den Betrieb der Maschinen beschreiben, dienen folglich als Rohstoff für die Verarbeitung zu dem digitalen Produkt. Die Kunden des Anlagenbauers nutzen die zu Informationen veredelten Daten, um Anlagenparameter schneller für ein neues Material konfigurieren und ihre Produktionsprozesse effizienter gestalten zu können. Das Beispiel illustriert, was ein Unternehmen in der „Industrie 4.0" ausmacht: Es lernt systematisch aus Daten und steigert dadurch seine Agilität (s. SCHUH ET AL. 2017a, 11f.). Das Prinzip des **Lernens aus Daten** beschränkt sich dabei nicht auf die Produktionsprozesse, sondern betrifft sämtliche Geschäftsprozesse, insbesondere auch den Service eines Unternehmens (s. SCHUH ET AL. 2017a, S. 38).

Gemäß dieser Sichtweise ist ein Unternehmen heute als ein „informationsverarbeitendes System" zu verstehen, das aus Daten Entscheidungen und Handlungen ableitet (FIR E. V. AN DER RWTH AACHEN (HRSG.) 2017, S. 5). Genau wie ein Rohstoff können Daten in unterschiedlicher Qualität vorliegen. Die Qualität von Daten kann bspw. an ihrer Vollständigkeit, Fehlerfreiheit oder Aktualität gemessen werden (s. ROHWEDER ET AL. 2015, S. 28f.). Sie hat maßgeblichen Einfluss auf die Qualität der Entscheidungen, die auf Basis der Daten getroffen werden. Anders als bei vielen natürlichen Rohstoffen kann die Datenqualität bereits im Vorfeld beeinflusst werden. So können Daten nicht nur nachträglich bereinigt, sondern durch technische Systemoptimierungen, organisationale Prozessverbesserungen sowie Schulungen von Mitarbeitern proaktiv auf ein höheres Qualitätsniveau gebracht werden (s. WEIGEL 2015, S. 83f.).

Ein Beispiel für die Datenqualität eines internen Dienstleisters, der Instandhaltungsarbeiten in mehreren Stahlwerken eines Konzerns anbietet, ist in Abbildung 1-1 dargestellt. In der oberen Hälfte des Bildes sind die Starttermine der Instandhaltungsaufträge auf die Tage eines Monats abgetragen. Hierbei wurden die Daten eines Jahres auf einen Monat aggregiert. In der unteren Hälfte des Bildes sind die zugehörigen Endtermine der Aufträge dargestellt. Aus diesen Daten lässt sich ablesen, dass ein Großteil der Aufträge exakt zu Monatsbeginn startet und exakt zum 28. eines jeden Monats endet. Offenbar spiegeln diese Daten nicht die tatsächlichen Abläufe des Unternehmens wider, sondern sind vielmehr ein Beispiel für mangelnde Datenqualität. Aufträge werden zu Beginn des Monats gesammelt freigegeben und zum Ende des Monats gesammelt zurückgemeldet. Eine Analyse bspw. zur optimierten Schichtbelegung oder zur Dauer von Aufträgen ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

