

# 1 Einleitung

Wir leben in einer Welt multipler Krisen, welche in der industriellen Praxis für vielfältige Herausforderungen sorgen.<sup>1</sup> Die allgegenwärtige Klimakrise wird begleitet von einer Pandemie, einer neuen Stufe von Machtpolitik, die im Ukraine-Russland-Krieg gipfelte oder Krisen der Finanz-, Energie- und Materialmärkte.<sup>2</sup> Zwei Drittel der Unternehmen, befürchten durch die Situation der multiplen Krisen eine dauerhafte Schädigung ihrer Wettbewerbsposition.<sup>3</sup> Hierdurch entsteht der Bedarf der Unternehmen ihre Geschäftsaktivitäten zu transformieren, um insbesondere mit den stark steigenden Lohnkosten am Standort Deutschland wettbewerbsfähig zu bleiben.<sup>4</sup> Die bereits seit vielen Jahren beschriebene VUCA-Welt<sup>5</sup> (dt.: Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität) entwickelt sich im Kontext dieser Zeit der Krisen weiter zu einer BANI-Welt<sup>6</sup> (dt.: brüchig, ängstlich, nicht-linear und unbegreiflich) und zwingt die Industrie immer stärker dazu, sich kurzzyklisch zu verändern und flexibel auf anstehende Herausforderungen zu reagieren. Diese Veränderungen beziehen sich auf alle Aspekte des Unternehmens, von der Entwicklung über die Produktion bis hin zum Personalmarketing.<sup>7</sup> Im Rahmen dieser Dissertation wird dabei ein Aspekt der Geschäftsaktivitäten von produzierenden Unternehmen näher betrachtet, wohlwissend, dass es darüber hinaus weitere umfangreiche Veränderungen benötigt, um in der Zeit multipler Krisen zu bestehen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Schröder (2022), Lohnstückkosten im internationalen Vergleich, S.5

<sup>2</sup> Vgl. Feist et al. (2023), Klimaverhandlungen im Zeichen multipler Krisen, S.2

<sup>3</sup> Vgl. Grömling et al. (2023), Unternehmen befürchten dauerhafte Kostenbelastungen, S.539

<sup>4</sup> Vgl. Grömling et al. (2023), Unternehmen befürchten dauerhafte Kostenbelastungen, S.541

<sup>5</sup> Vgl. Bennett et al. (2014), Understanding threats to performance, S.311ff.

<sup>6</sup> Vgl. Evseeva et al. (2022), Employee Development and Digitalization, S.254

<sup>7</sup> Vgl. Evseeva et al. (2022), Employee Development and Digitalization, S.254



## 1.1 Motivation

Getrieben durch das VUCA-Wettbewerbsumfeld und darüber hinaus den Wandel zu einer BANI-Welt benötigen Unternehmen mehr Flexibilität, um zu bestehen.<sup>8</sup> Auch wenn die Forderung nach Flexibilität das ganze Unternehmen betrifft kann in der Produktentwicklung produzierender Unternehmen ein großer Beitrag geleistet werden.<sup>9</sup> So ist es möglich auf veränderte Marktbedingungen mit neuen Leistungen und Produkten zu reagieren und gleichzeitig ist die Flexibilität in der Produktentwicklung maßgeblich für die time-to-market verantwortlich.<sup>10</sup> Nach KOPMANN ET AL. ist eine Möglichkeit Flexibilität in den Entwicklungsabteilungen der Unternehmen zu realisieren, die Geschäftsaktivitäten in Projektform zu organisieren.<sup>11</sup> Von Projekten spricht man, wenn ein definiertes Ziel, einer komplexen Fragestellung in einem festgelegten Zeitraum erreicht werden soll.<sup>12</sup> Nach ERNE liegt der Grund für Projekte in der „Minimierung der Risiken, die in einem einmaligen und zeitlich begrenzten Vorhaben liegen“.<sup>13</sup> Dementsprechend eignen sich Projekte aufgrund ihrer Einmaligkeit und der Möglichkeit sie kurzfristig zu starten, um sich verändernde Begebenheiten durch Krisen zu berücksichtigen.<sup>14</sup> In vielen Unternehmen ist gar ein Projektboom zu verzeichnen.<sup>15</sup> Dadurch werden viele Projekte zeitgleich bearbeitet und greifen auf den gleichen Ressourcenpool zurück, weshalb ein umfangreiches Ressourcenmanagement notwendig ist.<sup>16</sup> Häufig entstehen durch die zahlreichen Projekte, die auf die gleichen Ressourcen zurückgreifen, Konflikte und es müssen Lösungen gefunden werden, um die Ressourcenkonflikte aufzulösen.<sup>17</sup> Gerade in einer komplexen Multiprojektumgebung ist es häufig schwierig, entstehende Ressourcenkonflikte auflösen zu können, ohne neue zu verursachen.<sup>18</sup> Die Konsequenz ist, dass insbesondere Mitarbei-

---

<sup>8</sup> Vgl. Schuh et al. (2021), Sustainable Innovation, S.11

<sup>9</sup> Vgl. Beibl et al. (2023), Flexibility - Grand Challenge, S.93f.

