



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Masterarbeit**

Ina Hildebrand

# **Konzeptionierung und Entwicklung einer Übersetzungsmethode von Geschäftsmodellen in eine 3D Simulationsumgebung mit VR und KI- Optimierung**

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Mechanical Engineering and  
Production Management*

**Ina Hildebrand**

**Konzeptionierung und Entwicklung einer  
Übersetzungsmethode von  
Geschäftsmodellen in eine 3D  
Simulationsumgebung mit VR und KI-  
Optimierung**

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Produktionstechnik und -management  
am Department Maschinenbau und Produktion  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:  
PatientZero Games GmbH  
c/o Digital Hub Logistics



Erstprüfer/in: Prof. Dr. Randolph Isenberg  
Zweitprüfer/in: Arne Klingenberg

Abgabedatum: 08.05.2023

# **Zusammenfassung**

## **Name des Studierenden**

Ina Hildebrand

## **Thema der Masterthesis**

Konzeptionierung und Entwicklung einer Übersetzungsmethode von Geschäftsmodellen in eine 3D Simulationsumgebung mit VR und KI-Optimierung

## **Stichworte**

Geschäftsprozessmanagement, Digitalisierung, 3D Simulation, Virtual Reality, Reinforcement Learning

## **Kurzzusammenfassung**

Diese Arbeit umfasst die Konzeptionierung und Entwicklung einer Methode, mit der modellierte Geschäftsprozesse in eine praxisnahe 3D Simulationsumgebung übersetzt werden können. Als Grundlage für die Konzeptionierung der Übersetzungsmethode dienen zum einen die aktuellen Herausforderungen von kleinen und mittelständischen Unternehmen im Kontext der Digitalisierung und zum anderen die festgelegten technischen Anforderungen aus einer durchgeführten Nutzerstudie.

Zur Verbesserung des Prozessverständnisses können die Geschäftsprozesse in der Simulationsumgebung aus unterschiedlichen Perspektiven und in Virtual Reality betrachtet werden. Zudem wird die interaktive Prozessausführung der Nutzer:innen durch Handlungsempfehlungen mit Reinforcement Learning unterstützt.

## **Name of Student**

Ina Hildebrand

## **Title of the paper**

Conception and development of a method to transfer modelled business processes into a 3D simulation with VR and optimization with AI

## **Keywords**

Business process management, Digitization, 3D simulation, Virtual Reality, Reinforcement Learning

## **Abstract**

This master thesis describes the conception and development of a method to transfer modelled business process into a practical 3D environment. The conception of the method is taking current challenges into account that are associated with digitization and technical requirements gained from a user study.

With the help of the developed method the simulated business processes can be analysed from different perspectives and depicted in VR to gain a better process understanding. Furthermore, Reinforcement Learning is used to offer recommendations for actions during the interactive process execution.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	II
Tabellenverzeichnis .....	VI
<b>1. Einführung in die Thematik</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ziele der Arbeit .....	1
1.2 Methodischer Aufbau und Abgrenzung der Arbeit.....	2
<b>2. Stand der Technik</b> .....	<b>4</b>
2.1 Marktbetrachtung von Simulationssoftware .....	4
2.2 Wissenschaftliche Ansätze zu 3D Simulationen von Geschäftsprozessen.....	7
2.3 Zusammenfassung Stand der Technik.....	13
<b>3. Grundlagen</b> .....	<b>14</b>
3.1 Geschäftsprozessmanagement .....	14
3.2 Einführung in die Prozessmodellierungssprachen .....	16
3.2.1 EPK und eEPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette) .....	17
3.2.2 BPMN (Business Process Model and Notation).....	19
3.3 Process-Mining.....	24
3.4 Reinforcement Learning.....	25
<b>4. Vorstellung des entwickelten Modells</b> .....	<b>30</b>
4.1 Problemverständnis .....	30
4.1.1 Komplexität.....	32
4.1.2 Organisatorisches Change-Management.....	34

4.1.3	Kompetenzen und Kommunikation .....	35
4.2	Soziotechnischer Ansatz.....	38
4.3	Projektziele der Übersetzungsmethode .....	39
4.3.1	Leitideen.....	39
4.3.2	System und Systemgrenze .....	40
4.4	Anforderungen an die Übersetzungsmethode.....	44
4.4.1	Nutzerstudie .....	44
4.4.2	Ein- und Ausgabeparameter .....	45
4.4.3	Handlungsempfehlung mit KI.....	48
<b>5.</b>	<b>Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode.....</b>	<b>52</b>
5.1	Spezifikation der Simulationstechnik.....	53
5.1.1	Softwarearchitektur und Schnittstellen.....	54
5.1.2	Schnittstellenformat für die Datenanalyse.....	59
5.2	Spezifikation der Modellierungstechniken .....	61
5.3	Implementierung der Übersetzungsregeln in Unity.....	62
5.4	Virtual Reality .....	65
5.5	Rahmenbedingungen und Simulationsstandard.....	66
<b>6.</b>	<b>Evaluierung und Bewertung der Übersetzungsmethode .....</b>	<b>67</b>
6.1	Praxisbeispiel aus dem Maschinenbau .....	68
6.1.1	Prüfung des Informationssystems am Beispielprozess zur Handhabung von Stücklistenfehlern .....	68
6.1.2	Handlungsempfehlung mit KI für den Kundenservice.....	71

6.1.3	Bewertung des ersten Praxisbeispiels .....	76
6.2	Praxisbeispiel aus dem Hafenmanagement.....	77
6.2.1	Prüfung des Informationssystems am Beispielprozess zur Angebotseinholung .....	78
6.2.2	Handlungsempfehlung mit KI am Beispiel der Digitalisierung .....	81
6.2.3	Bewertung des zweiten Praxisbeispiels .....	85
6.3	Darstellung der Ergebnisse.....	86
6.3.1	Bewertung der technischen Anforderungen .....	86
6.3.2	Zusammenfassende Bewertung der Praxisbeispiele.....	87
6.3.3	Abschließende Bewertung der Übersetzungsmethode .....	88
<b>7.</b>	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>XIII</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BPMN	Business Process Model and Notation
CMMN	Case Management Model and Notation
DMN	Decision Model and Notation
eEPK	Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
JSON	Java Script Object Notation
KI	Künstliche Intelligenz
KNN	Künstlichen neuronale Netze
MOF	Meta-Object Facility Standard
OMG	Object Management Group
RIL	Reinforcement Learning
UML	Unified Modeling Language
VOIP	voice-over-IP
VR	Virtual Reality
VUCA	Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity
XML	Extensible Markup Language

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodischer Aufbau der Arbeit .....	3
Abbildung 2: 3D Modellierung der Beziehungen zwischen Rollen, Aktivitäten und Kapazitäten.....	7
Abbildung 3: Links: Visualisierung der Wartezeiten zwischen Transitionen; Mitte und Rechts: Spezifikationen der "Prozess-Kohorten".....	8
Abbildung 4: Darstellung von einem Gateway in „Be A Token“ .....	9
Abbildung 5: Auszug einer Geschäftssimulation mit UBBA .....	10
Abbildung 6: Auszug einer 3D Trainingssimulation .....	10
Abbildung 7: Darstellung der Inter-Modellrelationen.....	11
Abbildung 8: Einsatzzwecke von Prozessmodellen.....	17
Abbildung 9: Beispiel einer EPK-Modellierung mit XOR-Split und XOR-Join.....	18
Abbildung 10: Beispiel einer eEPK-Modellierung mit Notationserweiterung .....	18
Abbildung 11: Hauptelemente von BPMN-Prozessdiagrammen .....	20
Abbildung 12: Die wichtigsten Arten von BPMN-Aufgaben .....	21
Abbildung 13: BPMN-Ereignisse .....	22
Abbildung 14: BPMN-Modellierungsbeispiel .....	23
Abbildung 15: Übersicht der Terminologie des Process-Mining .....	25
Abbildung 16: Das Standardmodell des Reinforcement Learning .....	27
Abbildung 17: Die Wissenstreppe .....	36
Abbildung 18: Das Informationssystem und sein Umfeld .....	42

Abbildung 19: Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Arbeit aus dem Informationssystem .....	43
Abbildung 20: Priorisierte Anforderungen aus der Nutzerstudie .....	45
Abbildung 21: Konzept zum Einlesen der geforderten Attribute der Geschäftsmodellen in die Simulationsumgebung .....	48
Abbildung 22: Darstellung des Transitionssystems .....	49
Abbildung 23: Vorgehen zur Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode .....	52
Abbildung 24: Beispiel für eine praxisnahe Entwicklungsumgebung in Unity .....	53
Abbildung 25: Komponenten und Schnittstellen von Zeebe .....	55
Abbildung 26: Zeebe C# Client Connector .....	56
Abbildung 27: Anlegen des Clients und Job Workers in Unity .....	57
Abbildung 28 Deployen und Starten von Prozessinstanzen mit dem C# Client „zeebeClient“ .....	58
Abbildung 29: Implementierung des Job Workers in Unity .....	59
Abbildung 30: Speichern der Prozessdaten im Datalog .....	60
Abbildung 31: Sortieren und Auswertung der Daten im Datalog.....	60
Abbildung 32: Festlegung der Task definition im „Service Task“ von Camunda .....	61
Abbildung 33: Hinterlegtes Datenaustauschformat „TaskInfo“ im Header des Service Tasks .....	61
Abbildung 34: Abfolge und Kennungen der Übersetzungsregeln .....	62
Abbildung 35: Speichern der Aufgaben in Unity über den TaskManager .....	63
Abbildung 36: Funktion „GetToDo“ zum Abrufen der Aufgaben im TaskManager .....	63
Abbildung 37: Funktion „DoSomething“ zum Ausführen und Rückmelden der Aufgaben durch die Avatare .....	64

Abbildung 38: Steuern der Avatare zu den „MoveTargets“ in Unity .....	65
Abbildung 39: Sicht in Virtual Reality mit der PICO Neo 3 Pro .....	65
Abbildung 40: Beispielprozess: „Handhabung von Stücklistenfehlern“ .....	69
Abbildung 41: Weltweiter Datenaustausch aus der Management-Perspektive .....	70
Abbildung 42: Gesamtsicht auf einen Geschäftsprozess in einer praxisnahen Büroumgebung .....	70
Abbildung 43: Darstellung der Aufgabe „Fehleranalyse durchführen“ im Informationssystem .....	71
Abbildung 44: Darstellung der Rückmeldung „Meeting einstellen“ über das IT-System Outlook .....	71
Abbildung 45: Transitionssystem für die Aufgabe „Kunde informieren“ .....	72
Abbildung 46: Umgebung für das Beispiel „Kunde informieren“ in Unity .....	72
Abbildung 47: Aktualisierung der Policy in Unity über die Funktion „UpdateExperience“ .....	73
Abbildung 48: Gespeicherte Erfahrungen des Agenten mit $\alpha = \gamma = 0,3$ .....	74
Abbildung 49: Lernerfahrungen des Agenten über die Transitionswahrscheinlichkeiten im Zustand S1 .....	74
Abbildung 50: Policy für (S2   S2, auto) in Abhängigkeit vom Lern- und Diskontierungsfaktor .....	75
Abbildung 51: Handlungsempfehlung des Agenten für den Zustand S2 in Abhängigkeit vom Diskontierungsfaktor (Lernfaktor $\alpha = 0,3$ ).....	76
Abbildung 52: Beispielprozess „Angebotseinholung durchführen“ .....	79
Abbildung 53: Simulationsumgebung für den zweiten Beispielprozess aus der Management-Sicht .....	80
Abbildung 54: Sachbearbeiter:in geht zum Schreibtisch, um die Antwort an die Bieter zu verschicken .....	80
Abbildung 55: Funktionale Perspektive auf den Prozess „Angebotseinholung durchführen“	81

Abbildung 56: Funktionale Perspektive auf die Prozessausführung mit Avataren .....	81
Abbildung 57: Transitionssystem für die Einführung und Anpassung von IT-Systemen .....	83
Abbildung 58: Umgebung für das Beispiel „Einführung und Anpassung von IT-Systemen“ in Unity.....	83
Abbildung 59: Erlernte Umgebung des Agenten nach 1.000 Zeitschritten und $\alpha = \gamma = 0,1$ ...	84
Abbildung 60: Explorations- und Exploitationsverhalten des Agenten bei $\alpha = \gamma = 0,3$ .....	84
Abbildung 61: Policy für den Zustand S2 in Abhängigkeit vom Diskontierungsfaktor (Lernfaktor $\alpha = 0,5$ ) .....	85

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Software-Anbieter für Geschäftsprozesssimulationen .....	4
Tabelle 2: Ausgewählte Anbieter für Logistikplanungs-Software in 3D .....	6
Tabelle 3: Zusammenfassende Evaluierung von visualisierten Geschäftsmodellen in 3D ....	12
Tabelle 4: Übersicht der Quellen für die Literaturrecherche: Herausforderungen von KMUs im Kontext der Digitalisierung .....	31
Tabelle 5: Erfahrungsstand der befragten Fachexperten in der Nutzerstudie .....	44
Tabelle 6: Gegenüberstellung von gängigen Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse .....	46
Tabelle 7: Gegenüberstellung der Lizenz-freien Modellierungstools .....	54
Tabelle 8: Auswahlkriterien für die Praxisbeispiele .....	67
Tabelle 9: Ergebnisse aus der Befragung nach den Herausforderungen im Maschinenbau.	68
Tabelle 10: Bewertung des Informationssystems anhand des ersten Praxisbeispiels .....	76
Tabelle 11: Ergebnisse aus der Befragung nach den Herausforderungen als Prozessdesigner:in.....	77
Tabelle 12: Bewertung des Informationssystems anhand des zweiten Praxisbeispiels .....	85
Tabelle 13: Bewertung der Anforderungen aus der Nutzerstudie .....	87

## 1. Einführung in die Thematik

Die digitale Transformation gewinnt für deutsche Unternehmen zunehmend an Bedeutung, um langfristig erfolgreich wirtschaften zu können (APRODI, 2021). Auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz bestätigt, dass „(...) digitale Technologien und Know-how in der heutigen Arbeits- und Wirtschaftswelt über die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit von Unternehmen entscheiden“ (BMWK, 2022). Dabei gehören nach (Schallmo, et al., 2021 S. 2) vor allem die Vernetzung von Akteuren über alle Wertschöpfungsstufen hinweg, sowie der Einsatz neuer Technologien zu den wichtigen Bestandteilen der digitalen Transformation.

Während in Großkonzernen bereits ein hohes Maß an technologischer Reife vorzufinden ist, stehen viele kleinere Unternehmen in klassischen Branchen vor umfangreichen Herausforderungen (Bosse, et al., 2019 S. 15) (Klotz, 2018 S. 15). Die durch die Digitalisierung ausgelösten Veränderungen in den Unternehmen sind i.d.R. tiefgreifend, komplex und führen zu teilweise radikalen Veränderungen in der Organisation, die in Form von andauernden Reorganisationsprojekten sowie der Requalifizierung der Belegschaft umgesetzt werden müssen (Becker, et al., 2012 S. S.9-15) (APRODI, 2021 S. S.6-7) (Schellinger, et al., 2022 S. S.253). Dadurch stößt die Einführung neuer Technologien, sowie die Anpassung der Arbeitsweisen und Geschäftsmodelle bei mittelständischen Unternehmen häufig auf bürokratische, personale, organisatorische oder unternehmenskulturelle Hürden (Bosse, et al., 2019 S. 13-15).