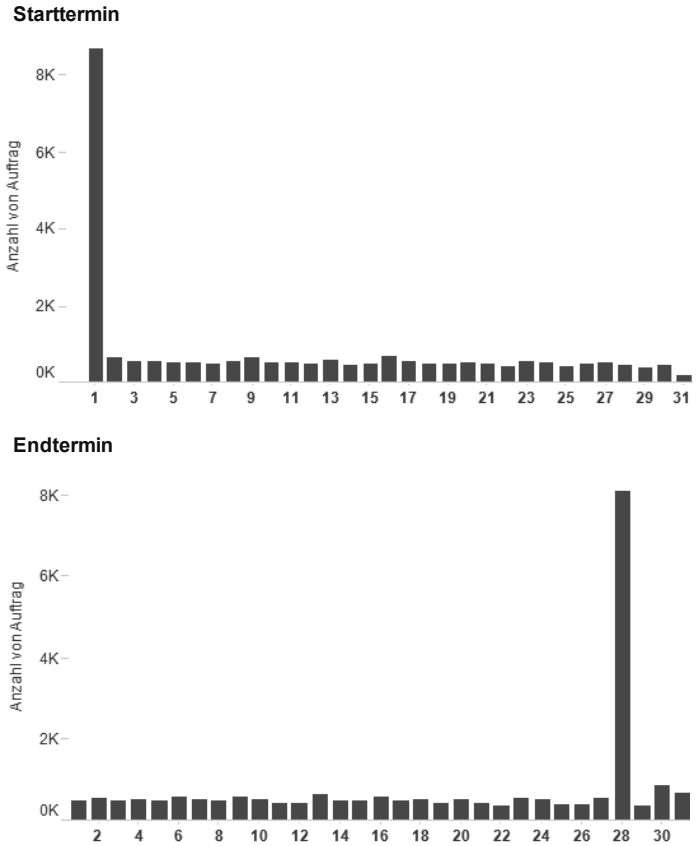

Abbildung 1-1: Beispieldaten zu Auftragsstart und -ende eines industriellen Dienstleisters (eigene Analyse)

Auch jenseits dieses Beispiels stellt die Datenqualität und -verfügbarkeit ein Problem in Unternehmen dar. So geben in einer aktuellen Studie etwa 40 % der befragten Führungskräfte an, dass die Sicherstellung der Datenqualität zu ihren wichtigsten Herausforderungen bei der Einführung von Big-Data-Initiativen zählt. Mehr als 30 % sehen die Sammlung und Verwaltung von großen Datenmengen als wesentliche Problemstellung (THE ECONOMIST (HRSG.) 2015, S. 22). Speziell für den Bereich der industriellen Dienstleistungen haben „organisch gewachsene" Strukturen zu fragmentierten Systemlandschaften geführt, in denen eine Vielzahl an Daten redundant gepflegt wird (s. BIENZEISLER ET AL. 2014, S. 28f.).

An dieser Stelle können die Technologien, die unter dem Begriff ‚Industrie 4.0' verstanden werden, einen wesentlichen Beitrag leisten. Unter Industrie 4.0 wird die „echtzeitfähige, daten-volumenstarke und multimodale Kommunikation und Vernetzung zwischen cyber-physischen Systemen und Menschen" verstanden (SCHUH ET AL. 2017a,

S. 10). In der Anwendung dieses Konzepts in Serviceorganisation ist eine deutlich tiefere Durchdringung von IT in die operative Dienstleistungserbringung zu erwarten. Diese äußert sich bspw. in der Integration von mobilen Endgeräten, Auto-ID-Technologien und IoT-Anwendungen in den Dienstleistungsprozess. Die Technologien ermöglichen es, Daten automatisiert und echtzeitnah zu erfassen und wirken damit einer unzureichenden Datenqualität entgegen.

HERTERICH ET AL. haben in einer empirischen Studie eine Reihe von Nutzenpotentialen für den Service herausgearbeitet, die mit der Einführung von cyber-physischen Systemen im technischen Service einhergehen. Insbesondere für die datenbasierte Optimierung technischer Dienstleistungen sehen sie ein „gesamtheitliches Datenmodell mit allen Serviceinformationen" als zentrale Voraussetzung (s. HERTERICH ET AL. 2015, S. 675). Dieses **übergreifende Datenmodell für industrielle Dienstleistungen** ist notwendig, um Daten aus verschiedenen Quellsystemen einen gemeinsamen Kontext zu geben. Erst dadurch kann sichergestellt werden, dass sowohl Daten aus den klassischen betrieblichen Anwendungssystemen wie dem Enterprise-Resource-Planning (ERP)- und dem Service-Management-System (SMS) mit Daten aus mobilen Applikationen sowie mit Sensordaten zu einem **einheitlichen digitalen Abbild der Serviceorganisation** aggregiert werden können.

1.2 Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit besteht darin, Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus dazu zu befähigen, ein echtzeitnahes, digitales Abbild ihrer Dienstleistungsorganisation zu generieren. Dies folgt dem Ansatz des „Internet of Events" (VAN DER AALST 2016, S. 3). Nach VAN DER AALST führt eine zunehmende Durchdringung von Technologie wie RFID, GPS und Sensornetzwerken auch zu einem zunehmenden Konvergieren der physischen und der digitalen Welt. Es entstehe hierbei ein „Internet of Events", das die Aufzeichnung, Ableitung, und Analyse von Ereignissen ermögliche (s. VAN DER AALST 2016, 3ff). Folglich soll jedes relevante Ereignis, das in der Dienstleistungsorganisation stattfindet, mit seinen beschreibenden Größen digital abgebildet sein und damit für datenbasierte Analysen zugänglich gemacht werden.