<sup>10</sup> Vgl. Beibl et al. (2023), Flexibility - Grand Challenge, S.92

<sup>11</sup> Vgl. Kopmann et al. (2015), Multiprojektmanagement: Not oder Tugend, S.31

<sup>12</sup> Vgl. Alam et al. (2020), Projektmanagement für die Praxis, S.2

<sup>13</sup> Vgl. Erne (2019), Lean Project Management, S.14

<sup>14</sup> Vgl. Erne (2019), Lean Project Management, S.10

<sup>15</sup> Vgl. Kuster et al. (2019), Handbuch Projektmanagement, S.58

<sup>16</sup> Vgl. Techt et al. (2011), Pragmatisches Ressourcenmanagement Teil 2, S.2

<sup>17</sup> Vgl. Fiedler (2020), Controlling von Projekten, S.52

<sup>18</sup> Vgl. Techt et al. (2011), Pragmatisches Ressourcenmanagement Teil 2, S.2



tende mit hoher Fachkompetenz überbelastet werden und einen Engpass für den Projektfluss darstellen.<sup>19</sup> Eine weitere Herausforderung ist, dass sich Projektziele oder Projektrahmenbedingungen während der Laufzeit der Projekte dynamisch verändern. Die Studie des PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE bestätigt, dass Veränderungen in der Zielsetzung eine häufige Ursache für das Scheitern von Projekten sind.<sup>20</sup> Das Ressourcenmanagement in Multiprojektumgebungen muss also so gestaltet sein, dass es Ressourcenkonflikten vorbeugt und bei Planabweichungen und Veränderungen flexibel gesteuert werden kann.<sup>21</sup> In der wissenschaftlichen Literatur wird Anfälligkeit gegenüber Veränderungen beispielsweise durch Lean Development Ansätze adressiert.<sup>22</sup> Diese Ansätze raten von einer zu detaillierten Planung in von Unsicherheit geprägten Umgebungen ab.<sup>23</sup> Im Gegensatz dazu finden sich unter dem Begriff „Resource-Constrained Project Scheduling Problem“ (RCPSP) zahlreiche Werke, die sich mit der Verbesserung der Ressourcenplanung durch mathematische Optimierungsprobleme beschäftigen.<sup>24</sup> Diese Modelle basieren jedoch häufig auf einer zu starken Abstraktion der Realsysteme, wodurch der Übertrag des theoretisch idealen Ressourceneinsatzes in die Praxis bisher nicht möglich ist. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens soll daher ein neuer Ansatz entwickelt werden, der Flexibilität mit den Stärken von Optimierungsmodellen bei der Planung des Ressourceneinsatzes in komplexen Multiprojektumgebungen in der Entwicklung kombiniert. Dadurch soll eine praxisnahe Methodik entwickelt werden, die es ermöglicht, den Ressourceneinsatz im Multiprojektmanagement bei hoher Flexibilität und gleichzeitig bestmöglicher Zielerreichung aller Projekte zu planen und zu steuern. Ein solcher Ansatz, insbesondere für die industrielle Anwendung, existiert aktuell noch nicht, weshalb das vorliegende Forschungsvorhaben an genau dieser Stelle ansetzt.

## 1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen der Arbeit

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die Herausforderungen der aktuellen industriellen Praxis beschrieben, welche durch die vorliegende Arbeit adressiert werden sollen und die Basis für die Ableitung der Zielsetzung bilden. Das übergeordnete Ziel ist

---

<sup>19</sup> Vgl. Techt et al. (2011), *Pragmatisches Ressourcenmanagement Teil 2*, S.6

<sup>20</sup> Vgl. Project Management Institute (2016), *Pulse of the Profession*, S.23

<sup>21</sup> Vgl. Khatib et al. (2022), *Simulation in Project and Program Management*, S.741

<sup>22</sup> Vgl. Schuh et al. (2021), *Sustainable Innovation*, S.7

<sup>23</sup> Vgl. Reinertsen (2005), *Let it flow*, S.45

<sup>24</sup> Vgl. Habibi et al. (2018), *Resource-constrained project scheduling*, S.55



es, die Projektzielerreichung in der Produktentwicklung von produzierenden Unternehmen zu verbessern. Eine der wichtigsten Möglichkeiten die Zielerreichung von Entwicklungsprojekten zu beeinflussen ist das Ressourcenmanagement, welches im Kontext der Produktentwicklung vor allem den Personalressourceneinsatz umfasst. Insbesondere Engpassressourcen sind Gegenstand von Ressourcenkonflikten zwischen Projekten und somit Ursprung für Projektverzögerungen und Planabweichungen. Bei Engpassressourcen handelt es sich in der Regel um Expert\*innen mit einem besonderen Kompetenzprofil. Im Ansatz der vorliegenden Arbeit sollen daher die Kompetenzen der Personalressourcen berücksichtigt werden, um bei der Planung und Steuerung der Projekte Ressourcenkonflikte und Engpässe proaktiv zu vermeiden. Darüber hinaus wird untersucht, wie das Kompetenzprofil einer Personalressource die Bearbeitungsdauer einer Aktivität beeinflusst, wodurch individuelle Bearbeitungsdauern je Ressource berechnet werden können und die Planungsgüte nochmals verbessert werden soll. Die Planung und Steuerung selbst soll mit Hilfe eines Optimierungsverfahrens, das auf bestehenden Ansätzen des RCPSP beruht und diese um neue Zielfunktionen und Nebenbedingungen ergänzt, erfolgen. Das Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens lässt sich zusammenfassend wie folgt formulieren:

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur kompetenzbasierten Planung und Steuerung des Ressourceneinsatzes in Entwicklungsprojekten mittels Optimierungsverfahren zur Verbesserung der Projektzielerreichung.