Um die Gestaltung der digitalen Zukunft in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zu unterstützen, werden in der vorliegenden Arbeit Ansätze zur Bewältigung der Umsetzungshemmnisse für die fortschreitende Digitalisierung in KMUs betrachtet. Durch das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation wird ein soziotechnischer Lösungsansatz herausgearbeitet, mit dem die wahrgenommene Komplexität der Digitalisierung in KMUs reduziert und Beschäftigte auf die andauernden Veränderungen in der Organisation sowie auf die veränderten Kompetenzanforderungen vorbereitet werden können. Als Grundlage dient dafür die Abbildung der Geschäftsprozesse, der Organisation, der IT-Systeme sowie der Standorte der Unternehmen in einem digitalen Zwilling. Der vorgestellte Ansatz stützt sich auf aktuelle Forschungsergebnisse, die zeigen, „(...) dass Lerninhalte, die in einem realitätsnahen Kontext praxisnah gelernt wurden im realen Arbeits- und Alltagsleben besser abgerufen werden können“ (Hamann, et al., 2020 S. 13) (Zender, et al., 2018). Dieses Erkenntnis lässt sich nach einer Studie von (Leyer, et al., 2020) auf realitätsnahe Prozesstrainings übertragen.

### 1.1 Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit umfasst die Konzeptionierung und Entwicklung einer Methode, nach der grafisch modellierte Geschäftsprozesse in eine realitätsnahe 3D Umgebung übersetzt und simuliert werden. Des Weiteren wird untersucht, inwieweit der Einsatz von Virtual Reality (VR) und Künstlicher Intelligenz (KI) zu einem besseren Verständnis von komplexen Prozessabläufen beitragen können.

Eine mögliche Anwendung der Simulationsplattform stellt die Schulung und Qualifizierung von Mitarbeiter:innen für die Einführung neuer Arbeitsprozesse und Technologien in Unternehmen dar. Durch die holistische Visualisierung aller Tätigkeiten sowie aller Daten- und Kommunikationsflüsse auf der Metaebene können neue Prozessabläufe schnell von den Mitarbeiter:innen erlernt und somit die Akzeptanz im Unternehmen gefördert werden. Dabei gilt es zusätzlich zu prüfen, an welcher Stelle der Einsatz von VR einen Mehrwert für die Erprobung neuer Prozesse und Arbeitsabläufe bietet.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen Unternehmen dabei unterstützen, die Chancen der Digitalisierung und Prozessoptimierung zu erkennen sowie die Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben anzustoßen.

## 1.2 Methodischer Aufbau und Abgrenzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit über die Konzeptionierung und Entwicklung einer Übersetzungsmethode für Geschäftsprozesse ist wie in Abbildung 1 aufgebaut. Nach der Einführung in die Thematik und dem Handlungsbedarf im Kontext der Digitalisierung werden der Stand der Technik von 3D Simulationen sowie die notwendigen Grundlagen vom Geschäftsprozessmanagement und Reinforcement Learning vorgestellt. Es folgt die Vorstellung des entwickelten Modells, in der die semantische Integration der grafischen Modelle in die Simulation festgelegt wird. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die 3D Simulation und die KI-Optimierung anhand einer Nutzerstudie spezifiziert und die Bewertungskriterien für die Übersetzungsmethode festgelegt. In der prototypischen Umsetzung wird das entwickelte Modell für die Übersetzung von Geschäftsprozessen und die KI-Optimierung anhand von zwei Praxisbeispielen evaluiert. Es folgt die theoretische und praktische Bewertung der entwickelten Methode. Im Fazit wird die Arbeit zusammengefasst, sowie ein Ausblick für weiterführende Themenstellungen gegeben.

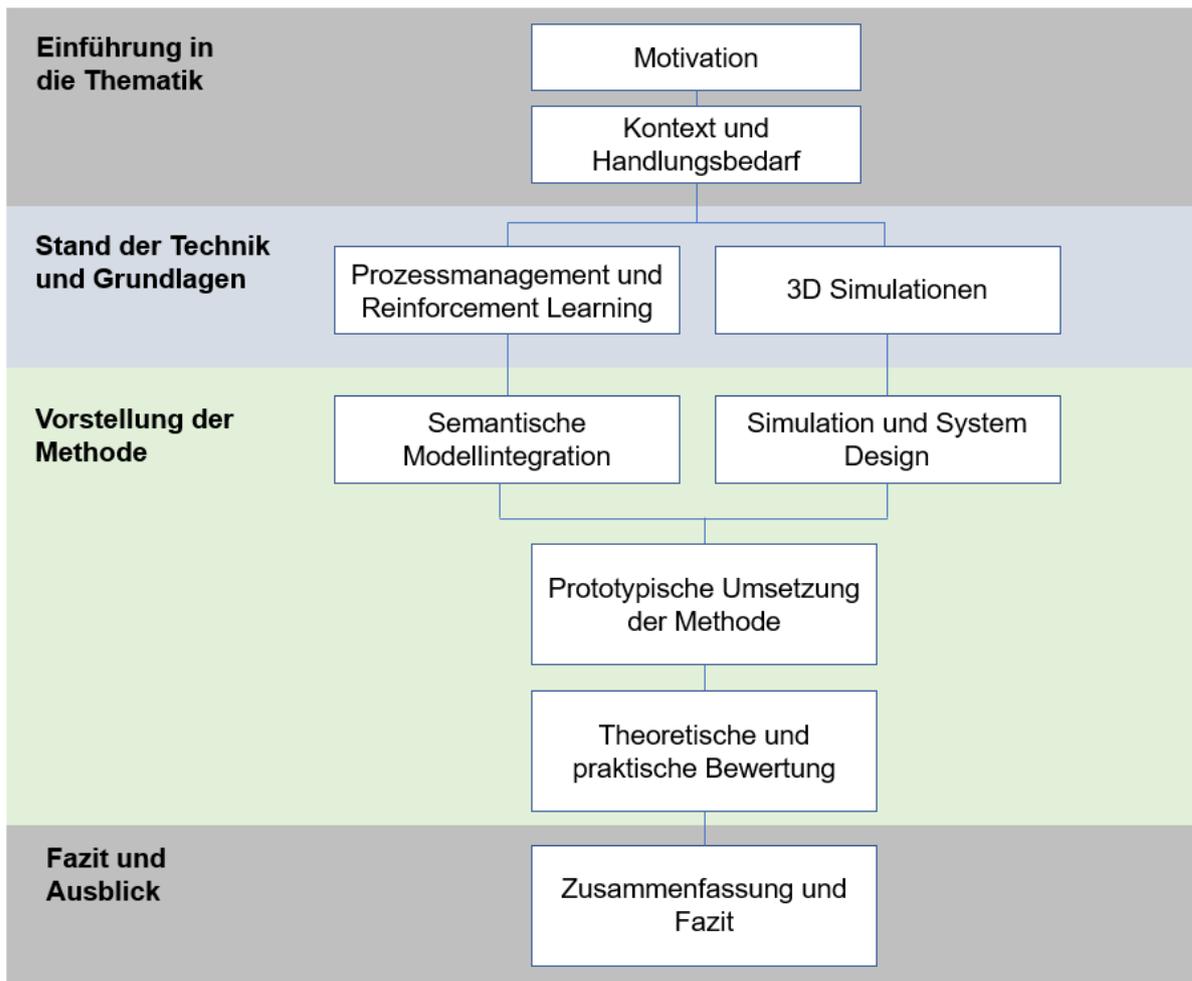


Abbildung 1: Methodischer Aufbau der Arbeit in Anlehnung an (Herter, 2017 S. S.11) (eigene Darstellung)

## 2. Stand der Technik

Im folgenden Kapitel wird der Stand der Technik der fachbezogenen wissenschaftlichen Ansätze und Methoden vorgestellt. Da eine Vielzahl von Modellierungswerkzeugen für Geschäftsprozesse in der Industrie Anwendung finden, werden diese im Folgenden thematisch kategorisiert und nur eine repräsentative Auswahl von Anbietern aufgeführt. Des Weiteren werden aktuelle wissenschaftliche Ansätze von 3D Simulationen für Geschäftsprozesse näher betrachtet und gegenübergestellt.

### 2.1 Marktbetrachtung von Simulationssoftware

Die Betrachtung ausgewählter marktgängiger Prozessmanagement-Tools zeigt, dass eine angebundene Animation und Analyse der Prozesse mit Workflow-Engines zum industriellen Standard gehören, siehe Tabelle 1. Lediglich IQProcess, Lucid und Q.wiki stellen keine Animation der modellierten Prozesse zur Verfügung, da der Schwerpunkt dieser Prozessmanagement-Tools im Bereich der interaktiven Prozess- und Wissensdokumentation in Unternehmen liegt.

Die Animation von Geschäftsprozessen wird in der Regel mit Token visualisiert, die den Prozess durchlaufen und den aktuellen Ausführungsstatus anzeigen. Der positive Effekt der Animation auf das Prozessverständnis wird in der Arbeit von (Aysolmaz, et al., 2021) nachgewiesen. In der dazugehörigen Studie wurde anhand von 194 Teilnehmer:innen und zehn unterschiedlich komplexen Geschäftsprozessen gezeigt, dass animierte Prozesslösungen dazu beitragen, die dynamischen Aspekte von Geschäftsmodellen besser zu verstehen. Eine weitere Erkenntnis aus der durchgeführten Marktbetrachtung ist zudem, dass alle Software-Anbieter Prozessdaten für eine Datenanalyse und Prozessoptimierung bereitstellen. Die Qualität und Aufbereitung der Daten unterscheidet sich dabei stark zwischen kostenpflichtigen oder open-source Lösungen.

*Tabelle 1: Ausgewählte Software-Anbieter für Geschäftsprozesssimulationen*

<b>Software</b>	<b>Unternehmen</b>	<b>Animation</b>	<b>Daten-analyse</b>	<b>Open-Source</b>	<b>Link</b>
<b>ADONIS</b>	BOC Group	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.boc-group.com/">https://www.boc-group.com/</a>
<b>Aris</b>	Aris Community	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://arismcommunity.com/">https://arismcommunity.com/</a>
<b>Aural Portal</b>	Aura Quantic	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.auraquantic.com/">https://www.auraquantic.com/</a>
<b>Camunda 8</b>	Camunda	Integrierte Engine	Ja	Ja	<a href="https://camunda.com">https://camunda.com</a>

<b>Graphity</b>	Yworks	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.yworks.com/">https://www.yworks.com/</a>
<b>GBTEC Software AG</b>	GBTEC Software AG	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.gbtec.com/de/">https://www.gbtec.com/de/</a>
<b>Inubit BPMN</b>	OVSsoftware	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://ovsoftware.de/">https://ovsoftware.de/</a>
<b>IQProcess*</b>	Project Base	Nein	Ja	Nein	<a href="https://project-base.org/">https://project-base.org/</a>
<b>Lucid</b>	Lucidchart	Nein	Ja	Nein	<a href="http://pros.unicam.it/">http://pros.unicam.it/</a>
<b>MIDA</b>	PROS	Integrierte Engine	Ja	Ja	<a href="http://pros.unicam.it/">http://pros.unicam.it/</a>
<b>OMNITRACKER</b>	OMNINET	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.omnitracker.com/">https://www.omnitracker.com/</a>
<b>ProcessCube</b>	5Minds	Integrierte Engine	Ja	Ja	<a href="https://www.process-engine.io/">https://www.process-engine.io/</a>
<b>Q.wiki</b>	Modell Aachen GmbH	Nein	Ja	Nein	<a href="https://www.modell-aachen.de/">https://www.modell-aachen.de/</a>
<b>Signavio Process Manager</b>	SAP	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.signavio.com/">https://www.signavio.com/</a>
<b>Visual Paradigma</b>	Visual Paradigm	Integrierte Engine	Ja	Nein	<a href="https://www.visual-paradigm.com/">https://www.visual-paradigm.com/</a>

Marktlösungen für die Simulation von Prozessen in 3D werden zum Zeitpunkt der Erhebung vor allem für die Produktion- und Logistikplanung von Unternehmen angeboten. Ausgewählte Anbieter der entsprechenden Marktanalyse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Der Einsatzzweck der Software dient in der Regel der Erstellung eines digitalen Zwillings, der nach (Stotz, 2021) heute eine zentrale Anwendung für 3D Simulationen darstellt. Führende Software-Anbieter wie Visual Components haben sich dabei zum Ziel gesetzt, die 3D Simulation der Layout-Planung in der Produktion und Logistik zur Norm zu machen (Zühlke, 2014). Die Software-Lösungen dienen in der Regel der Reduzierung von Lagerflächen und Durchlaufzeiten sowie der maximalen Auslastung von Menschen, Maschinen und Technologien. Der Informationsfluss zwischen den Prozessbeteiligten sowie der Datenaustausch für Analysen, werden in der Regel durch angebundene IT-Systeme realisiert (Stotz, 2021).

Tabelle 2: Ausgewählte Anbieter für Logistikplanungs-Software in 3D

Software	Unternehmen	3D Simulation	Daten-analyse	Open-Source	Link
Individual-software	InterLog Management	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.interlog-management.com/">https://www.interlog-management.com/</a>
Individual-software	Ipolog	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.ipolog.ai">https://www.ipolog.ai</a>
Individual-software	tarakos	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.tarakos.de/">https://www.tarakos.de/</a>
Individual-software	WinMOD	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.winmod.de/">https://www.winmod.de/</a>
ProSim	Triboot	Ja	Nein	Nein	<a href="https://triboot.de/">https://triboot.de/</a>
Simio Digital Twin	Simio	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.simio.com/">https://www.simio.com/</a>
Plant Simulation	SimPlan	Ja	Ja	Nein	<a href="https://www.simplan.de/">https://www.simplan.de/</a>
Tecnomatix	Siemens	Ja	Ja	Nein	<a href="http://www.plm.automation.siemens.com/">www.plm.automation.siemens.com/</a>
RobotStudio	Visual Components	Ja	Ja	Nein	<a href="http://www.visualcomponents.com">www.visualcomponents.com</a>
WirthSim Standard	WirthLogistik	Ja	Ja	Ja	<a href="https://wirthsim.com/">https://wirthsim.com/</a>

Aus der oben aufgeführten Marktbetrachtung wird deutlich, dass es eine Vielzahl von Software-Anbietern sowohl für die Modellierung und Animation von Geschäftsprozessen als auch für die 3D Simulation von Produktionsabläufen und Logistikdienstleistungen gibt.

Die Modellierung von Geschäftsprozessen erfolgt vorwiegend mithilfe grafischer Modellierungssprachen wie BPMN oder EPK, die sich in ihrer charakteristischen Semantik und den damit verbundenen Modellierungsrichtlinien unterscheiden. Dahingegen zeigt sich bei der Darstellung von Waren- und Transportflüssen ein Trend zu 3D Simulationen in realitätsnahen Umgebungen.

Eine marktgängige Software-Lösung für eine 3D Simulation von Geschäftsprozessen steht zum Zeitpunkt der Marktbetrachtung nicht zur Verfügung.