Auf dem Entwicklungspfad eines Unternehmens in die „Industrie 4.0" soll das Ergebnis dieser Arbeit eine Dienstleistungsorganisation dazu befähigen, die Reifegradstufe „Sichtbarkeit" im *„acatech Industrie 4.0 Maturity Index"* zu erreichen. Diese besteht nach SCHUH ET AL. darin, ein „jederzeit aktuelles, digitales Modell des Unternehmens zu erzeugen", das auch „Digitaler Schatten" genannt wird (s. SCHUH ET AL. 2017a, S. 16f.).

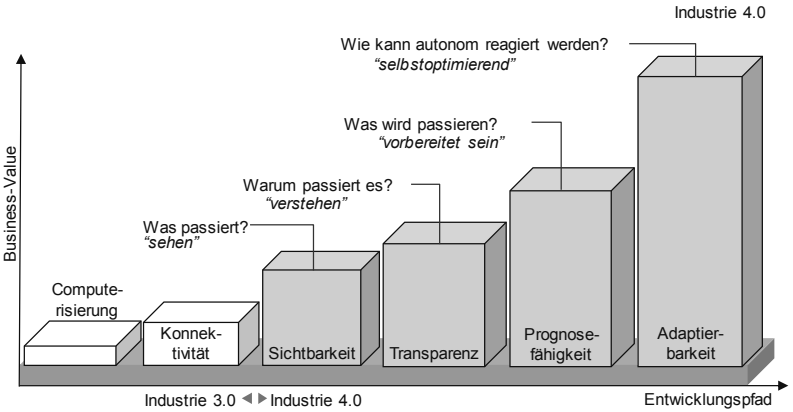

Abbildung 1-2: ***acatech Industrie 4.0 Maturity Index*** **(SCHUH ET AL. 2017a, S. 16)**

Das konkrete Ziel dieser Arbeit lässt sich demnach wie folg formulieren:

Ziel der Arbeit ist die Gestaltung des Digitalen Schattens für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau.

Um diese Ziel zu erreichen, soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit zunächst das **Konzept Digitaler Schatten** für den Untersuchungsbereich Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau beschrieben werden. Weiterhin soll ein **Referenzmodel für die Instandhaltungsdienstleistungen** entwickelt werden, das gemäß Abbildung 1-3 die realen Prozessen in der Dienstleistungsorganisation darstellt und ebenfalls die relevanten Ressourcen wie bspw. Mitarbeiter, Werkzeuge und Dokumente beinhaltet. Das Referenzmodell soll als Basis für die im Digitalen Schatten abzubildenden Daten dienen. Schließlich soll ein **Datenmodell** für den zu gestaltenden Digitalen Schatten entwickelt werden. Das Datenmodell soll den aus unterschiedlichen Informationssystemen stammenden Daten einen gemeinsamen Rahmen geben. Weiterhin soll sichergestellt sein, dass der Digitale Schatten alle relevanten Informationsbedarfe abdeckt. Diese sind in Abbildung 1-3 beispielhaft als „Applikationen" aufgeführt. Um eine Anwendung im Unternehmen zu ermöglichen, soll das Modell um eine **Vorgehensweise zur Erstellung des Digitalen Schattens** in einem Unternehmen ergänzt werden.