Nachfolgend wird zur Festlegung des Bezugsrahmens und zur Absicherung des Forschungsprozesses der Empfehlung von KUBICEK folgend, die zentrale Forschungsfrage formuliert:<sup>25</sup>

**„Wie lässt sich durch eine Optimierung des kompetenzbasierten Ressourceneinsatzes die Projektzielerreichung in einer Multientwicklungsprojektumgebung verbessern?“**

Aus der Hauptforschungsfrage lassen sich Teilforschungsfragen für das Forschungsvorhaben ableiten. Durch die Beantwortung der Teilforschungsfragen und die Kombination der generierten Erkenntnisse kann die Hauptforschungsfrage beantwortet werden. Die Teilforschungsfragen lauten:

1. *Wie lassen sich die Projektziele in Form einer Zielfunktion beschreiben?*
2. *Wie lassen sich die Personalressourcen im Kontext der Produktentwicklung durch individuelle Kompetenzprofile beschreiben?*
3. *Wie lassen sich Aktivitäten in Entwicklungsprojekten auf Basis kompetenzorientierter Eigenschaften beschreiben?*

---

<sup>25</sup> Vgl. Kubicek (1977), Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns, S.21–25



4. *Wie lässt sich der Einfluss einer zugewiesenen Ressource auf die Durchführungsdauer einer Aktivität bestimmen?*
5. *Wie lassen sich Aktivitäten mittels Optimierungsverfahren zur Verbesserung der Projektzielerreichung planen und steuern?*

Die Beantwortung dieser Forschungsfragen stellt den Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit dar und soll anhand eines strukturierten Forschungsprozesses erfolgen. Aus diesem Grund wird im nächsten Kapitel der konzeptionelle Forschungsansatz beschrieben.

### 1.3 Konzeption der Forschungsmethodik

Forschung kann definiert werden als eine Aktivität, die das Ziel verfolgt Phänomene zu verstehen.<sup>26</sup> Phänomene beschreiben dabei nach HEVNER UND CHATTERJEE das Verhalten eines Objektes, welches für eine forschende Person oder eine Gruppe von Forschenden von Interesse ist.<sup>27</sup> Das Verstehen dieser Phänomene definieren sie als Wissen, welches es erlaubt Vorhersagen über das Verhalten oder einzelner Aspekte des Phänomens anzustellen.<sup>28</sup> Ziel eines Forschungsvorhabens ist daher stets, dieses Wissen zu erweitern, Lücken im Wissen zu schließen und Fragen zu beantworten.<sup>29</sup> Dabei kann Forschung in verschiedene Wissenschaftsbereiche unterteilt werden. Eine verbreitete Systematik ist die Wissenschaftssystematik von ULRICH UND HILL (siehe Abbildung 1-1).<sup>30</sup> Darin werden Formalwissenschaften und Realwissenschaften unterschieden. Während sich Formalwissenschaften auf die „Konstruktion von Zeichensystemen und Regeln zur Verwendung dieser“ konzentriert (bspw. Philosophie oder Mathematik), fokussieren sich die Realwissenschaften auf die Beschreibung „empirisch wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte“<sup>31</sup>. Diese werden weiter unterteilt durch die Art der Zielsetzung, indem entweder ein theoretisches Ziel (Grundlagenwissenschaften) oder praktisches Ziel (Handlungswissenschaften) verfolgt wird. Genau an dieser Schnittstelle zwischen den angewandten Handlungswissenschaften und den reinen

---

<sup>26</sup> Vgl. Kuhn (1970), The structure of scientific revolutions

<sup>27</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.2

<sup>28</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.2

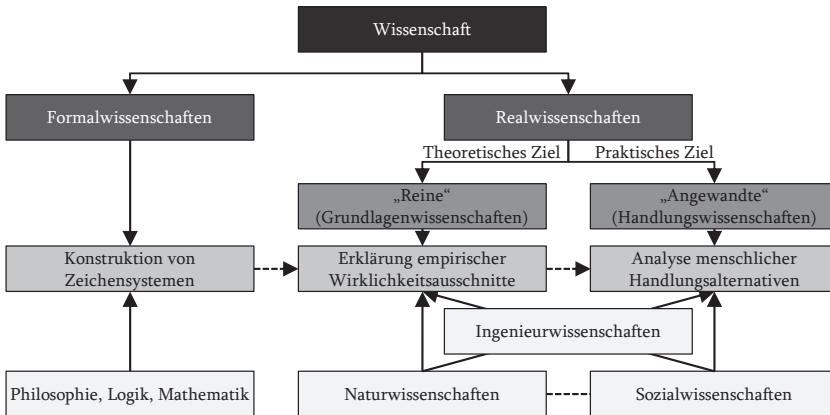
<sup>29</sup> Vgl. Marczyk et al. (2005), Essentials of research design, S.16