## 2.2 Wissenschaftliche Ansätze zu 3D Simulationen von Geschäftsprozessen

Die Einführung einer dritten Dimension in der Modellierung von Geschäftsprozessen sowie bei der Simulation von Geschäftsprozessen, sind aus verschiedenen Gründen Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

(Betz, et al., 2008) nutzt den Vorteil der dritten Ebene in der Modellierung von Petri-Netzen insofern, als dass mehr Informationen in einem verständlichen Format abgebildet werden können. Dafür werden drei verschiedene Anwendungen betrachtet. Die dritte Ebene ermöglicht die Darstellung von Beziehungen zwischen Rollen, Aktivitäten und Ressourcen, siehe Abbildung 2. Des Weiteren kann die dritte Ebene zur Visualisierung von semantischen Beziehungen zwischen Geschäftsprozessen genutzt werden, oder für die Modellierung von Hierarchien und Teilprozessen.

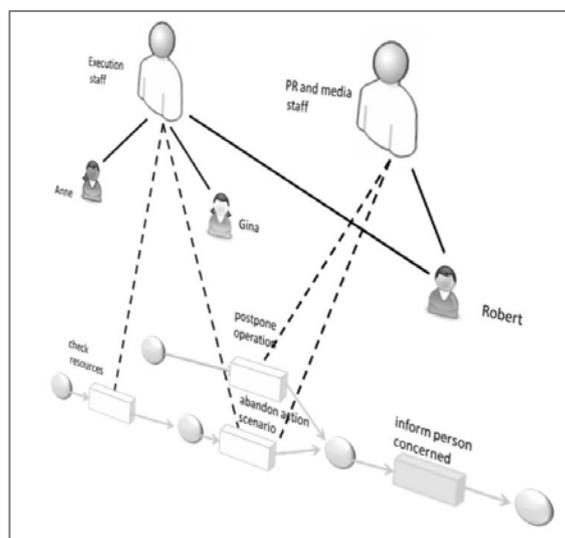


Abbildung 2: 3D Modellierung der Beziehungen zwischen Rollen, Aktivitäten und Kapazitäten im erweiterten Petri-Netz (Betz, et al., 2008)

In der Arbeit von (Wynn, et al., 2017) wird die dritte Ebene in Petri-Netzen genutzt, um die Auswertung von Prozessdaten mit Data Mining Technologien zu erweitern und zu visualisieren. (Wynn, et al., 2017) konstatiert dazu, dass derzeitige Process-Mining Technologien den Vergleich verschiedener Prozess-Kohorten im Detail nicht unterstützen. Prozess-Kohorten zeichnen sich dabei dadurch aus, dass Prozessinstanzen nach mindestens einer gemeinsamen Charakteristik kategorisiert werden. Damit kann bspw. der Durchlauf von Patienten in der Notaufnahme nach Verletzungsgrad kategorisiert und verglichen werden. Process-Mining Techniken können dafür genutzt werden, Event-Logs von Prozessinstanzen computergestützt zu kategorisieren und zu analysieren. Die weitere Auswertung der Ergebnisse erfolgt nach (Wynn, et al., 2017) hingegen manuell. Dies liegt zum einen daran, dass die meisten Process-Mining Techniken die jeweiligen Prozess-Kohorten separat analysieren und auswerten. Zum anderen ist die Art der Datenaufbereitung in Form von

numerischen Daten und einfach gehaltenen Visualisierungen nicht zielführend für eine effiziente und effektive Auswertung.

Der Ansatz von (Wynn, et al., 2017) verfolgt aus diesem Grund das Ziel, die Prozess-Performance mehrerer Kohorten in einer verständlichen Form zu visualisieren. Dafür werden Event-Logs verschiedener Prozessinstanzen eingelesen, aus denen dynamische Prozesskohorten und Performance-Metriken computergestützt generiert werden. Zum besseren Verständnis werden die Performance-Metriken als 3D Animation in das Petri-Netz eingebunden, die interaktiv untersucht werden können. In der Abbildung 3 ist die Visualisierungsform der ausgewerteten Daten von (Wynn, et al., 2017) dargestellt. Die Linien bilden die Wartezeiten zwischen Transitionen aus einem Beispielprozess ab. Die Höhe der Linien repräsentiert die Länge der Wartezeiten und die Breite der Linie die Häufigkeit des Eintreffens. Die unterschiedlichen Farben zeigen die verschiedenen Prozess-Kohorten der untersuchten Performance-Metrik.

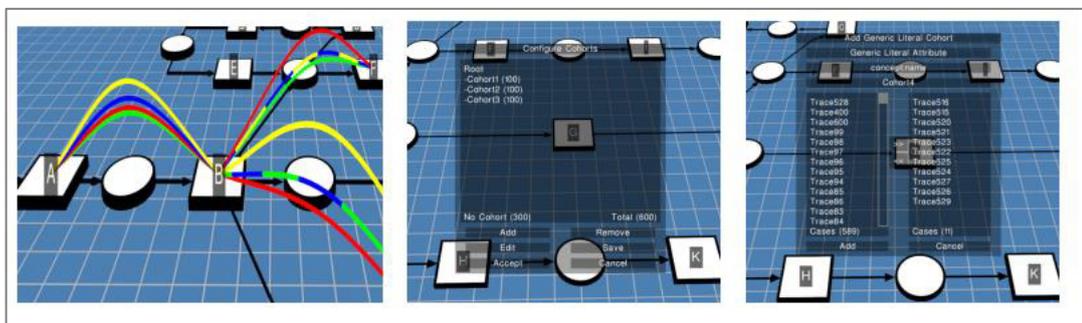


Abbildung 3: Links: Visualisierung der Wartezeiten zwischen Transitionen; Mitte und Rechts: Spezifikationen der "Prozess-Kohorten" (Wynn, et al., 2017)

(Pöhler, et al., 2020) und (Pope, et al., 2013) fokussieren sich beim Einsatz von 3D Modellierungen vor allem auf den konzeptionellen Ansatz von Geschäftsmodellen in virtuellen Welten. Bei (Pope, et al., 2013) liegt das Ziel der prototypischen Arbeit darin, mit Avataren die gemeinsame Konzeptionierung von Geschäftsprozessen zu vereinfachen, bei denen die Prozess-Designer:innen von unterschiedlichen Orten aus arbeiten. In der virtuellen Welt werden die Prozess-Designer:innen als Avatare repräsentiert und die verbale Kommunikation und Körpersprache durch voice-over-IP (VOIP), „text chat“ sowie einem „Microsoft Kinect“-Interface realitätsnah abgebildet. Die Erstellung von Prozessmodellen wird wie bei 2D Modellierungstools durch einfache „Drag & Drop“ Funktionen ermöglicht. Im Vordergrund steht damit die verbale und non-verbale Kommunikation zwischen Prozess-Designer:innen von unterschiedlichen Standorten zu verbessern. Diese Verbesserung wird anhand eines Prototyps mit festgelegten Bewertungskriterien nachgewiesen. Eine empirische Studie liegt zu den Testergebnissen nicht vor.

Auch (Pöhler, et al., 2020) hat einen Prototyp entwickelt, der eine gemeinsame Prozessgestaltung mehrerer Prozess-Designer:innen in VR ermöglicht. Dafür wurden zunächst mithilfe von Data-Science-Ansätzen generelle Schwierigkeiten bezüglich der Modellierung von Prozessen herausgearbeitet und in Meta-Anforderungen übersetzt. Aus

diesen Meta-Anforderungen werden die Konstruktionsprinzipien für die gemeinsame Prozessgestaltung im Prototyp mit VR abgeleitet.

Der Software-Anbieter Camunda bietet auf seinem Blog eine Code-Beschreibung für eine interaktive Prozessabbildung in 3D an. Die Software-Lösung „Be A Token“, wurde von Camunda auf der BPMCon 2017 vorgestellt. Die Anwender:innen nehmen dabei die Rolle des Tokens ein und können somit den Prozess durchlaufen. Ein Sequenzfluss wird räumlich wie eine Art Flur abgebildet, der zu Aufgaben, Gateways oder Events führt. Die Aufgaben des BPMN-Prozesses werden in Form von Glastüren dargestellt, die sich beim Durchlaufen öffnen. Gateways und Events werden durch eckige und runde Räume visualisiert, die durch Türen (Aufgaben) oder Flure (Sequenzflüsse) verlassen werden können, siehe Abbildung 4 (CAMUNDA).

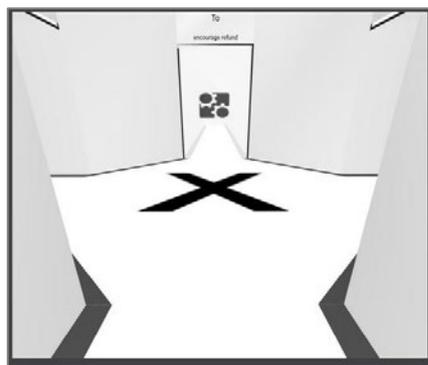


Abbildung 4: Darstellung von einem Gateway in „Be A Token“ (CAMUNDA)

Der Unity Based BPMN Animator UBBA von PROS zeichnet sich dadurch aus, dass ein beliebiges BPMN-Modell in XML-Format für eine 3D Simulation hochgeladen werden kann. Das Ziel von UBBA ist einen BPMN-Prozess als Avatar entlang der Verbindler zu durchlaufen, um dadurch eine verbesserte Prozesssicht einzunehmen. Gateways können in dem Prozess in ihrer charakteristischen Semantik als 3D-Abbildung dargestellt oder wie die restlichen Elemente durch 3D-Grafiken aus der Bibliothek ersetzt werden. Dadurch können das Erscheinungsbild der Avatare sowie die weiteren Elemente der Modellierung individuell und kontextbezogen angepasst werden (Abdul, et al., 2019). Der Quellcode von UBBA steht zur freien Nutzung unter Berücksichtigung des Urheberrechts zur Verfügung (Pros, 2022).

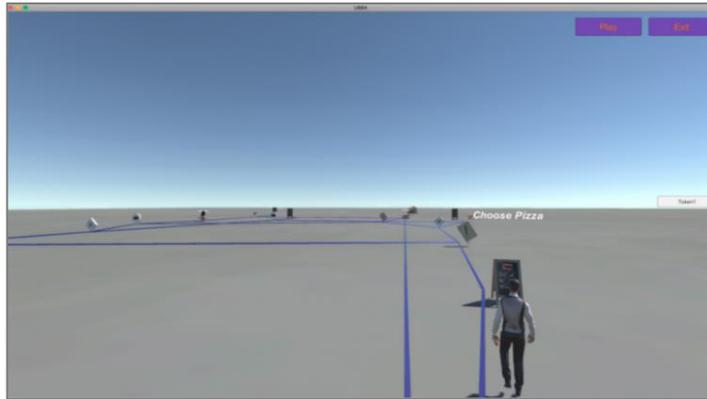


Abbildung 5: Auszug einer Geschäftssimulation mit UBBA (Pros, 2022)

In der Arbeit von (Leyer, et al., 2020) wird ein beispielhafter Geschäftsprozess in einer realitätsnahen 3D Büroumgebung für Trainings mit mehreren Prozessteilnehmer:innen simuliert. Grundlage ist ein BPMN-Modell in XML-Format, das in eine generisch gehaltene Simulationsumgebung geladen wird. Der Prozess wird anschließend von Avataren an Schreibtischen oder im Meeting-Raum durchgespielt. Die Aufgaben werden in Textform bei den zuständigen Avataren angezeigt, siehe Abbildung 6. Die optischen Merkmale der einzelnen Avatare und Räumlichkeiten sollen zum Prozessverständnis beitragen. Sobald ein Avatar in einer anderen Aktivität eingebunden ist, wird dieser in der Simulation zusätzlich eingeblendet. Andere Elemente wie bspw. IT-Systeme und Daten werden in BPMN-stilistischen Notationen angezeigt, da diese nach (Leyer, et al., 2020) keine charakteristischen Eigenschaften aufweisen. Die abschließenden Trainingsergebnisse von 145 Teilnehmer:innen zeigen, dass die 3D Simulation im Vergleich zu 2D Prozessdarstellungen zu einer Verbesserung des Prozessverständnisses hinsichtlich der Erkennung von Zusammenhängen, Schnelligkeit der Abrufbarkeit und der emotionalen Einbindung der Teilnehmer führt (Leyer, et al., 2020 S. S. 9).



Abbildung 6: Auszug einer 3D Trainingssimulation nach (Leyer, et al., 2020 S. 5)

(Herter, 2017) nutzt die dritte Ebene, um die Beziehungen zwischen verschiedenen Fachdisziplinen mit unterschiedlichen standardisierten Modellgrammatiken zu visualisieren. Die Notwendigkeit der 3D Visualisierung liegt darin, dass disziplinspezifische Denkweisen, Methoden und Vokabularien zu unterschiedlichen Modellierungssprachen führen. Diese

enthalten damit einen Ausschnitt der Realität, die nach dem Verständnis der Nutzer:innen aufgebaut ist und innerhalb der Disziplin die Stellung einer gemeinsamen Sprache einnehmen. Durch die Komplexität der Produkte und Produktionsprozesse wird jedoch eine enge Zusammenarbeit von verschiedenen Fachdisziplinen benötigt, um die Abhängigkeiten der disziplinübergreifenden Arbeitsergebnisse abzustimmen.

Die Methode von (Herter, 2017) erfasst, auf Grundlage der Semantik, Abhängigkeiten zwischen verschiedenen disziplinspezifischen Modellen und deren Visualisierung. Die dritte Dimension dient dabei als Darstellungsmittel, um die Besonderheit der modellübergreifenden Relationen sowie verschiedene Detailtiefen von Prozessen zu berücksichtigen.

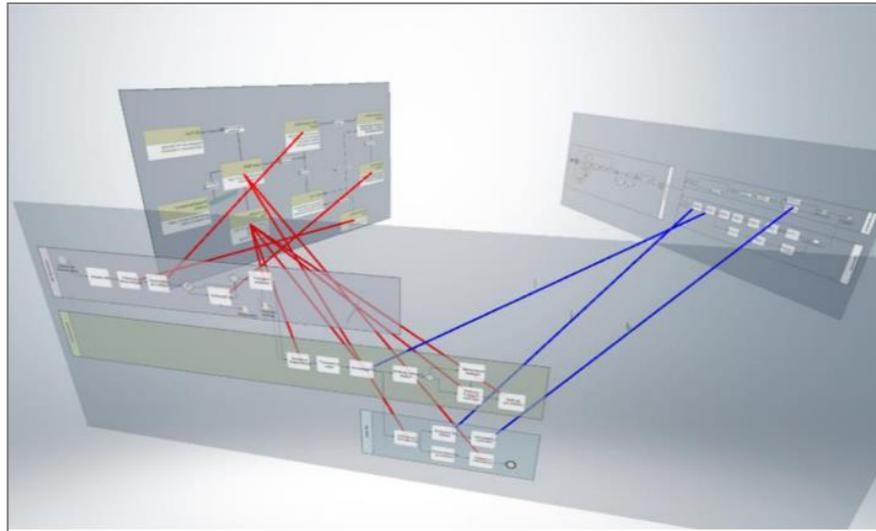


Abbildung 7: Darstellung der Inter-Modellrelationen nach (Herter, 2017 S. S.121)

Die Tabelle 3 stellt die oben vorgestellten Anwendungs- und Visualisierungsansätze von Geschäftsprozessen in 3D gegenüber. Die Bewertungskriterien ergeben sich dabei aus Aspekten, die für die spätere Übersetzungsmethode der vorliegenden Arbeit relevant sind.