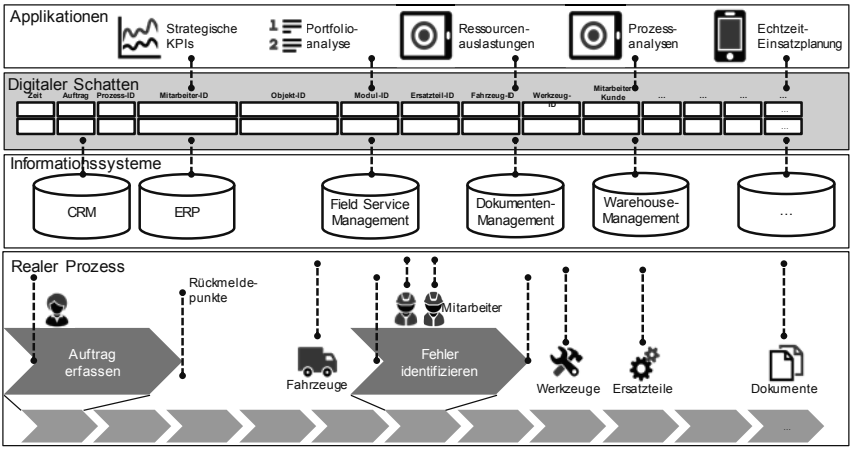

Abbildung 1-3: Zielsetzung der Arbeit (eigene Darstellung)

Das gesetzte Ziel mit seinen Unterzielen lässt sich in die folgende Forschungsfragen fassen:

Hauptforschungsfrage: *Wie ist der Digitale Schatten für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau zu gestalten?*

Unterforschungsfragen:

- Was ist der Digitale Schatten für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau und was sind die Anforderungen an diesen?
- Wie sind Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau als Grundlage für ein Datenmodell zu modellieren?
- Welche Daten in welcher Qualität charakterisieren Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau hinreichend genau?
- Wie ist eine Vorgehensweise zur Erstellung eines Digitalen Schattens für ein Unternehmen zu gestalten?

1.3 Forschungskonzeption & Aufbau der Arbeit

Der Digitale Schatten von Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau stellt im Sinne der anwendungsorientierten Forschung eine „Erfindung“ dar. Es ist daher nicht möglich, verschiedene Ausprägungen des Phänomens in der Realität zu beobachten und Schlussfolgerungen hieraus zu ziehen, wie es bspw. im Rahmen einer fallstudienbasierten Untersuchung (vgl. EISENHARDT 1989; EISENHARDT U. GRAEBNER 2007) oder anderer empirisch-induktiver Herangehensweisen Praxis wäre (vgl. ULRICH U. HILL 1976, S. 348). Das zu entwickelnde Konzept Digitaler Schatten ist heute nicht in der unternehmerischen Praxis zu beobachten.

Der Digitale Schatten für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau stellt eine mögliche Lösung für die oben beschriebene Problemstellung in der

Praxis dar und ist somit den „angewandten Handlungswissenschaften“ als Ausprägung der Realwissenschaften zuzuordnen. Der Wissenschaftsbegriff lässt sich nach ULRICH U. HILL grundsätzlich in die Formal- und Realwissenschaften aufgliedern (ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Die Gliederung hilft, die zu untersuchenden Problemstellungen zuzuordnen und eine passende Forschungsstrategie auszuwählen. In den Formalwissenschaften wird die „Konstruktion von Zeichensystemen“ untersucht. Beispielhaft seien hier mathematische, logische und philosophische Problemstellungen genannt. In den Realwissenschaften steht „die Beschreibung, Erklärung und Gestaltung empirisch (sinnlich) wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte“ im Fokus (ULRICH U. HILL 1976, S. 305). Während innerhalb der Realwissenschaften die Grundlagenwissenschaften den Versuch unternehmen, die Ausschnitte der Wirklichkeit erklärbar zu machen, verfolgen die Handlungswissenschaften das Ziel, „menschliche Handlungsalternativen“ zu analysieren. Sie haben damit den Anspruch, „faktische Wahrheit“ zu liefern und müssen sich an der Zweckmäßigkeit messen lassen (ULRICH U. HILL 1976, S. 306).

Die entsprechende Forschungsstrategie zu dieser Art Problemstellung liefert ULRICH. In Abbildung 1-4 sind dessen Phasen der angewandten Forschung und die korrespondierenden Kapitel dieser Arbeit dargestellt. Die angewandte Forschung basiert per Definition auf der Anwendung theoretischer Erkenntnisse aus den Formalwissenschaften sowie der durch den Forscher erarbeiteten Konzepte in der Praxis. Da der Zweck dieser Art der Forschung in der Generierung von Lösungen für ein Problem der Praxis besteht, ist die fortwährende Einbindung der Praxis nicht nur notwendige Pflicht, sondern wesentlicher Bestandteil der Forschung (ULRICH ET AL. 1984, S. 192). Praxis bedeutet nach ULRICH „menschliches Verhalten“. Damit einher gehen zwei maßgebliche Herausforderungen: die passende Eingrenzung des Betrachtungsbereichs und die „Anerkennung der Komplexität“. Bei der Anwendung formalwissenschaftlicher Modelle muss daher stets kritisch hinterfragt werden, ob sie die Realität nicht unzulässig verkürzen und diese damit für die praktischen Anwendung unbrauchbar sind (ULRICH ET AL. 1984, S. 175).