<sup>30</sup> Vgl. Ulrich et al. (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S.305

<sup>31</sup> Vgl. Ulrich et al. (1976), Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, S.305



Grundlagenwissenschaften können die Ingenieurwissenschaften eingeordnet werden.<sup>32</sup>



**Abbildung 1-1 Wissenschaftssystematik nach ULRICH und HILL**

BLESSING UND CHAKRABARTI spezifizieren das Ziel von Forschung in den Ingenieurwissenschaften als die Formulierung und Validierung von Modellen und Theorien zu ingenieurstechnischen Phänomenen sowie die Entwicklung und Validierung von Wissen, Methoden und Tools, basierend auf den Modellen und Theorien.<sup>33</sup> Genau auf diese Weise lässt sich auch die vorliegende Arbeit klassifizieren, worin neue Modelle entwickelt werden, die empirische Zusammenhänge mathematisieren und somit zur Erweiterung der Wissensgrundlage beitragen. Da die Modelle dabei jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Ausschließlichkeit haben, sondern das Ziel verfolgen, Anwender\*innen der entwickelten Modelle Entscheidungsunterstützung bereitzustellen, geht auch ein starker Handlungsbezug hervor. Aus der Motivation und Zielsetzung der Arbeit ist zudem abzuleiten, dass es sich um eine anwendungsbezogene Forschungsarbeit handelt, die reale Herausforderungen aus der Praxis adressiert. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Idee für das Forschungsvorhaben im Rahmen von institutsseitigen Forschungstätigkeiten und industriellen Beratungstätigkeiten im Bereich des Innovationsmanagements entstanden ist und diese Arbeit somit im unmittelbarem Forschungs- und Praxiszusammenhang steht.

<sup>32</sup> Vgl. Dölle (2018), Projektsteuerung in der Produktentwicklung, S.9

<sup>33</sup> Vgl. Blessing et al. (2002), DRM : A Design Research Methodology, S.1



Nach der Einordnung der Arbeit innerhalb der Wissenschaftssystematik erfolgt im nächsten Schritt die Definition eines geeigneten Forschungsprozesses. Zur Generierung relevanter und reproduzierbarer Ergebnisse, bedarf es eines systematischen Vorgehens, welches durch die Anwendung einer Forschungsmethodik sichergestellt wird.<sup>34</sup> Nachfolgend werden mit der Design Science Research Methodology<sup>35</sup>, der Design Research Methodology<sup>36</sup> und dem Forschungsansatz nach ULRICH<sup>37</sup> drei Forschungsmethodiken vorgestellt (Abbildung 1-2).

Die Design Science Research Methodology leitet sich aus dem Ansatz von SIMON „Sciences of the Artificial“ ab.<sup>38</sup> Dabei geht es im Gegensatz zu den Naturwissenschaften um die Wissenschaft menschlich geschaffener Phänomene. Ein menschlich geschaffenes Artefakt steht dabei in Wirkbeziehung zu seiner Umwelt und seiner Zielbestimmung. Die Entwicklung eines solchen Artefaktes ist das Kernelement der Design Science Research Forschungsmethodik. Sie umfasst sechs Aktivitäten, beginnend mit der Problemidentifikation und Lösungsmotivation. Die weiteren Schritte sind: Ziele für die Lösung definieren, Konzeptionierung und Entwicklung, Demonstration, Evaluation und Kommunikation.<sup>39</sup>

Die Design Research Methodology gliedert sich in vier übergeordnete Schritte. Zunächst erfolgt die Klärung des Forschungsziels anschließend eine erste deskriptive Studie, gefolgt von einer präskriptiven Studie und abgeschlossen von einer weiteren deskriptiven Studie. Im ersten Schritt werden die Grundlagen der Arbeit, die Ausgangssituation, das Vorgehen sowie der zu erreichende Zielzustand beschrieben. In der ersten deskriptiven Studie soll ein detailliertes Verständnis des Forschungsfeldes aufgebaut werden und Einflussfaktoren auf die Zielsetzung identifiziert werden. Die präskriptive Studie umfasst die Entwicklung eines neuen Modells oder einer neuen Theorie zur Erklärung des zu untersuchenden Phänomens. Im letzten Schritt erfolgt die Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf die Zielstellung und die Anwendung in der Praxis.<sup>40</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl. Blessing et al. (2002), DRM : A Design Research Methodology, S.1

<sup>35</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems

<sup>36</sup> Vgl. Blessing et al. (2009), DRM, a Design Research Methodology

<sup>37</sup> Vgl. Ulrich et al. (1984), Management

<sup>38</sup> Vgl. Simon (1996), The sciences of the artificial

<sup>39</sup> Vgl. Peffers et al. (2007), A design science research methodology, S.45ff. & Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.9ff.