Tabelle 3: Zusammenfassende Evaluierung von visualisierten Geschäftsmodellen in 3D

Ansatz	Ziel	Integration verschiedener Modellierungssprachen		Realitätsnahe Elemente integriert		Parallele Ausführung von Prozessen	
(Betz, et al., 2008)	Integration von Beziehungen	nein	✗	nein	✗	Keine	✗
(Wynn, et al., 2017)	Visualisierung von Performance-Metriken	nein	✗	nein	✗	Process-Mining	✓
(Pöhler, et al., 2020)	Prozessgestaltung in VR	nein	✗	nein	✗	Keine	✗
(Poppe, et al., 2013)	Prozessgestaltung in VR	nein	✗	nein	✗	Keine	✗
(CAMUNDA)	3D Prozessmodell	nein	✗	nein	✗	Keine	✗
(Pros, 2022)	3D Prozessmodell	nein	✗	Teilweise	✓	Keine	✗
(Leyer, et al., 2020)	Prozesstraining	nein	✗	Teilweise	✓	Keine	✗
(Herter, 2017)	Abhängigkeiten zwischen disziplinspezifischen Modellen	Diverse	✓	nein	✗	Keine	✗

Die Zusammenfassung der vorgestellten wissenschaftlichen Ansätze zeigt, dass es kaum Arbeiten und Studien zur Integration von Modellierungssprachen in eine praxisnahe 3D Simulationsumgebung gibt. Die Ansätze von (Leyer, et al., 2020) und (Pros, 2022) integrieren teilweise realitätsnahe Elemente wie bspw. Avatare und Schreibtische. Die Visualisierung der tatsächlichen Handlungsausführungen und genutzten Kommunikationswege aus der Realität werden jedoch nicht abgebildet. Des Weiteren sind die vorgestellten Ansätze weitestgehend auf eine ausgewählte Modellierungssprache beschränkt. Eine Ausnahme bildet die Arbeit von (Herter, 2017), bei der die Ontologie der disziplinspezifischen Modelle untersucht und die Abhängigkeiten visualisiert werden. Auch die Möglichkeit verschiedene Prozesse in 3D parallel auszuführen, um deren Wirkzusammenhänge realitätsnah zu simulieren, gehört nicht zum Stand der Technik. Die Arbeit von (Wynn, et al., 2017) beschäftigt sich zwar mit der Gegenüberstellung von Prozesskohorten verschiedener Prozessinstanzen, diese zielt jedoch auf die Visualisierung von Datenauswertungen ab und nicht auf die Darstellung der Prozessbeschreibungen in leicht verständlicher Form.

### 2.3 Zusammenfassung Stand der Technik

Die Simulation unterschiedlicher modellbasierter Geschäftsprozesse, die dadurch gekennzeichnet sind, dass die realitätsnahe Prozessausführungen sowie die Visualisierung der Kommunikationswege der verschiedenen Prozesse parallel ablaufen, weist eine Lücke im derzeitigen Stand der Technik auf.

Während die 3D Simulation für Digitale Zwillinge in der Produktion und Logistik bereits Anwendung findet, werden Geschäftsprozesse weitestgehend mit grafischen Modellierungssprachen erfasst. Die Einführung der dritten Ebene zur Abbildung von Geschäftsprozessen ist zwar aus verschiedenen Gründen Gegenstand der Wissenschaft, in der Regel bleibt bei den Ansätzen jedoch die charakteristische Semantik der Modellierungssprachen erhalten. Die größte Relevanz für die vorliegende Arbeit hat die prototypische Trainingssimulation von (Leyer, et al., 2020), bei der die Nutzer:innen als Avatare den BPMN-Prozess an Schreibtischen oder in Meetingräumen durchspielen. Die Verbesserung auf das Prozessverständnis der Teilnehmer:innen ist im Rahmen der Arbeit nachgewiesen. Die Möglichkeit unterschiedliche Modellierungssprachen einzulesen, sowie eine übergeordnete Perspektive auf die Wirkzusammenhänge verschiedener Prozesse einzunehmen, ist in der Trainingssimulation von (Leyer, et al., 2020) nicht gegeben.

### 3. Grundlagen

In diesem Kapitel werden die notwendigen Grundlagen zum Verständnis der Arbeit aufgeführt. Dazu werden die Aufgaben vom Geschäftsprozessmanagement erläutert, sowie die Prozessmodellierungssprachen EPK, eEPK und BPMN vorgestellt. Des Weiteren wird eine Einführung in die Grundlagen vom Process-Mining und Reinforcement Learning gegeben.

#### 3.1 Geschäftsprozessmanagement

Ein wesentlicher Bestandteil der prozessorientierten Unternehmensgestaltung stellt das Geschäftsprozessmanagement (GPM) dar. Dies umfasst die Dokumentation, Gestaltung und Verbesserung von Geschäftsprozessen, sowie deren technischen Unterstützung durch IT-Systeme (Becker, et al., 2009 S. S.3). Ein Geschäftsprozess (engl. *business process*) besteht nach (Laue, et al., 2021 S. 1) aus einer „(...) Menge von manuellen, teil-automatisierten oder automatisierten betrieblichen Aktivitäten, die nach bestimmten Regeln auf ein bestimmtes Ziel hin ausgeführt werden“. Die Aktivitäten im Geschäftsprozess beschreiben dabei eine Abfolge atomarer Arbeitsschritte (Aufgaben), die von Personen, Maschinen oder IT-Systemen ausgeführt werden (Laue, et al., 2021 S. 1).

Ziel der stetigen Verbesserung von Geschäftsabläufen beim Geschäftsprozessmanagement, ist die Steigerung der Leistung und Qualität der Unternehmen. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn sich wirtschaftliche Veränderungen und technologische Weiterentwicklungen auf die Marktposition der Unternehmen auswirken. Somit sind nach (Becker, et al., 2009 S. S.1) Unternehmen gezwungen sich fortlaufend mit der eigenen Marktposition und den daraus resultierenden Geschäftsabläufen auseinanderzusetzen.

Der Ansatz einer prozessorientierten Unternehmensgestaltung stellt bei der Auslegung und Anpassung der Geschäftsabläufe die Personen und Mittel zur Aufgabendurchführung, unabhängig ihrer funktionalen Aufhängung, in den Vordergrund. (Kampker, et al., 2011 S. S.135) beschreibt diesen Ansatz als „(...) Verknüpfung einzelner Arbeitsschritte zu komplexen (Geschäfts-)Prozessen (z. B. Produktentwicklung und Auftragsabwicklung), sowie die prozessinterne und -übergreifende Harmonisierung in zeitlicher und räumlicher Hinsicht“. Dieser „dynamischen“ ablauf- bzw. prozessorientierten Struktur steht die „statische“ organisatorische Infrastruktur der Aufbauorganisation gegenüber, in der sich die auszuführenden Aufgabenerfüllungsprozesse vollziehen. Die Aufbauorganisation dient somit der vertikalen und horizontalen Zerlegung komplexer Aufgaben, der Zuweisung abzugrenzender Aufgabenkomplexe auf organisatorische Einheiten sowie der Regelung von Weisungs- und Kommunikationsbeziehungen zwischen den Einheiten.

In der Gesamtheit der Organisationsstruktur ist somit immer ein Zusammenspiel aus aufbau- und ablauforganisatorischen Gestaltungsansätzen zu erkennen, die in Abhängigkeit der Gestaltungsphasen der Prozesse variieren (Kampker, et al., 2011 S. S.135).

Insgesamt zeigt sich, dass die prozessorientierte Unternehmensgestaltung seit dem Ende der 80er-, Anfang der 90er-Jahre einen starken Auftrieb zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in Unternehmen einnimmt (Becker, et al., 2009 S. 2-5) (Boos, et al., 2011 S. 38). Dieser Trend wird insbesondere durch die Zunahme globaler Abläufe, dem internationalen Kostendruck

sowie den Einsatz unternehmensweiter Standardsoftware weiter forciert. Nachteilige Auswirkungen einer aufbauorientierten Unternehmensgestaltung auf die Wettbewerbsfähigkeit ergeben sich dadurch, dass einzelne Funktionsbereiche und Fachabteilungen separat betrachtet und optimiert werden. Die funktionale Gliederung der Geschäftsabläufe trägt somit zur Steigerung der Produktivität und Qualität einzelner Unternehmensbereiche bei, strukturelle (abteilungsübergreifende) Probleme werden jedoch nicht erkannt. Insbesondere die Zunahme an technologischen und organisatorischen Veränderungen können in diesem Fall zu einer starken Zunahme der Koordinationskosten zwischen den Unternehmensbereichen führen (Becker, et al., 2009 S. 2). Auch (Kampker, et al., 2011 S. 135) konstatiert, dass sich durch die Schaffung prozessorientierter Strukturen Ineffizienzen vermeiden lassen, die insbesondere im Business Reengineering mit seiner Forderung nach radikalen Neustrukturierungen der gesamten Unternehmensorganisation großen Anklang finden.

Für die Dokumentation und Gestaltung von Geschäftsprozessen werden bei der prozessorientierten Unternehmensgestaltung i.d.R. auf standardisierte Modellierungssprachen zurückgegriffen. Insbesondere bei komplexen oder einer großen Anzahl von Geschäftsprozessen ist eine gute Prozessgestaltung und -dokumentation unabdingbar. Die Modellierung der Geschäftsprozesse dient vor allem als Grundlage für die Einführung von IT-Systemen sowie für angestrebte Prozessverbesserungen. Weitere Ziele einer Prozess-Modellierung sind die Dokumentation der Prozesse, die Erleichterung der Kommunikation zwischen verschiedenen Personen, die Analyse für angestrebte Reorganisationsvorhaben, die Ressourcenplanung sowie die Überwachung und Steuerung von Abläufen (Laue, et al., 2021 S. S.7).

Nach (Becker, et al., 2009 S. S.4) besteht eine wesentliche Herausforderung der Modellierung darin, sowohl den technischen Anforderungen als auch den ursprünglichen betriebswirtschaftlichen Anforderungen an das Geschäftsprozessmanagement gerecht zu werden. Der betriebswirtschaftliche Ansatz folgt dabei einer Management-Philosophie, bei der die Gesamtheit der Geschäftsprozesse mit den damit verbundenen Leistungen als Erfolgsfaktoren des Unternehmens betrachtet werden. Im Fokus stehen damit die Auswirkungen der Prozessabläufe auf Gewinne, Kosten, Produktqualität sowie den Kundenservice. Zudem nimmt beim betriebswirtschaftlichen Ansatz die Zusammenarbeit einzelner Unternehmensbereiche eine zentrale Rolle des Geschäftsprozessmanagements ein. Die technischen Anforderungen an das Geschäftsprozessmanagement liegen hingegen darin, eine möglichst weitreichende Automatisierung einzelner Geschäftsprozesse zu gewährleisten. Damit werden Prozesse nur insofern modelliert und überwacht, wie es der Automatisierung mit Workflowmanagement-Technologien dienlich ist. Ein Ergebnis daraus sind bspw. integrierte Softwaresysteme, die eine einheitliche Datenbasis für das gesamte Unternehmen zur Verfügung stellen.

Um die Anforderungen des betriebswirtschaftlichen und technischen Ansatzes einzugrenzen, bedarf es somit im Vorfeld Kriterien, nach denen die Unternehmensprozesse gestaltet und optimiert werden. Mögliche Kriterien ergeben sich bspw. anhand der Unternehmensziele wie der Steigerung der Kundenzufriedenheit oder der Einführung eines abteilungsübergreifenden Softwaresystems (Becker, et al., 2009 S. 4-6). Anhand der ausgewählten Kriterien zur

Prozessgestaltung kann zudem eine geeignete Prozessmodellierungssprache ausgewählt werden (Laue, et al., 2021 S. 8).

### 3.2 Einführung in die Prozessmodellierungssprachen

Um die Komplexität von Prozessen zu reduzieren, wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene Methoden zur systematischen Darstellung von Prozessen entwickelt.

Die Einsatzzwecke und Methoden unterscheiden sich dabei in organisatorische und anwendungssystemische Gestaltungsansätze, siehe Abbildung 8. Für die Organisationsgestaltung in Unternehmen oder einer prozessorientierten Reorganisation reichen weniger formale Modelle aus, die für die Modellanwender:innen leicht verständlich sind. Für anwendungssystemische Einsatzzwecke sind hingegen Modellierungssprachen geeignet, die einen hohen Grad an Detail und exakt spezifizierte Darstellungen ermöglichen (Becker, et al., 2012 S. 84-85).

Die Methoden der Modellierung können zudem in skriptbasierte Methoden (Skriptsprachen) oder grafische Methoden (Diagrammsprachen) kategorisiert werden. Die Diagrammsprachen werden dabei weiter in datenfluss-, kontrollfluss- oder objektorientierte Ansätze differenziert (Gadatsch, 2017 S. 81). Für die Modellierung von Geschäftsprozessen werden weitestgehend grafische kontrollflussorientierte Methoden eingesetzt, da diese leicht verständlich sind und die prozessorientierte Abfolge von Tätigkeiten im Vordergrund steht (Gadatsch, 2017 S. 81). Nach (Laue, et al., 2021 S. 2) kann ein Geschäftsprozessmodell allgemein als „(...) eine Beschreibung aller für einen bestimmten Zweck relevanten Aspekte eines Geschäftsprozesses unter Verwendung einer Modellierungssprache“ definiert werden. Dabei gilt, dass die Modelle immer einen allgemeinen Charakter aufzeigen. Das bedeutet, dass Prozesse in Form von Templates beschrieben werden, die für konkrete Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Parametern wiederholt ausgeführt werden können. Ein allgemeiner Prozess „Bestellung eines Produktes“ kann somit bspw. mit den Parametern Kundename, Produktart und Preis individualisiert durchgeführt werden. Diese konkrete Ausführungsvariante eines Geschäftsprozesses wird als Prozessinstanz bezeichnet (Laue, et al., 2021 S. 1-3).

Im Folgenden werden die Modellierungssprachen EPK, eEPK und BPMN vorgestellt, die eine an den Anforderungen des Geschäftsprozessmanagements orientierte Prozessdefinition und -simulation unterstützen (Neuburger, et al., 2020 S. 406). Weitere bekannte kontrollflussorientierte Methoden sind Prozesslandkarten, Swimlane-Diagramme und Wertschöpfungskettendiagramme (WKD) (Gadatsch, 2017 S. 82).