In Kapitel 1 der Arbeit werden im Rahmen der Einleitung die Problemstellung und das Ziel der Arbeit vorgestellt. Kapitel 1 spiegelt damit die Erfassung und Typisierung des Problems der Praxis wider. In Kapitel 2 werden begriffliche Grundlagen erläutert sowie eine Eingrenzung des Untersuchungsbereichs durchgeführt. In Kapitel 3 wird der Status quo der Erkenntnisse in Wissenschaft und Technik zu der formulierten Problemstellung diskutiert. Kapitel 2 und 3 bilden die zweite Phase im Forschungsprozess nach ULRICH ab, indem die relevanten Theorien und Hypothesen der empirischen Grundlagenwissenschaften erfasst werden. In der dritten Phase des Forschungsprozesses werden problemrelevante Verfahren der Formalwissenschaften erfasst. In der vorliegenden Arbeit werden diese in Kapitel 4 dargestellt. Anschließend wird der Anwendungszusammenhang in Form von Fallstudien aus mehreren Unternehmen in einem Beschreibungsmodell erfasst bzw. durch ein Erklärungsmodell untersucht. Die Darstellung dessen erfolgt in den Kapiteln 5 und 6 dieser Arbeit. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird in Kapitel 7 die Vorgehensweise zur Einführung des Digitalen Schattens

entwickelt, die mit der Ableitung von Gestaltungsregeln und -modellen des Forschungsprozesses korrespondiert. Parallel dazu werden die gesammelten Erkenntnisse im Anwendungszusammenhang validiert, was der sechsten Phase des Forschungsprozesses entspricht und teilweise bereits Inhalte der Phase 8 „Beratung der Praxis“ umfasst. Abschließend werden in Kapitel 8 die zentralen Erkenntnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf weitere Forschungsbedarfe sowie die weitere betriebliche Anwendung der Erkenntnisse gegeben (s. ULRICH ET AL. 1984, S. 192).

<table>
<tr><th>Einbindung der Praxis</th><th colspan="2">Phasen der angewandten Wissenschaft nach ULRICH[1]</th><th colspan="2">Kapitel der Arbeit</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Vorgespräche und Interviews Erfahrungen aus der Beratungspraxis</td><td>1</td><td>Erfassung und Typisierung praxisrelevanter Probleme</td><td>1</td><td>Einleitung</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">2</td><td rowspan="3">Erfassung und Interpretation problemrelevanter Theorien und Hypothesen der empirischen Grundlagenwissenschaften</td><td>2</td><td>Begriffliche Grundlagen und Eingrenzung des Untersuchungsbereichs</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Gestaltung des Digitalen Schattens - Status quo in Forschung und Technik</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">Theoretische Bezugspunkte und Konzepte</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Erhebung und Analyse von Fallstudien als Grundlage des Referenzmodells</td><td rowspan="3">4</td><td rowspan="3">Erfassung und Untersuchung des relevanten Anwendungs-zusammenhangs</td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">Konzeptionierung des Digitalen Schattens</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">Detaillierung des Referenzmodells für den Digitalen Schatten</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">Ableitung von Beurteilungskriterien, Gestaltungsregeln und -modellen</td><td rowspan="3">7</td><td rowspan="3">Einführung des Digitalen Schattens</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Anwendung der Vorgehensweise

Überführung der Ergebnis in ein Beratungsprodukt</td><td>6</td><td>Prüfung der Regeln und Modelle im Anwendungs-zusammenhang</td></tr>
<tr><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">Beratung der Praxis</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Zusammenfassung und Ausblick</td></tr>
</table>

Abbildung 1-4: Forschungskonzeption nach ULRICH ET AL. (1984, S. 193) und Aufbau der Arbeit