<sup>40</sup> Vgl. Blessing et al. (2009), DRM, a Design Research Methodology



Ein weiterer Ansatz zur Strukturierung des Forschungsprozesses ist das Vorgehen der Angewandten Wissenschaft nach ULRICH. Darin wird ein praxisrelevantes Problem zunächst erfasst, typisiert und dann anhand empirischer Grundlagen sowie wissenschaftlicher Ansätze und Theorien interpretiert. Darauf aufbauend werden Regeln abgeleitet und Modelle entwickelt, die abschließend in der Praxis validiert werden.<sup>41</sup>

Design Science Research Methodology	Design Research Methodology	Forschungsmethodik nach ULRICH
Problemidentifikation & Motivation	Klärung der Forschungsziele	Erfassung und Typisierung praxisrelevanter Probleme
Definieren der Ziele für eine Lösung (Auf Basis von bestehenden Lösungen)	Deskriptive Studie 1 (Verständnis für das Forschungsfeld schaffen)	Erfassung und Interpretation problemrelevanter Theorien
Konzeptionierung und Entwicklung (Artefakt erzeugen (z.B. Modelle))		Erfassung und Spezifizierung problemrelevanter Verfahren der Formalwissenschaft.
Demonstration (Artefakt einsetzen um das Problem zu lösen)	Präskriptive Studie (Lösung für das Ziel erarbeiten)	Erfassung und Untersuchung des relevanten Anwendungszusammenhangs
Evaluation (Beobachten und Bewerten der Lösung)		Ableitung von Beurteilungskriterien, Gestaltungsregeln und -modellen
Kommunikation (Ergebnisse dokumentieren und veröffentlichen)	Deskriptive Studie 2 (Bewertung der erarbeiteten Lösung)	Prüfung der Regeln und Modelle im Anwendungszusammenhang
		Beratung der Praxis

**Abbildung 1-2    Forschungsansätze: Design Science Research Methodology, Design Research Methodology und Ansatz nach ULRICH**

Alle beschriebenen Forschungsansätze zeigen eine ähnliche Struktur. Gemein haben alle Ansätze, dass zunächst eine genaue Erfassung und Beschreibung des Problems und der daraus abgeleiteten Forschungsziele erfolgt. Anschließend werden bestehende Ansätze und Theorien zum Forschungsziel untersucht, bevor die Entwicklung eines neuen, eignen Ansatzes bzw. einer Lösung erfolgt. Auch die Überprüfung des neuen Ansatzes bzw. der Lösung ist Teil aller drei Forschungsansätze. Dementsprechend werden die genannten Schritte auch in der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegt.

Im Detail wird die vorliegende Arbeit nach der Forschungsmethodik Design Science Research ausgerichtet. Während die Design Science Research im Kontext der Informa-

<sup>41</sup> Vgl. Ulrich et al. (1984), Management, S.192ff.



tionssysteme die größte Verbreitung aufweist, wird sie auch in den Ingenieurwissenschaften und der Forschung von Managementdisziplinen eingesetzt.<sup>42</sup> Auch das Projekt- und Ressourcenmanagement sind Managementdisziplinen deren grundsätzliches Ziel darin liegt, „organisatorische Ziele und Vorgaben zu entwickeln, zu formulieren und zu erreichen“<sup>43</sup>. Im Kontext der Design Science Research ist das zu entwickelnde neuartige Artefakt notwendig, um dem Management die Fähigkeit zu geben, „bestehende Zustände in bevorzugte Zustände“<sup>44</sup> zu überführen.<sup>45</sup> Genau dieses Ziel wird auch durch diese Forschungsarbeit verfolgt. Auch die formulierten Leitlinien für eine Forschung nach der Design Science Research (siehe Tabelle 1-1)<sup>46</sup> decken sich mit der Ausrichtung dieser Arbeit, weshalb sich bei der Auswahl der Forschungssystematik für das Vorgehen nach der Design Science Research Methodology entschieden wurde.

**Tabelle 1-1 Leitlinien für Forschung nach der Design Science Research**

<b>Leitlinie</b>	<b>Beschreibung</b>
Erzeugung eines Artefakts	Die Forschung erzeugt ein Artefakt in Form eines Konstruktes, eines Modells oder einer Methodik.
Problemrelevanz	Das Ziel ist die Entwicklung technologiebasierter Lösungen für reale Probleme in der Industrie.
Validierung des Artefakts	Die Güte des Artefakts muss durch eine geeignete und nachvollziehbare Validierung demonstriert werden.
Forschungsbeitrag	Die Forschung muss eindeutige und verifizierbare Beiträge im Forschungsgebiet des Objektbereichs liefern.
Forschungsstringenz	Der Methodeneinsatz zur Entwicklung und Validierung des Artefakts muss angemessen und exakt sein.
Gestaltung als Suchprozess	Die Entwicklung des Artefakts ist ein Suchprozess nach einer Lösung, die die Problemstellung in der jeweils relevanten Umgebung erfüllt.
Kommunikation der Forschung	Die Ergebnisse sind sowohl für ein technologieinteressiertes Publikum als auch für ein managementorientiertes Publikum aufzubereiten.