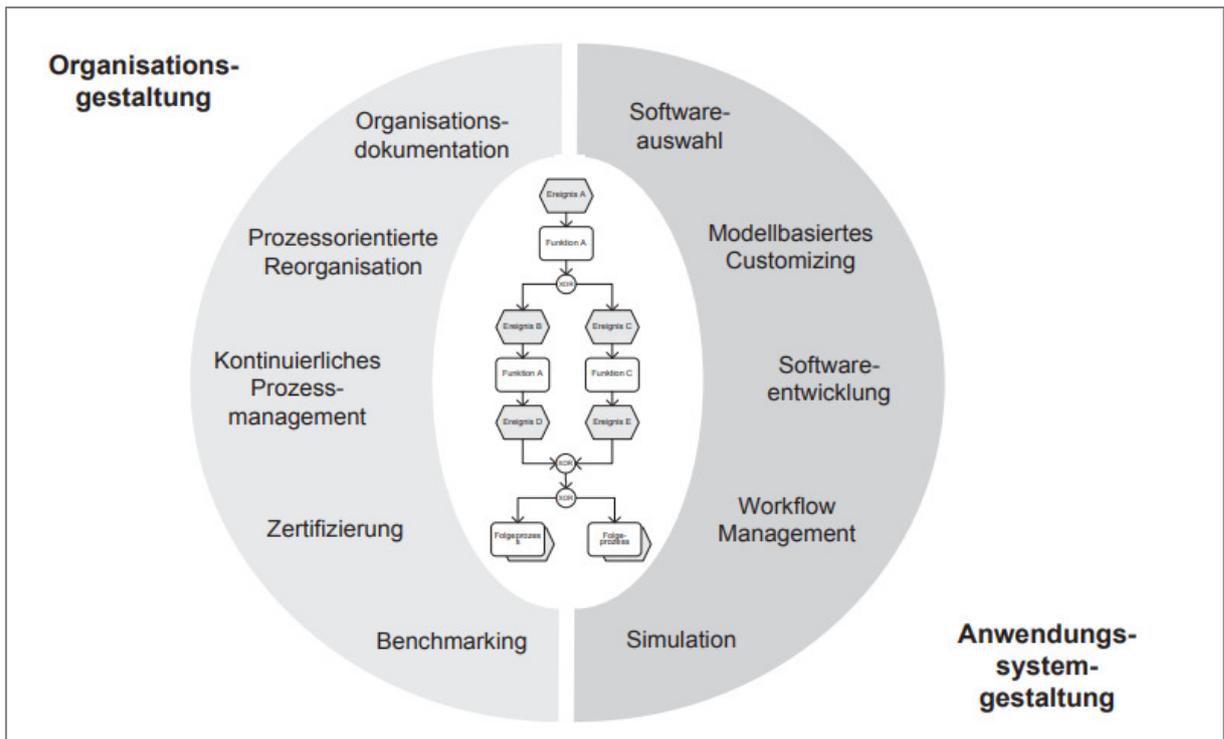


Abbildung 8: Einsatzzwecke von Prozessmodellen (Becker, et al., 2012 S. 59)

### 3.2.1 EPK und eEPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette)

Die Modellierungssprache „Ereignisgesteuerte Prozesskette“ (EPK) wurde im Jahr 1992 mit dem Ziel entwickelt, eine implementierte Software (SAP R/3) der Firma SAP durch Modelle zu dokumentieren. Die weite Verbreitung im deutschsprachigen Raum ist darauf zurückzuführen, dass die Firma IDS Scheer (später Software AG) die zur Verfügung gestellte Modellierungssprache in die Software für Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS) aufgenommen hat. Die ARIS-Architektur unterscheidet zur ganzheitlichen Modellierung von Informationssystemen die Daten-, Funktions-, Organisations-, Steuerungs- und Leistungssicht. Die Steuerungssicht (auch Prozesssicht) stellt die Geschäftsprozesse eines Unternehmens dar, die im Wesentlichen mit der erweiterten EPK (eEPK) beschrieben werden (Laue, et al., 2021) (Becker, et al., 2012 S. 65) (Gadatsch, 2017 S. 95).

Die EPK ist eine grafische Modellierungssprache, die aus einer Menge von Objekttypen in Form von Funktionen, Ereignissen, Konnektoren, Kanten und optional verschiedenen weiteren Elementen besteht. Im Gegensatz zu moderneren Modellierungssprachen dominiert bei der EPK die Betrachtung des Datenflusses gegenüber des zeitlich-logischen Ablaufs der Prozesse.

Zu den wichtigsten Objekttypen zählen Ereignisse (engl. *events*), und Funktionen (engl. *functions*), die als Sechsecke und abgerundete Rechtecke abgebildet und durch gestrichelte Pfeile (dem Kontrollfluss) miteinander verknüpft werden. Die Funktionen repräsentieren Tätigkeiten (Aktivitäten), die durch Akteure (Menschen oder Software) ausgeführt werden. Damit übertragen Funktionen Input- in Outputdaten und besitzen eine

Entscheidungskompetenz über den weiteren Prozessverlauf. Ereignisse sind hingegen passive Objekttypen, die durch ausgeführte Funktionen ausgelöst werden oder selbst Funktionen auslösen. Sie beschreiben somit eine Zustandsveränderung (Becker, et al., 2012 S. 64-67) (Laue, et al., 2021 S. 31) (Gadatsch, 2017 S. 96).

Mit zunehmender Komplexität der Geschäftsprozesse steigt der Bedarf an weiteren Objekttypen für die grafische Modellierung. Zu den wichtigsten Elementen gehören Verknüpfungsoperatoren, die als UND (Zeichen  $\wedge$ ), ODER (Zeichen  $\vee$ ) oder einem exklusive ODER (Zeichen  $\otimes$ ) ausgeführt werden. Diese Operatoren sind logische Verknüpfungen zwischen Ereignissen und Funktionen, die als „Split“ oder „Join“ Prozesspfade aufteilen oder zusammenführen. Dies ist notwendig, wenn bspw. Entscheidungen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen oder Funktionen parallel ausgeführt werden. Des Weiteren dürfen EPKs auch Prozesswegweiser enthalten, die Prozesse miteinander verbinden. Dies dient vor allem der Prozessübersicht, da große Modelle in kleinere unterteilbar sind und einzelne Prozessschritte separat modelliert werden können (Laue, et al., 2021 S. 31-42).

Die eEPK ist die erweiterte Form der EPK, die weitere Notationselemente für die organisatorische Einheit, das Informationsobjekt, das Anwendungssystem sowie für den Datenfluss enthält. Die organisatorische Einheit beschreibt dabei wer (Personen, Abteilungen etc.) am Prozess beteiligt ist. Das Informationsobjekt bildet die Informationen in den Prozessen ab, die von den Anwendungssystemen verarbeitet werden. Der Datenfluss dient der Verknüpfung von Funktionen mit den benötigten Informationsobjekten (Gadatsch, 2017 S. 107).

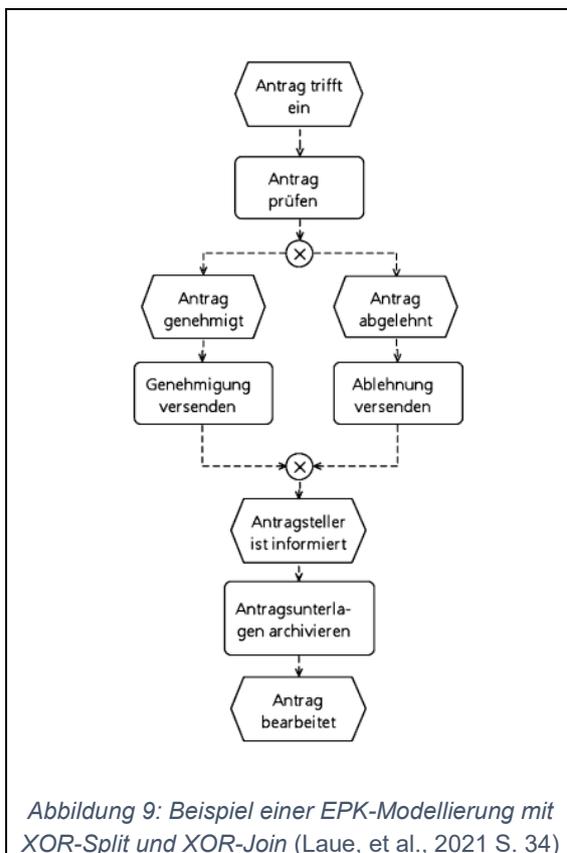


Abbildung 9: Beispiel einer EPK-Modellierung mit XOR-Split und XOR-Join (Laue, et al., 2021 S. 34)

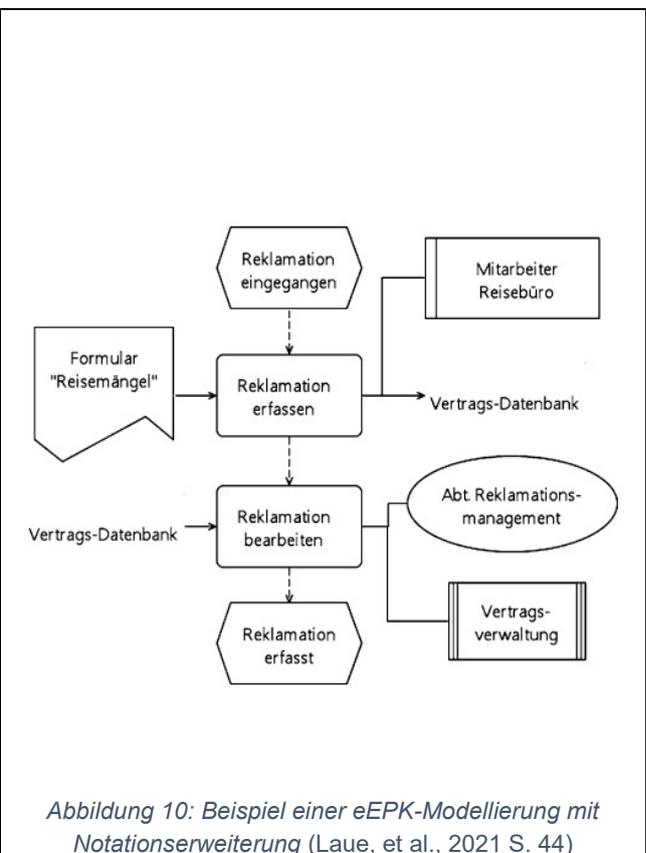


Abbildung 10: Beispiel einer eEPK-Modellierung mit Notationserweiterung (Laue, et al., 2021 S. 44)

(Laue, et al., 2021) konstatiert, dass es kein allgemein anerkanntes standardisiertes Metamodell der EPK gibt. Dies führt dazu, dass auch kein standardisiertes Speicherformat für den Modellaustausch zwischen verschiedenen Modellierungswerkzeugen zur Verfügung steht. Quelloffene Werkzeuge wie die bflow\* Toolbox ([www.bflow.org](http://www.bflow.org)) oder ProM ([www.promtools.org](http://www.promtools.org)) berufen sich i.d.R. auf die EPC Markup Language (EPML) als einfaches XML-Austauschformat. Viele der kommerziellen Anbieter stellen häufig kein Austauschformat zur Verfügung (Laue, et al., 2021 S. S.45).

Neben einem hohen Bekanntheitsgrad ist ein Vorteil der EPK gegenüber anderer Modellierungssprachen, dass sich in EPKs gut darstellen lässt, wenn mehrere Rollen an der Ausführung einer Aktivität beteiligt sind. Zudem müssen Start- und Endereignisse zwingend modelliert werden, wodurch die Vor- bzw. Nachbedingung eines Geschäftsprozesses leicht zu erfassen sind. Des Weiteren ist der Sprachumfang der EPK so gewählt, dass dieser von Modellierer:innen schnell erlernt werden kann und nicht jede:r Modellierer:in eine „eigene Syntax“ verwendet (Laue, et al., 2021 S. 45-47) (Gadatsch, 2017 S. 110).

### 3.2.2 BPMN (Business Process Model and Notation)

Die Business Process Model and Notation (BPMN) wurde im Jahre 2004, damals noch als Business Process Modeling Notation, vom Business Process Management Institute (BPMI) veröffentlicht. Aufgrund der leicht verständlichen Notationen und der großen Ausdrucksvielfalt, hat die Modellierungssprache BPMN seit der Version 2.0 eine große Verbreitung in der Wirtschaft und Forschung erlangt. Ein Vorteil gegenüber der EPK ist, dass Prozesse mit der BPMN nicht nur modelliert, sondern auch die zeitliche Prozessausführung definiert wird (Laue, et al., 2021 S. 49-67) (Gadatsch, 2017 S. 112-113).

Die BPMN bietet drei Diagrammarten für die Modellierung von Geschäftsprozessen. Dazu gehören Prozessdiagramme, Kollaborationsdiagramme sowie Choreographiediagramme.

Ein Prozessdiagramm stellt den Fluss der Ereignisse und Aktivitäten dar, die zum Erreichen eines Geschäftsziels durchlaufen werden müssen. Kollaborationsdiagramme werden dafür eingesetzt, um die Zusammenarbeit und den Nachrichtenaustausch zwischen verschiedenen Geschäftsprozessen aufzuzeigen. Ein Choreographiediagramm bildet darüber hinaus die Zusammenarbeit verschiedener Prozesse oder Partner:innen auf einer abstrakten Ebene ab. Für das Verständnis der vorliegenden Arbeit sind vor allem die Grundlagen des Prozessdiagramms und Kollaborationsdiagramm entscheidend, die im Folgenden näher vorgestellt werden (Laue, et al., 2021 S. 49-67).

Zu den wichtigsten Elementen von BPMN-Prozessdiagrammen gehören Fließelemente, Verbindungsobjekte, Artefakte sowie die Deklaration der Verantwortlichkeitsbereiche, siehe Abbildung 11. Fließelemente sind bei der BPMN durch einen Sequenzfluss miteinander verbunden und beschreiben damit den zeitlichen Ablauf der Aktivitäten im Prozess. Artefakte wie Datenobjekte oder Annotationen können mit einzelnen Fließelementen (über Assoziationen) verbunden werden und ermöglichen über Schreib- und Lesezugriffe das Einbinden von Informationen aus verschiedenen Informationssystemen.

Die Verantwortlichkeitsbereiche für die Ausführung der einzelnen Aufgaben werden durch sogenannte Pools und Lanes gekennzeichnet. Ein Pool beschreibt einen eigenständigen Prozess, von dem die Aufgaben (Aktivitäten) verschiedenen Verantwortungsbereichen (Lanes) zugeordnet werden. Kollaborationsdiagramme weisen im Gegensatz zu Prozessdiagrammen mehrere Pools auf. Die einzelnen Pools repräsentieren somit die Prozesse der einzelnen Partner. Ein Partner kann dabei eine Person, eine Organisation oder auch ein IT-System sein (Laue, et al., 2021 S. 49-67) (Gadatsch, 2017 S. 114-117).

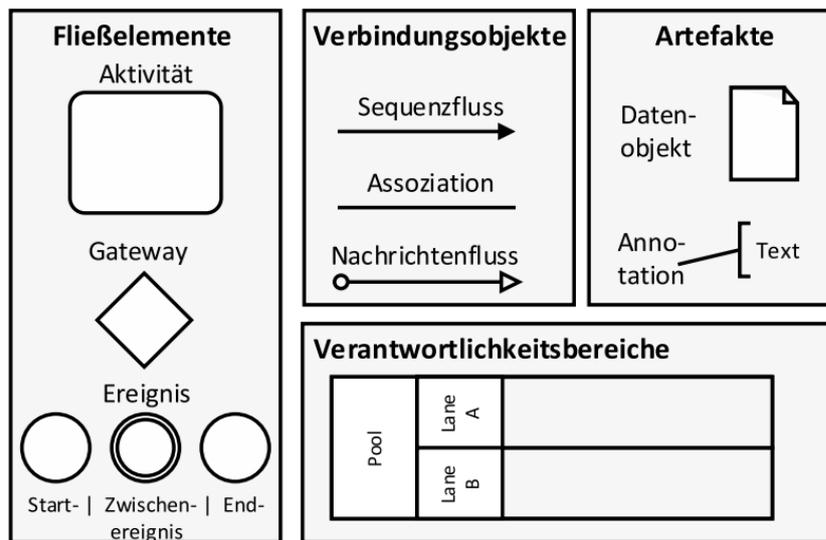


Abbildung 11: Hauptelemente von BPMN-Prozessdiagrammen (Laue, et al., 2021 S. 51)

Eine Aktivität im BPMN-Modell definiert die Aufgabe (*engl. tasks*), die es zu erfüllen gilt, um die nachfolgenden Aktivitäten und Ereignisse im Prozess zu aktivieren. Aktivitäten unterscheiden sich dabei in der Art der Ausführung, die mithilfe eines Dekorierers in der oberen linken Ecke festgelegt wird. Zu den wichtigsten Arten von Aufgaben gehören Benutzeraufgaben, manuelle Aufgaben, sendende Aufgaben, empfangende Aufgaben, Service-Aufgaben und Geschäftsregelaufgaben, siehe Abbildung 12.