Zusammengefasst beschrieben die sieben Leitlinien Forschung, die ein Artefakt hervorbringt, das dabei hilft, ein Ziel zu erreichen oder ein Problem zu lösen. Die Entwicklung des Artefakts ist ein Suchprozess, der auf bestehenden Theorien und Erkenntnissen basiert. Das Problem muss dabei ein relevantes Geschäftsproblem sein und

<sup>42</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.XIV & Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.195

<sup>43</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.195

<sup>44</sup> Vgl. Simon (1996), The sciences of the artificial, S.130

<sup>45</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.195

<sup>46</sup> Vgl. Hevner et al. (2004), Design Science in Information Systems Research, S.82



der Nutzen muss relevant und die Qualität der erarbeiteten Lösung muss stichhaltig sein. Das bedeutet, dass zum einen Anforderungen bzw. Bedarfe seitens der Unternehmen bestehen, die im Rahmen einer Arbeit adressiert werden. Und auf der anderen Seite eine Wissensbasis geschaffen wird, auf der das weitere Vorgehen aufbaut. In der Design Science Research Methodology werden also sowohl Bedarfe und Defizite aus der industriellen Praxis adressiert, als auch Defizite der Wissensbasis bestehender wissenschaftlicher Arbeiten. Die Design Science Research Methodology umfasst sechs Aktivitäten, welche nachfolgend beschrieben werden (siehe Abbildung 1-2).<sup>47</sup>

Zunächst wird das Problem identifiziert und die Erarbeitung einer Lösung motiviert. Dabei wird das Problem konzeptionell immer weiter heruntergebrochen und ermöglicht so die klare Ausrichtung auch bei komplexen Fragestellungen. Die Darstellung der Motivation zur Erarbeitung einer Lösung stellt die Relevanz der Forschungsarbeit sicher.<sup>48</sup>

Die zweite Aktivität umfasst das Formulieren einer Zielstellung. Die Zielstellung beschreibt dabei, wie das zu entwickelnde Artefakt eine Lösung auf die Problemstellung bietet. Das Formulieren einer guten Zielstellung benötigt Wissen über den aktuellen Zustand der Problemstellung sowie über bestehende Ansätze und Lösungen.<sup>49</sup>

Aktivität drei entwickelt schließlich das beschriebene Artefakt, basierend auf dem zuvor erarbeiteten Wissen über die Theorie und lässt dieses in die Lösung einfließen. Dieser Schritt beinhaltet die Definition der gewünschten Funktionalität sowie der Architektur des Artefakts.<sup>50</sup>

Das entwickelte Artefakt wird in der nächsten Aktivität nun demonstriert. Hierbei wird das Artefakt eingesetzt, um eine oder mehrere Instanzen der zuvor beschriebenen Problemstellung zu lösen. Dazu können Experimente, Simulationen, Fallstudien, Beweisführungen oder anderen geeigneten Vorgehen gewählt werden.<sup>51</sup>

Die fünfte Aktivität umfasst die Bewertung der Lösung des Artefakts für die Problemstellung. Bei der Bewertung sollten möglichst quantitative Parameter zur Messung der Güte der Lösung betrachtet werden, wie beispielsweise die Steigerung einer Outputgröße oder die Reduktion von Aufwänden und Kosten. Anhand dieser Messungen wird

---

<sup>47</sup> Vgl. Peffers et al. (2007), A design science research methodology, S.45ff. & Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.9ff.

<sup>48</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.28

<sup>49</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.29

<sup>50</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.29

<sup>51</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.30



entschieden, ob eine Schleife zurück zu Aktivität drei erfolgen muss, um die Performance des Artefakts zu verbessern oder ob mit der letzten Aktivität fortgefahren wird.<sup>52</sup>

Die letzte Aktivität beinhaltet die Kommunikation der Ergebnisse. Die Ergebnisse sind dabei sowohl gegenüber Forschenden hinsichtlich der Neuartigkeit, Stringenz und Wirksamkeit des Artefakts sowie gegenüber Fachleuten aus der Praxis zu kommunizieren. Auf diese Weise kann eine Weiterentwicklung oder Anwendung des Artefakts sichergestellt werden.<sup>53</sup>

Das Ausrichten der Forschung mit Hilfe der sechs Aktivitäten der Design Science Research Methodology allein ist jedoch noch kein Garant für gute Forschung. Daher sollen nachfolgend Qualitätskriterien vorgestellt werden, die eine gute Forschung auszeichnen und Rahmen dieser Arbeit als Prämissen für das weitere Vorgehen gesetzt werden (siehe Tabelle 1-2).