Während manuelle Aufgaben (*engl. manual tasks*) unabhängig von Prozessausführungssystemen bearbeitet werden, werden Benutzeraufgaben (*engl. user tasks*) für alle betroffenen Prozessteilnehmer:innen über eine graphische Benutzerschnittstelle angezeigt. Da somit das Starten und Beenden der Aufgaben in einem Prozessausführungssystem kontrolliert werden kann, sind Benutzeraufgaben nach (Laue, et al., 2021) gegenüber manuellen Aufgaben zu bevorzugen. Zu Service-Aufgaben (*engl. service tasks*) zählen Aufgaben, die automatisch bspw. über ein Java-Service ausgeführt werden. Sobald der Service einen Rückgabewert als Antwort schickt, gilt die Aufgabe als beendet. Sendende und empfangende Aufgaben (*engl. send / receive tasks*) werden für den Nachrichtenaustausch mit externen Partner:innen oder Prozessen verwendet. Sendende Aufgaben sind nach Versendung der Nachricht beendet, empfangende Aufgaben sind hingegen so lange aktiv, bis die zugewiesene Nachricht eingetroffen ist. Geschäftsregelaufgaben (*engl. business rule tasks*) treffen während der Prozessausführung,

basierend auf dem aktuellen Zustand und den vorliegenden Daten, automatisch eine Entscheidung. Dafür wird eine Entscheidungslogik herangezogen, die bspw. in Form eines Entscheidungsmodells hinterlegt ist (Laue, et al., 2021 S. 49-67).

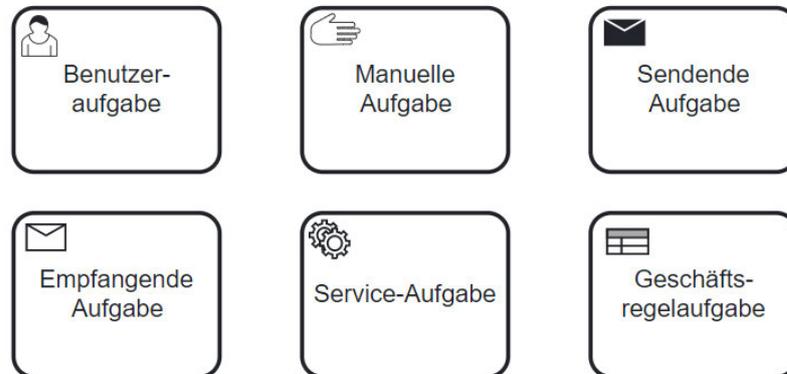


Abbildung 12: Die wichtigsten Arten von BPMN-Aufgaben nach (Laue, et al., 2021 S. 52) (eigene Darstellung)

Die BPMN kennt zahlreiche Ausprägungen für Ereignisse, die als Kreis-Symbole dargestellt werden. Die Object Management Group (OMG) unterscheidet zwischen Start-, Zwischen- und Endereignissen, siehe Abbildung 13. Sie reagieren auf Events, die auftreten (*engl. catching events*) oder lösen diese selbst aus (*engl. throwing events*). Ein Beispiel für ein eingetretenes Ereignis ist das Starterereignis. Das Starterereignis kann als nicht typisiertes Blanko-Ereignis oder bspw. als „Timer“-Ereignis definiert sein. Im zweiten Fall wird die Ausführung des Prozesses ausgelöst, sobald der festgelegte Zeitpunkt des Timers eintritt. Weitere Ereignisse sind Zwischen- und Endereignisse, die bspw. durch Nachrichten, Timer, Eskalationen, Bedingungen, Link, Fehler oder Signale ausgelöst werden oder diese auslösen (Laue, et al., 2021 S. 55-57) (Gadatsch, 2017 S. 112).

	Standard	Start	Zwischen	Ende				
		Ereignis-Teilprozess Unterbrechend	Ereignis-Teilprozess Nicht-unterbrechend	Eingetreten	Angeheftet unterbrechend	Angeheftet Nicht-unterbrechend	Ausgelöst	Standard
<b>Blanko:</b> Untypisierte Ereignisse, i. d. R. am Start oder Ende eines Prozesses.								
<b>Nachricht:</b> Empfang und Versand von Nachrichten.								
<b>Timer:</b> Periodische zeitliche Ereignisse, Zeitpunkte oder Zeitspannen.								
<b>Eskalation:</b> Meldung an den nächsthöheren Verantwortlichen.								
<b>Bedingung:</b> Reaktion auf veränderte Bedingungen und Bezug auf Geschäftsregeln.								
<b>Link:</b> Zwei zusammengehörige Link-Ereignisse repräsentieren einen Sequenzfluss.								
<b>Fehler:</b> Auslösen und behandeln von definierten Fehlern.								
<b>Abbruch:</b> Reaktion auf abgebrochene Transaktionen oder Auslösen von Abbrüchen.								
<b>Kompensation:</b> Behandeln oder Auslösen einer Kompensation								
<b>Signal:</b> Signal über mehrere Prozesse. Auf ein Signal kann mehrfach reagiert werden.								
<b>Mehrfach:</b> Eintreten eines von mehreren Ereignissen. Auslösen aller Ereignisse.								
<b>Mehrfach/Parallel:</b> Eintreten aller Ereignisse.								
<b>Terminierung:</b> Löst die sofortige Beendigung des Prozesses aus.								

Abbildung 13: BPMN-Ereignisse (BPMB-Offensive, 2011)

Mithilfe von Gateways können Kontrollflüsse aufgeteilt oder zusammengeführt werden. Gateways werden als Raute-Symbole abgebildet, die durch Kreise oder Kreuze in der Raute gekennzeichnet sind. Die UND, XOR und ODER-Konnektoren aus der eEPK (siehe Kapitel 3.2.1) werden in der BPMN durch weitergehende Varianten erweitert. Insgesamt wird zwischen XOR-Split und XOR-Join-Gateway (Zeichen ) , AND-Split und AND-Join-Gateway (Zeichen ) , OR-Split und OR-Join-Gateway (Zeichen ) , sowie dem komplexen Gateway unterschieden. Das Exclusive Gateway („XOR“-Gateways) wählt einen der möglichen Prozesspfade (Auswahl 1 aus n) aus, bzw. führt die Prozesspfade wieder zusammen, sobald ein Pfad ausgeführt wurde. Bei OR-Split-Gateways werden hingegen alle Prozesspfade

ausgeführt, deren Bedingungen erfüllt wurden. OR-Join-Gateways warten entsprechend, bis die gewählten Pfade des OR-Split-Gateways ausgeführt wurden, bevor die Prozessausführung fortsetzt. Beim AND-Split-Gateway werden alle Ausgangspfade aktiviert (Auswahl n aus n), die beim AND-Join-Gateway nach Ausführung aller Ausführungspfade zusammengeführt werden. Beim komplexen Gateway können beliebige Regeln zum Einsatz kommen. Es wird somit nur eingesetzt, wenn die klassischen Gateways einen Sachverhalt nur unzureichend darstellen (Gadatsch, 2017 S. S.118-119).

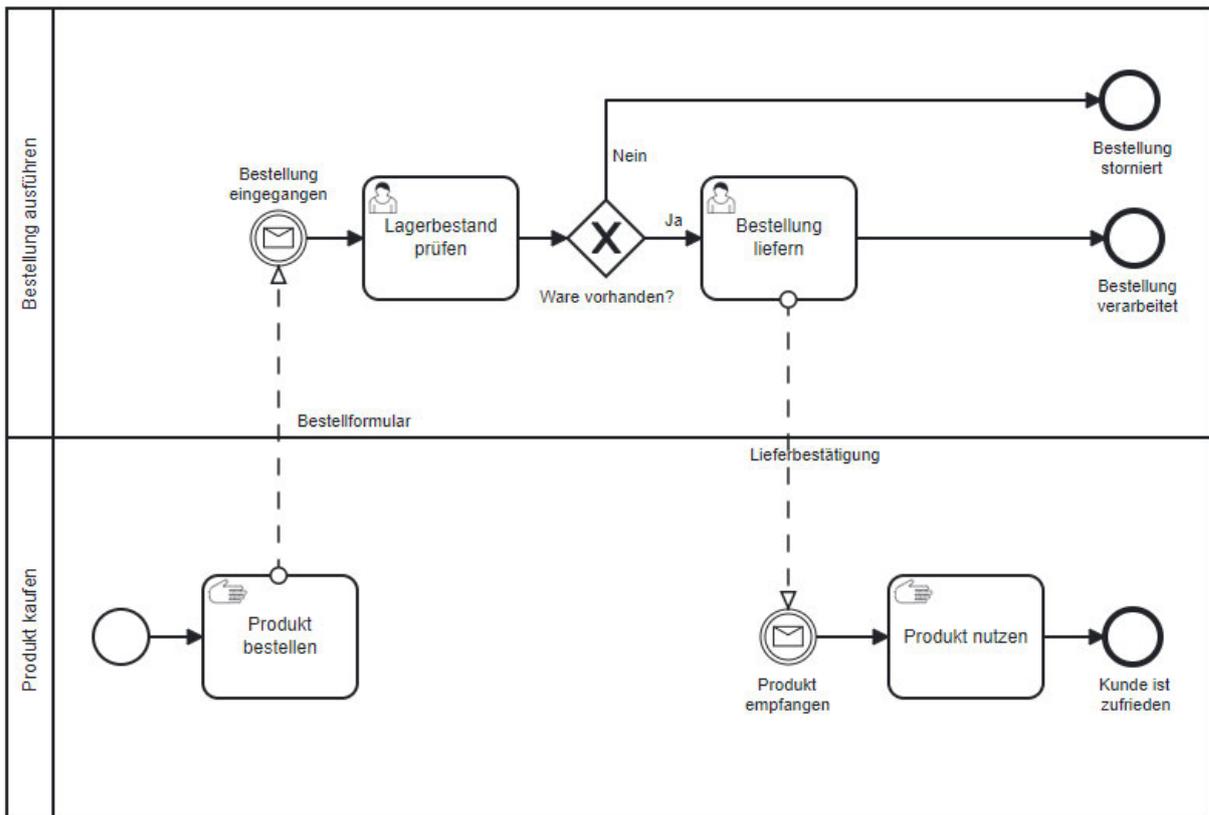


Abbildung 14: BPMN-Modellierungsbeispiel nach (digicomp) (eigene Darstellung)

Für eine verbesserte Prozesssicht ermöglicht die BPMN einen Prozess in Teilprozesse aufzuteilen. Diese können durch Ereignisse miteinander verbunden werden oder als Prozess mit einem zugeklappten oder aufgeklappten Teilprozess umgesetzt werden. Dabei referenziert der zugeklappte Teilprozess auf ein weiteres BPMN-Prozessdiagramm. Aufgeklappte Teilprozesse können bei Verwendung gängiger Modellierungswerkzeuge mit einem Klick auf- bzw. zugeklappt werden und somit den Teilprozess sichtbar machen.

Die BPMN definiert ein MOF-konformes Metamodell zur Prozessmodellierung. Der Meta-Object Facility Standard (MOF) ist ein Metamodellierungs- und Metadatenstandard der OMG, die unter anderem für die Einführung der industriellen Standards Unified Modeling Language (UML), Decision Model and Notation (DMN) und Case Management Model and Notation (CMMN) bekannt ist. Dadurch richtet sich der Aufbau der BPMN nach einem anerkannten Standard, der neben der Modellsyntax auch ein Austauschformat für Modelldateien auf XML-

Basis festlegt. Da dieses Austauschformat nicht alle Informationen des Modells wie bspw. die Attribute einer Aktivität berücksichtigt, bietet der BPMN-Standard die Möglichkeit Erweiterungselemente (*engl. extension elements*) zu nutzen. Die Erweiterungselemente können Informationen über fachbereichsspezifische und konzeptionelle Erweiterungen sowie technische Informationen für das Prozessausführungssystem beinhalten (Laue, et al., 2021 S. 49-67).

Nach (Laue, et al., 2021 S. 31) und (Gadatsch, 2017 S. 128) nimmt die Anwendung der „modernen“ Notationen des BPMN-Standards im Vergleich zu EPKs zu. Zudem verfügt die BPMN über einen größeren Sprachumfang. Dadurch besteht zum einen die Möglichkeit die Vielfalt von Prozess-Elementen abzudecken, es birgt jedoch auch die Gefahr, dass nicht alle Modellierer:innen den gesamten Sprachumfang beherrschen.

### 3.3 Process-Mining

Eine wichtige Aufgabe des Geschäftsprozessmanagements ist die Optimierung von Prozessen. Die Ziele der Prozessoptimierung werden dabei aus übergeordneten Zielen abgeleitet, wie bspw. der Verkürzung der Durchlaufzeit, der Verbesserung der körperlichen oder psychischen Belastung von Mitarbeiter:innen oder der Optimierung von Prozesskosten. Ein wichtiger Bestandteil zur Erreichung dieser Zielsetzungen ist Process-Mining (Laue, et al., 2021 S. 81). Nach (Wetzel, et al., 2021 S. 39) dient Process-Mining der automatischen Erkennung von Prozessmodellen auf Basis von Ereignisprotokollen (*engl. event logs*) aus IT-Systemen mit dem Ziel, Prozesse zu überprüfen und zu verbessern.

In der Literatur werden die unterschiedlichen Ausprägungen von Process-Mining in drei Bereiche unterteilt: Die Erkennung (*engl. Discovery*), die Übereinstimmung (*engl. Conformance*) und die Erweiterung (*engl. Enhancement*). Die Erkennung dient zunächst der automatischen Aufnahme des Ist-Prozessmodells. Dies erfolgt anhand der Überführung und Speicherung von Log-Daten in Event-Logs. Der zweite Bereich, die Übereinstimmung, stellt das Ist-Prozessmodell einem vorgegeben Ziel-Modell gegenüber und zeigt entsprechende Abweichungen auf. Der dritte Bereich, die Erweiterung, reichert bestehende Prozessmodelle an, um diese zu verbessern. Dies kann bspw. in Form von Standardisierungen, Reihenfolgeänderungen oder anhand weiterer Attribute wie Zeit oder Ressourcen erfolgen. Zudem bietet die Integration von Process-Mining-Komponenten in operative Systeme die Möglichkeit, die Prozessausführung in Echtzeit zu verfolgen und somit in die Vorgangsbearbeitung einzugreifen (Peters, et al., 2019 S. 66ff).

Da die Erkenntnisgewinnung im Wesentlichen auf der Analyse von großen Datenmengen beruht, ist die Qualität und Herkunft der Daten beim Process-Mining von zentraler Bedeutung. Die Daten können aus unterschiedlichen Datenquellen stammen, die über ein Warehouse bereitgestellt werden oder separat extrahiert und gesammelt werden. Kommerzielle Process-Mining-Software bieten für gängige ERP Systeme „Loader“ oder „Konnektoren“ an, die die benötigten Daten aus den IT-Systemen in Ereignisprotokolle zusammenfassen.