**Tabelle 1-2 Kriterien für gute Forschung**

Kriterium	Beschreibung
Relevanz <sup>54</sup>	Forschung ist hinsichtlich ihres pragmatischen Nutzens zu beurteilen. Ergebnisse adressieren dabei ein wichtiges Theorie- und/oder Praxisdefizit.
Stichhaltigkeit/ Methodenauswahl <sup>55</sup>	Zur Sicherstellung stichhaltiger Ergebnisse ist ein systematisches Vorgehen mit angemessenen Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage zu wählen.
Objektivität/ Nachvollziehbarkeit <sup>56</sup>	Gute Forschung zeichnet sich dadurch aus, dass sie reproduzierbar bzw. in der qualitativen Forschung nachvollziehbar ist, sodass eine Bewertung und Überprüfung der Ergebnisse erfolgen kann.
Reliabilität/ Verlässlichkeit <sup>57</sup>	Forschung ist verlässlich, wenn die Ergebnisse bei gleicher Anwendung der Methoden stabil sind, unabhängig von Zeitpunkt und Anwender.

<sup>52</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.30

<sup>53</sup> Vgl. Hevner et al. (2010), Design Research in Informations Systems, S.30

<sup>54</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.15 & Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.330 & Huber (2020), Erkenntniswert wissenschaftlicher Forschung, S.7 & James Harold Fox (1958), Criteria of Good Research, S.285

<sup>55</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.16 & Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.327 & James Harold Fox (1958), Criteria of Good Research, S.285

<sup>56</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.16 & Miles et al. (1994), Qualitative data analysis, S.278 & Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.324 & James Harold Fox (1958), Criteria of Good Research, S.285

<sup>57</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.16 & Miles et al. (1994), Qualitative data analysis, S.278 & James Harold Fox (1958), Criteria of Good Research, S.285



Interne Validität/ Glaubhaftigkeit <sup>58</sup>	Die Forschungsergebnisse müssen konsistent und frei von Widersprüchen sein.
Externe Validität/ Übertragbarkeit <sup>59</sup>	Die Forschungsergebnisse sind über den untersuchten Objektbereich hinweg nutzbar und können verallgemeinert und übertragen werden.
Anwendbarkeit/ Handlungsorientierung <sup>60</sup>	In der Forschungsarbeit erstellte Modelle sind in der Lage aus empirischen Beobachtungen Folgen oder Prognosen abzuleiten.
Transparenz über Limitationen <sup>61</sup>	Die Grenzen des Geltungsbereichs und der Möglichkeit zur Überführung in eine Generik sind zu prüfen sowie Schwächen transparent darzulegen.

Nachdem in diesem Kapitel Grundlagen der Wissenschaftssystematik und Grundlagen guter Forschung erläutert wurden, wird im anschließenden Kapitel darauf aufbauend der Aufbau der Arbeit vorgestellt.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Nach der Einordnung in die Wissenschaftssystematik, der Vorstellung möglicher Forschungssystematiken und ihrer Qualitätskriterien wird im folgenden Kapitel der Aufbau der Arbeit abgeleitet. Dabei wird insbesondere die Forschungsmethodik Design Science Research Methodology zugrunde gelegt. Wie die einzelnen Schritte der Forschungsmethodik dabei durch diese Arbeit adressiert werden wird in Abbildung 1-3 visualisiert.

Die erste Aktivität der Problemidentifikation und der Motivation wird in der vorliegenden Arbeit durch eine umfassende Erfassung und Beschreibung des Problems adressiert. Das zu adressierende Problem ist dabei von hoher Relevanz für die unternehmerische Praxis und konnte auf Basis der Erfahrung des Autors im Kontext von Forschungs- und Beratungsprojekten für das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen identifiziert und mit Expert\*innen aus der Industrie diskutiert werden. Aktuelle Studien und Forschungsarbeiten bestätigen das Defizit in der Praxis und sind

<sup>58</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.17 & Miles et al. (1994), Qualitative data analysis, S.278 & Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.330

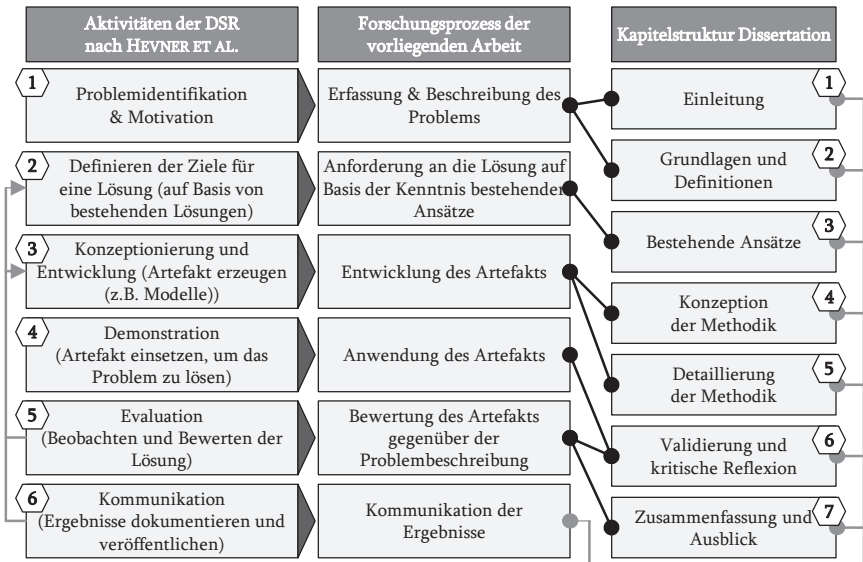
<sup>59</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.17 & Miles et al. (1994), Qualitative data analysis, S.279