In Abbildung 15 ist die Terminologie des Process-Mining veranschaulicht. Dafür wird zunächst jeder Arbeitsschritt der Prozesse durch das unterstützende Software-System als Ereignis im



Interpretation der Daten. Um diese Hypothese  $h(x)$  mithilfe einer approximierenden Funktion  $h(\cdot)$  zu erlernen, kommen in Abhängigkeit des Anwendungsfalls unterschiedliche Verfahren wie bspw. Regressions- und Klassifikationsverfahren sowie unterschiedliche Ausprägungen von künstlichen neuronalen Netzen zum Einsatz. Überwachtes Lernen wird somit vor allem für Klassifizierungs- und Regressionsprobleme eingesetzt. Zu den bekannten Verfahren zählen  $k$ -means, Principal Components Analysis und Mixture of Gaussians.

Das Unsupervised Learning kommt hingegen ohne vorheriges Training mit Beispieldaten aus. Das Computerprogramm muss somit übergeordnete Strukturen der Daten selbst erkennen und in Informationen umwandeln. Dies wird mithilfe von Verfahren der Dimensionsreduktion, Hauptkomponentenanalyse sowie der Dichteermittlung umgesetzt. Die Verfahren werden bspw. in der Statistik als Kerndichteschätzung eingesetzt.

Das Ziel beim Reinforcement Learning (in Folge abgekürzt mit RIL) ist, dass sich das Computerprogramm mithilfe eines Belohnungssystems gewünschte Handlungen merkt und sein Verhalten bis zum Erreichen der maximalen Belohnung anpasst. Dafür interagiert ein Agent über Aktionen mit seiner Umgebung und erlernt gewünschte Handlungen über die Rückmeldung von Zuständen und unterschiedlich hohen Belohnungen (Wittpahl, 2019 S. 25-29) (Appelfeller, et al., 2018 S. 25-26). Eine wichtige Eigenschaft beim RIL ist, dass der Agent versucht die beste Aktion für einen bestimmten Zustand ohne Bezug auf vorherige Zustände zu wählen. Diese Eigenschaft wird als *Markov-Eigenschaft* bezeichnet. Dementsprechend werden Probleme, bei denen allein der aktuelle Zustand genügend Informationen enthält, um optimale Aktionen zur Maximierung zukünftiger Belohnungen auszuwählen als *Markov Decision Process* (MDP) bezeichnet. Die Markov-Eigenschaft ist bei vielen Problemstellungen aus der Realität nicht *von Natur aus* gegeben, kann aber durch Informationen im Zustand induziert werden, die relevante Ereignisse aus der Vergangenheit beinhalten (Zai, et al., 2020 S. 51-52).

In Anlehnung an (Sterzel, 2022 S. 26) ist ein MDP gekennzeichnet durch ein Tupel  $(S, A, p, r)$ , wobei

$S$ ...die Menge von Zuständen (Zustandsraum) mit  $s_t, s_{t+1} \in S$

$A$ ...die Menge von Aktionen (Aktionsraum) mit  $a \in A$

$p$ ...die Transitionsfunktion und

$r$ ...die Belohnungsfunktion

darstellen.

Die Abbildung 16 zeigt das Standardmodell zur Lösung von RIL-Problemen.

Der Reinforcement-Learning Algorithmus konstruiert einen *Agenten*, der sich im aktuellen Zustand der *Umgebung* befindet und somit Zugriff auf alle Daten über die Umgebung zu einem bestimmten Zeitpunkt  $s_t \in S$  hat. Anhand dieser Informationen führt der Agent eine Aktion  $a_t \in A$  aus dem zur Verfügung stehenden *Aktionsraum* aus, wodurch sich die Umgebung verändert und der Agent sich im neuen Zustand  $s_{t+1}$  befindet. Die Wahrscheinlichkeit, mit der eine durchgeführte Aktion zu dem Zustand  $s_{t+1}$  aus dem gesamt möglichen Zustandsraum führt, wird als *Übergangswahrscheinlichkeit* bezeichnet. Diese ist durch die Transitionsfunktion  $p(s_{t+1}|s, a)$  definiert. Der Zustandsübergang  $s_t \rightarrow s_{t+1}$  führt zu einer *Belohnung*  $r_t$ , durch die

der Agent lernt, welches die bestmöglichen Aktionen in einem gegebenen Zustand sind (Zai, et al., 2020 S. 53-54).

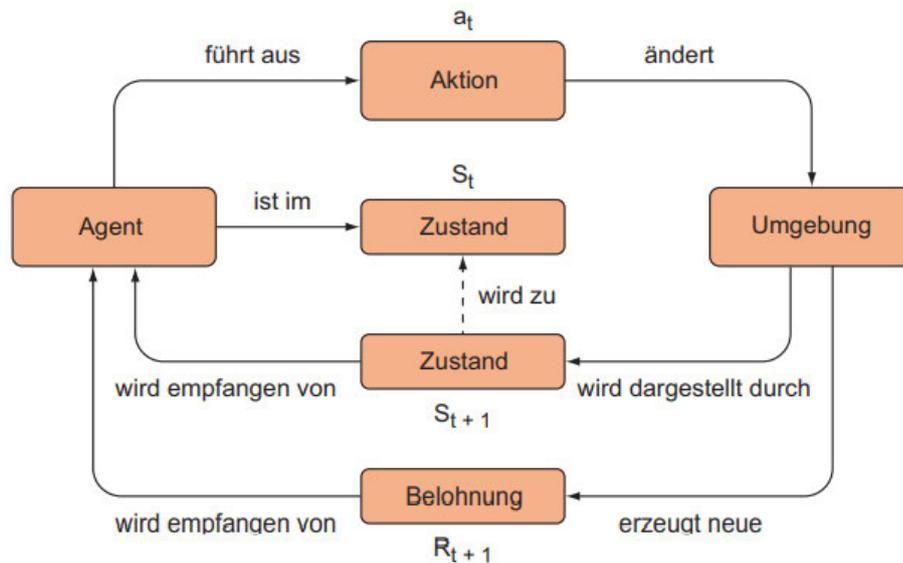


Abbildung 16: Das Standardmodell des Reinforcement Learning (Zai, et al., 2020 S. 27)

Die Entscheidung über die Aktion anhand des aktuellen Zustands wird bei RIL-Algorithmen über eine *Policy-Funktion* und *Wert-Funktion* erlernt. Als Policy  $\pi$  wird die Strategie des Agenten in einem bestimmten Umfeld bezeichnet. Im Wesentlichen wird mit der Policy-Funktion eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Zuständen zu den besten Aktionen für den aktuellen Zustand abgebildet. Die Mathematische Notation der Policy-Funktion kann somit mit Formel 1 beschrieben werden. Dabei ist  $P(A|s)$  die Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Menge der Aktionen  $A$  bei gegebenem Zustand  $s$  (Zai, et al., 2020 S. 55).

Formel 1: Policy-Funktion nach (Zai, et al., 2020 S. 55)

$$\pi, s \rightarrow P(A|s), \text{ wobei } s \in S$$

Wenn dem Agenten die erwarteten Belohnungen für die Befolgung möglicher Policy  $\pi$  bekannt sind, wird der Agent die Policy  $\pi$  mit der maximalen Belohnung auswählen. Die mathematische Notation dieser *optimalen Policy* ist in Formel 2 beschrieben. Mit  $\pi^*$  wird also das Maximum (argmax) der Erfahrung  $E$  ausgewählt, die der Agent anhand der erhaltenen Belohnungen und ausgewählten Policies gesammelt hat (Zai, et al., 2020 S. 55) (Sterzel, 2022 S. 27).

Formel 2: Optimale Policy (Zai, et al., 2020 S. 55)

$$\pi^* = \text{argmax } E(R|\pi)$$

Das Trainieren von Reinforcement-Learning-Algorithmen die bestmögliche Aktion auszuwählen, kann direkt oder indirekt umgesetzt erfolgen. Beim direkten Training lernt der

Agent anhand seines aktuellen Zustands welche Aktionen für eine maximale Belohnung am besten sind. Beim indirekten Training lernt der Agent welche Zustände erstrebenswert sind und richtet seine Aktionen anhand des gewünschten Folgezustands aus. Für das indirekte Training werden somit die Folgezustände mit einer Wert-Funktion oder die State-Aktion-Paare mit einer Aktion-Wert-Funktion anhand der erwarteten Belohnung bewertet (Zai, et al., 2020 S. 56). Eine Wert-Funktion beschreibt dabei den Gesamtbetrag an Belohnungen, die ein Agent über die Zeit erwarten kann, wenn er im Zustand  $s$  startet und anschließend der Policy  $\pi$  folgt, siehe Formel 3 (Sterzel, 2022 S. S.28).

*Formel 3: Wert-Funktion (Sterzel, 2022 S. S.31)*

$$v_*(s) := \max_{\pi} v_{\pi}(s)$$

Bei der Aktion-Wert-Funktion (oder auch Q-Funktion oder Q-Wert) wird die erwartete Belohnung hingegen für ein Paar  $(s, a)$  eines Zustandes  $(s, s)$  und einer Aktion  $(a)$  abgebildet, vorausgesetzt es wird die Policy  $\pi$  verwendet (Zai, et al., 2020 S. 56).

*Formel 4: Aktion-Wert-Funktion (Sterzel, 2022 S. S.31)*

$$q_*(s, a) := \max_{\pi} q_{\pi}(s, a)$$

Die Gesamtbelohnung kann für episodische RIL-Probleme mit einem Endzustand  $T$  als Funktion der Sequenz von erhaltenen Belohnungen nach Zeitpunkt  $t$  und dem finalen Zeitpunkt  $T$  mit Formel 5 definiert werden. Aufgrund der stochastischen Natur eines MDP respektiven RIL-Problems ist der Endzustand  $T$  eine Zufallsvariable, die von Episode zu Episode variiert (Sterzel, 2022 S. 29).

*Formel 5: Gesamtbelohnung für episodische RIL-Probleme (Sterzel, 2022 S. 28)*

$$G_t := r_{t+1} + r_{t+2} + r_{t+3} + \dots + r_T$$

Für Anwendungen, die fortlaufende Aufgaben mit unendlichem Zeithorizont beschreiben, muss die Formel 5 durch einen Diskontierungsfaktor  $\gamma$  wie in Formel 6 erweitert werden. Für den Diskontierungsfaktor  $\gamma$  gilt dabei  $0 \leq \gamma \leq 1$ . Je größer somit der Diskontierungsfaktor  $\gamma$  gewählt wird, desto weitsichtiger wird der Agent Belohnungen zukünftiger Zeitschritte zu berücksichtigen. Diese schwächen jedoch in weiterer Zukunft zunehmend ab (Sterzel, 2022 S. 29).

*Formel 6: Diskontierte Gesamtbelohnung (Sterzel, 2022 S. 29)*

$$G_t := r_{t+1} + \gamma r_{t+2} + \gamma^2 r_{t+3} + \gamma^3 r_{t+4} + \dots = r_{t+1} + \gamma (r_{t+2} + \gamma r_{t+3} + \gamma^2 r_{t+4} + \dots)$$

$$G_t := \sum_{k=t+1}^T \gamma^{k-t-1} r_k$$

Aus dieser Formel 6 für die diskontierte Gesamtbelohnung  $G_t$  sowie dem Zusammenhang zwischen  $v_*(s)$  und  $q_*(s, a)$  kann nun die Bellman-Optimalitäts-Gleichung hergeleitet werden. Die Bellman-Optimalitäts-Gleichung ist in Formel 7 aufgeführt und kann von einer Reihe von Verfahren gelöst werden (Sterzel, 2022 S. 31).

*Formel 7: Bellman-Optimalitäts-Gleichung für  $v_*$  (Sterzel, 2022 S. 31)*

$$\begin{aligned}
 v_*(s) &= \max_{a \in A(s)} q_*(s, a) \\
 &= \max_{a \in A(s)} E_{\pi^*} [G_t | s_t = s, a_t = a] \\
 &= \max_{a \in A(s)} E_{\pi^*} [r_{t+1} + \gamma G_{t+1} | s_t = s, a_t = a] \\
 &= \max_{a \in A(s)} E [r_{t+1} + \gamma v_*(s_{t+1}) | s_t = s, a_t = a] \\
 &= \max_{a \in A(s)} \sum_{s'} p(s' | s, a) (r(s', a, s) + \gamma v_*(s'))
 \end{aligned}$$

Für die optimale Aktion-Wert-Funktion ergibt sich analog die Formel 8.

*Formel 8: Bellman-Optimalitäts-Gleichung für  $q_*$  (Sterzel, 2022 S. 32)*

$$q_*(s, a) = \sum_{s'} p(s' | s, a) (r(s', a, s) + \gamma \max_{a' \in A(s')} q_*(s', a'))$$

Damit gilt, dass ein Agent lernt, sobald sich die Wert-Funktion  $v$  dem Fixpunkt  $v_*$  bzw. die Aktion-Wert-Funktion  $q$  dem Fixpunkt  $q_*$  annähern (Sterzel, 2022 S. 32).

## 4. Vorstellung des entwickelten Modells

In diesem Kapitel wird das konzeptionelle Modell vorgestellt, das die Grundlage für die spätere Implementierung der Simulationsplattform bildet. Die Vorgehensweise für die Festlegung der Projektziele und Anforderungen an die Übersetzungsmethode besteht in Anlehnung an (Rolf, et al., 2021) aus den folgenden drei Schritten.

1. Problemverständnis
2. Festlegung der Projektziele
  - a. Ableiten der Leitideen
  - b. Festlegung des Systems und der Systemgrenze
3. Anforderungen an die Übersetzungsmethode
  - a. Anforderungsanalyse anhand einer Nutzerstudie
  - b. Ableiten der Anforderungen für die Ein- und Ausgabeparameter

### 4.1 Problemverständnis

Das Ziel der Simulationsplattform für Geschäftsprozesse ist die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern sowie die Gestaltung der digitalen Zukunft in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zu unterstützen. Während in Großkonzernen bereits ein hohes Maß an technologischer Reife vorzufinden ist, stehen viele kleinere Unternehmen in klassischen Branchen vor verschiedenen Herausforderungen, siehe Kapitel 1.

(Bosse, et al., 2019) konstatiert, dass obwohl die Relevanz der Digitalisierung bekannt ist, die Umsetzung, aufgrund mangelnder Mitarbeiterkompetenzen sowie fehlender strategischer Ausrichtung und Strukturierung, häufig verzögert wird. Die Vorgehensweise für eine erfolgreiche digitale Transformation in KMUs muss somit schrittweise anhand der „(...) systematischen Identifikation von Digitalisierungspotenzialen, der Formulierung einer eigenen Digitalisierungsstrategie sowie der strukturierten Umsetzung der digitalen Transformation unter Einbezug aller relevanten Akteure im Unternehmen“ erfolgen (Bosse, et al., 2019 S. 15). Um darüber hinaus in der heutigen VUCA-Welt (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) als KMU zu bestehen, benötigen die Organisationen zudem ein geeignetes Modell der eigenen Wertschöpfungskette, welches sich an wandelnde Marktanforderungen, Kundenbedürfnisse und Krisensituationen wirksam anpassen lässt (Tokarski, et al., 2022 S. 5-6). Die geforderten Anpassungen der Wertschöpfungskette führen dabei zu teilweise radikalen Veränderungen in der Organisation, die in Form von Reorganisationsprojekten und der Requalifizierung der Belegschaft umgesetzt werden müssen (Becker, et al., 2012 S. S.9-15) (APRODI, 2021 S. S.6-7) (Schellinger, et al., 2022 S. S.253). Neben der Digitalisierung stellt somit auch die Agilität der Organisation eine wichtige Voraussetzung dar, um die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu sichern.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Bewältigung der stetigen organisatorischen und prozessualen Anpassungen, die durch die Digitalisierung in KMUs ausgelöst werden. Dabei

ist insbesondere der Faktor Mensch und die veränderten Anforderungen an die Kompetenzen und Kommunikation, Gegenstand der Betrachtung.