<sup>60</sup> Vgl. Biedermann et al. (2013), Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften, S.18 & Miles et al. (1994), Qualitative data analysis, S.280 & Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.328

<sup>61</sup> Vgl. Flick et al. (2005), Qualitative Forschung, S.329 & James Harold Fox (1958), Criteria of Good Research, S.285



in Kapitel 1.1 zur Motivation des Themas dargestellt. Damit wird die Leitlinie zur Problemrelevanz nach der Design Science Research Methodology adressiert. Neben der Relevanz des identifizierten Problems für die Praxis werden im Prozessschritt der Erfassung und Beschreibung des Problems auch die notwendigen Grundlagen und Definitionen in der wissenschaftlichen Literatur dargestellt (Kapitel 2) und somit einerseits das Verständnis für die Problemstellung vertieft und andererseits eine gemeinsame Wissensbasis für weiteren Ausführungen dieser Arbeit geschaffen.



**Abbildung 1-3 Aus der Design Science Research abgeleiteter Aufbau der Arbeit**

Die zweite Aktivität wird im Kontext dieser Arbeit durch die systematische Analyse bereits bestehender wissenschaftlicher Ansätze zur Lösung des beschriebenen Problems umgesetzt. Ziel der Analyse ist die Identifikation des Forschungsdefizits, welches gleichzeitig die Anforderungen an die Lösung und das zu gestaltende Artefakt definiert. Dazu werden Kriterien definiert, die zur Bewertung der Übereinstimmung bestehender Ansätze mit den Forschungszielen (Kapitel 1.2) dieser Arbeit dienen. Mit Hilfe dieser Bewertung können bereits existierende, erfolgsversprechende Aspekte zur Verbesserung der Projektzielerreichung durch kompetenzorientierte Ressourcenallokation aufgegriffen und wiederverwendet werden und gleichzeitig die Defizite, die es



durch diese Arbeit zu adressieren gilt aufgedeckt werden (Kapitel 3). Durch die Adressierung von konkreten Forschungsdefiziten ist zudem die Leitlinie des Forschungsbeitrags erfüllt (siehe Tabelle 1-1).

Die Entwicklung des Artefakts steht sowohl im Fokus der nächsten Aktivität nach der Design Science Research Methodology als auch im Fokus des nächsten Schritts des Forschungsprozesses dieser Arbeit. Basierend auf dem erarbeiteten Grundlagenwissen und der Kenntnis über bestehende Ansätze kann in diesem Schritt zunächst eine Konzeption des Artefakts erfolgen (Kapitel 4), welches durch eine iterative Vorgehensweise ausdetailliert wird (Kapitel 5). Das Artefakt ist hierbei eine Methodik zur Verbesserung der Projektzielerreichung in der Produktentwicklung durch ein kompetenzbasiertes Ressourcenmanagement. Kapitel 4 beschreibt die inhaltlichen und formalen Anforderungen an die Methodik und wie diese erfüllt werden sollen. In Kapitel 5 erfolgt dann die Gestaltung des Artefakts bzw. der Methodik. Hierbei wird zur Steigerung der Verständlichkeit und Übersicht lediglich die finale Form beschrieben und keine Zwischeninstanzen, die im Zuge der iterativen Erarbeitung entstanden sind.

Nach der Entwicklung des Artefakts erfolgt im nächsten Schritt die Anwendung des Artefakts zur Demonstration der Lösungsfähigkeit. Dazu wird die entwickelte Methodik mit Hilfe eines Fallbeispiels (Kapitel 6.1) im Sinne einer Validierung erprobt. Die Beschreibung der konkreten Anwendung der Methodik (Kapitel 6.2) unterstützt dabei die Anwender\*innen der Methodik in der Praxis und kann wie ein Anwendungsleitfaden verstanden werden.

Aktivität fünf der Forschungsmethodik sieht vor, den Einsatz des Artefaktes zu bewerten. Die gemäß den Leitlinien der Design Science Research (Tabelle 1-1) muss dabei die Güte der Problemlösung durch das Artefakt bewertet werden. Hierzu erfolgt eine kritische Reflexion (Kapitel 6.3) der Ergebnisse aus der Fallstudie. Zum Abschluss wird in Kapitel 7 die Forschungsarbeit zusammengefasst und hinsichtlich stringentem und exakten Methodeneinsatz bewertet. Darüber hinaus können, im Sinne des iterativen Grundgedankens der Forschungsmethodik Design Science Research, weitere Verbesserungspotenziale identifiziert werden und zukünftige Forschungsbedarfe abgeleitet werden.

Die letzte Aktivität umfasst die Kommunikation der Ergebnisse, welche einerseits bereits forschungsbegleitend durch wissenschaftliche Veröffentlichungen erfolgt ist, wobei durch das jeweils erfolgte double-blind peer-review die wissenschaftliche Validität der Arbeit sichergestellt ist. Andererseits erfolgt die Kommunikation durch die vorliegende Monographie.