Um die derzeitigen Herausforderungen von KMUs im Kontext der Digitalisierung herauszuarbeiten, erfolgt zunächst eine Literaturrecherche bezüglich der wahrgenommenen Komplexität, dem organisatorischen Change-Management sowie den veränderten Anforderungen an die Kompetenzen und Kommunikation im Geschäftsprozessmanagement. In den folgenden Kapiteln wird damit Bezug auf die in Tabelle 4 aufgeführte Literatur genommen.

*Tabelle 4: Übersicht der Quellen für die Literaturrecherche: Herausforderungen von KMUs im Kontext der Digitalisierung*

<b>Titel (gekürzt)</b>	<b>Referenz</b>
Prozessmanagement	(Becker, et al., 2012)
Arbeits- und prozessorientierte Digitalisierung	(Held, et al., 2021)
Die digitale Transformation des Unternehmens	(Appelfeller, et al., 2018)
TransWork - Transformation der Arbeit durch Digitalisierung	(Schnalzer, et al., 2021)
Integrierte Business-Informationssysteme	(Gronwald, 2020)
Die Einführung eines ERP-/PLM-Systems in den frühen Phasen der digitalen Transformation erfolgreich vorbereiten	(Hellge, et al., 2019)
Digitale Transformation von Geschäftsmodellen	(Schallmo, et al., 2021)
Digitalisierung im Mittelstand erfolgreich gestalten	(Bosse, et al., 2019)
Betriebliche Digitalisierung erfolgreich gestalten	(APRODI, 2021)
Eine Methode zur Unterstützung der disziplinübergreifenden Zusammenarbeit in der Produktentwicklung auf Grundlage einer integrierten Visualisierung konzeptioneller Modelle	(Herter, 2017)
Wissensorientierte Unternehmensführung	(North, 2016)
Zukunft der Arbeit – Implikationen und Herausforderungen durch autonome Informationssysteme	(Neuburger, et al., 2020)
Digitale Intensität und Management der Transformation	(Deflorin, et al., 2021)
Die Anmaßung von Wissen oder weshalb Unternehmen mit ERP-Systemen immer wieder in dieselben Denkfallen tappen	(Schwenk, 2017)

#### 4.1.1 Komplexität

Ein Hindernis für die Festlegung und Umsetzung von Digitalisierungsstrategien in KMUs liegt in den weitreichenden Projektrisiken und der Komplexität der Vorhaben begründet. Die zunehmende Komplexität führt dabei zu einem immer lückenhafteren Wissen in Unternehmen über die Systeme sowie über deren Wirkzusammenhänge und Auswirkungen bei Veränderungen. Als Folge werden Entscheidungen häufig auf einer unzureichenden Entscheidungsgrundlage von einzelnen Personen getroffen, die Sachverhalte auf Basis individueller Erfahrungen und begrenztem Wissen bewerten (Becker, et al., 2012 S. 86).

(Held, et al., 2021) konstatiert, dass die Einführung von IT-Systemen häufig nur unter großer Anstrengung im Einklang mit den arbeitsprozessbezogenen Bedarfen der Nutzenden gelingt. Am Ende bleibt häufig eine Steuerungskomplexität von den Beschäftigten zu bewältigen, die dabei gegebenenfalls auch vom definierten Prozess abweichen oder „am System vorbei“ arbeiten (Held, et al., 2021 S. 19). (Appelfeller, et al., 2018) führt in diesem Zusammenhang den Begriff „Schatten-IT“ in Form von Tabellenkalkulations- und Textverarbeitungsprogrammen oder kleineren Datenbankanwendungen ein, die von Fachabteilungen inoffiziell genutzt werden (Appelfeller, et al., 2018 S. 31). Des Weiteren fehlt häufig die gesamtheitliche Prozesssicht, wodurch bereichsoptimierte Lösungen entstehen, die es durch arbeitsgestalterische Kompromisse in vor- und nachgelagerten Prozessschritten auszugleichen gilt. Ein hoher systembegleitender Regelungs- und Kommunikationsbedarf führt dabei insbesondere an Abteilungsgrenzen häufig zu Medienbrüchen und Doppelerfassung von Daten mit entsprechenden Fehlerquellen sowie Effizienz- und Informationsverlusten (Held, et al., 2021 S. 19) (Appelfeller, et al., 2018 S. 31).

Die Ergebnisse einer explorativen Interviewstudie mit 23 Expert\*innen von (Schnalzer, et al., 2021) bestätigen die wahrgenommene wachsende Komplexität in den Unternehmensbereichen Dienstleistung und Produktion. Als Komplexitätstreiber werden die zunehmende Kundenintegration, Produktindividualisierung, Variantenvielfalt sowie ablauf- und aufbauorganisatorische Faktoren genannt. Zu den organisatorischen Faktoren zählen bspw. „(...) die verstärkte Nutzung digitaler Kommunikationsmedien, die steigende Zahl von Medienbrüchen sowie die Einführung von kleinen, agilen Teams“ (Schnalzer, et al., 2021 S. 4). Zu den am häufigsten genannten Maßnahmen der Studie zur Komplexitätsbeherrschung in digitalisierten Arbeitssystemen gehören „(...) die fachlichen und überfachlichen Qualifizierungsmaßnahmen, die Partizipation der Beschäftigten an Entwicklungs- und Entscheidungsprozessen sowie der Einsatz von Algorithmen zur automatisierten Datenanalyse“ (Schnalzer, et al., 2021 S. 4).

Bezüglich des Einsatzes von Algorithmen zur Datenanalyse wie bspw. Big Data Analytics und Künstlicher Intelligenz bedarf es nach (Gronwald, 2020) zunächst jedoch einer standardisierten IT-Infrastruktur sowie standardisierter Geschäftsprozesse und Stammdaten, um eine schnelle und unternehmensweite Umsetzung von Prozessverbesserungen zu ermöglichen (Best Practice Sharing) (Gronwald, 2020 S. S.8). Auch (Becker, et al., 2012) konstatiert dazu „Wer anpassen will, muss aber auch wissen, was er anpassen soll. Unstrukturierte Abläufe lassen sich schon deshalb kaum sinnvoll anpassen, weil die Kontrolle über die „Nebenwirkungen“ verloren geht“ (Becker, et al., 2012 S. 10). Insbesondere um die Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen, wird jedoch die Resilienz von Unternehmen und die

Fähigkeit zur Anpassung an neue Bedingungen in Zeiten der Digitalisierung essenziell. Die wichtigsten Gründe für die mangelnde Kenntnis über Wirkzusammenhänge sieht (Becker, et al., 2012) darin, dass operative Ziele, Interdependenzen der Prozesse und die damit verbundenen prozessualen und kostenrelevanten Effekte nicht erkannt bzw. ihre Identifikation nicht ausreichend geschult werden. Um dies in Unternehmen zu etablieren, benötigt es klar strukturierte und modellierte Prozesse, die eine Detaillierung bis auf Funktionsebene ermöglichen und Transparenz über die Verflechtung der Arbeitsschritte geben. Durch die daraus resultierende Befähigung zum ganzheitlichen Denken und Handeln in der Systementwicklung werden die Funktionsweise komplexer Systeme besser verstanden, anspruchsvolle Aufgaben lösbar und Entscheidungen für ein übergreifendes Optimum einfacher zu treffen. Darüber hinaus wird den Beschäftigten nicht nur die Sinnhaftigkeit von Abläufen vermittelt, es wird ihnen auch die Möglichkeit gegeben den jeweiligen Verantwortungsbereich durch gute Ideen zu verbessern und das Innovationspotenzial im Unternehmen zu steigern (Becker, et al., 2012 S. 11-86).

Nach (Hellge, et al., 2019) müssen Unternehmen zunächst eine Orientierungsphase durchlaufen, bevor die Strategien und Ziele von Digitalisierungsvorhaben festgelegt werden können. In dieser Phase wird i.d.R. der Ist-Zustand sowie der digitale Reifegrad mit Reifegradmodellen ermittelt. Zu möglichen Handlungsfeldern, die aus Reifegradmodellen bestimmt werden, gehören häufig die Bereiche Strategie, Technologie, Produkte und Dienstleistungen, Organisation und Prozesse sowie die Mitarbeiter:innen. In den Bereich Organisation und Prozesse fallen bspw. IT-Systeme wie PLM und ERP, die Verwaltung von Stammdaten sowie die Prozesslandschaft und die prozessorientierte Kultur im Unternehmen. Mögliche Handlungsfelder ergeben sich in vielen Unternehmen somit bspw. aufgrund verschiedener IT-Systeme, die nicht aufeinander abgestimmt sind oder durch fehlende Absprachen und undefinierte Prozesse (Hellge, et al., 2019 S. 224-228).

(Schallmo, et al., 2021) geht bei der digitalen Transformation von Geschäftsmodellen in den fünf Phasen Digitale Realität, Digitale Ambition, Digitale Potenziale, Digitaler Fit sowie Digitale Implementierung vor. In der ersten Phase Digitale Realität erfolgt zunächst das Skizzieren des bestehenden Geschäftsmodells eines Unternehmens. Dazu gehört neben der Analyse der reinen Wertschöpfungskette auch das Zusammenspiel der dazugehörigen Akteure und das Erheben von Kundenanforderungen. Die erste Phase dient somit dem Verständnis der digitalen Realität in unterschiedlichen Unternehmensbereichen als Ausgangsbasis für die Festlegung von Zielen und die Bewertung von digitalen Optionen (Schallmo, et al., 2021 S. 15).

Anhand der oben betrachteten Ansätze und Studien besteht ein Konsens in der gesamtheitlichen Vorgehensweise in Form von strukturierten und modellierten Prozessen als Basis für die Komplexitätsbeherrschung von Systemen und Geschäftsprozessen im Kontext der Digitalisierung. Auf dieser Grundlage muss zunächst das Verständnis über den Ist-Zustand sowie die Wirkzusammenhänge der Systeme und Organisation in KMUs aufgebaut werden, um daraus Digitalisierungspotenziale aus einer ganzheitlichen Prozesssicht ableiten zu können.

#### 4.1.2 Organisatorisches Change-Management

Der digitale Transformationsprozess führt neben der Einführung digitaler Hard- und Softwarelösungen häufig auch zu organisatorischen, prozessualen und kulturellen Veränderungen in Unternehmen. Diese ausgelösten Veränderungen bringen somit auch Änderungen an gewachsenen Prozessen und Strukturen mit sich (Hellge, et al., 2019 S. 220-224).

Für (Appelfeller, et al., 2018) muss die digitale Transformation in Unternehmen systematisch über hierarchisch aufeinander aufbauende Teilaufgaben abgearbeitet werden. Dabei wird anhand des PDCA-Zyklus (Plan, Do, Check, Act) ein Regelkreis zum Erreichen des jeweils nächsten Zwischen-Ziels der digitalen Transformation aufgebaut. Im letzten Schritt (Act) erfolgt die Entscheidung, ob die Transformation zu stabilisieren bzw. zu standardisieren ist oder der PDCA-Zyklus erneut gestartet werden muss. Zudem muss aufgrund der sich ständig ändernden Umweltbedingungen und Marktanforderungen die jeweils neue Situation mit dem Zielbild der Vision rückgekoppelt werden, um dies eventuell anzupassen (Appelfeller, et al., 2018 S. 17-18). Damit sind die fortlaufenden Veränderungen, die in Unternehmen durch die digitale Transformation ausgelöst werden, häufig weitreichend. Die stetige Erneuerung von Prozessen und Tätigkeiten sowie die veränderten Anforderungen an die Mitarbeiter:innen und Führungskräfte führen damit zu andauernden Change-Prozessen, die sozialverträglich gestaltet werden müssen (Bosse, et al., 2019 S. 15).

Nach (Gronwald, 2020) geht das Organisational Change-Management in den drei Schritten Vorbereitung, Implementierung und Verankerung in der Organisation vor. Das Ziel während der Vorbereitung liegt in der Erhöhung der Akzeptanz (Readiness) der Beschäftigten und Organisation. Während der Implementierung liegt die Bewertungsgrundlage für ein erfolgreiches Change-Management in der Höhe der Geschwindigkeit, mit der sich die betroffenen Bereiche bei gleichzeitiger Minimierung von Unterbrechungen und Einbußen der Produktivität an die neuen Situationen anpassen. Im letzten Schritt gilt es die Verankerung der geplanten Veränderungen in der Organisation bei gleichzeitiger Erreichung der Businessziele sicherzustellen (Gronwald, 2020 S. 13).

(Becker, et al., 2012) konstatiert, dass ein integraler Zielfindungsprozess über die Unternehmenskultur und -philosophie einzuleiten ist und „Change-Management auf allen Ebenen des Unternehmens gelebt werden (muss) – vom Top Management bis zur untersten operativen Ebene der Unternehmenshierarchie“ (Becker, et al., 2012 S. 10). Ängste vor Neuem müssen überwunden sowie Blockaden oder Hemmnisse der Mitarbeiter:innen aufgedeckt und beseitigt werden.

Generell gilt, dass Mitarbeiter:innen gegenüber Veränderungen sehr skeptisch eingestellt sind, die sich auf ihren Arbeitsplatz, die Ablaufgestaltung, der Aufgabenzuordnung oder die EDV-Unterstützung beziehen (Becker, et al., 2012 S. 41). Als Folge können Auskünfte verweigert, Informationen oder Verbesserungsvorschläge zurückgehalten und Unruhe gestiftet werden. Ein wichtiger Bestandteil vom Change-Management besteht daher darin, die Mitarbeiter:innen der Fachabteilungen in geplante Veränderungsprozesse aktiv mit einzubinden und sie am Ideenfindungsprozess teilhaben zu lassen. Des Weiteren gilt es bei Veränderungsprojekten gute Vorarbeit und Reflexion im Vorfeld zu leisten, um unnötige Nacharbeiten aufgrund

fehlenden Vordenkens zu vermeiden. Dazu gehört neben der frühzeitigen Einbindung von Leistungsträgern auch, das Wissen und die Kenntnisse außerhalb des Kernprojektteams in den Veränderungsprozess einfließen zu lassen (Becker, et al., 2012 S. 41-43).

Auch (Bosse, et al., 2019) konstatiert anhand erster Transformationserfahrungen, dass „der Mensch ins Zentrum gerückt werden (muss), wenn Digitalisierung erfolgreich sein soll“ (Bosse, et al., 2019 S. 14). Diese Schlussfolgerung liegt darin begründet, dass der Mensch sich zum einen auf den Wandel einlassen muss, damit die Technologie wirtschaftlichen Nutzen bringt und zum anderen muss das Wohl der Beschäftigten sichergestellt sein. Die Effizienz von veränderten Geschäftsprozessen steht damit im direkten Zusammenhang zur Akzeptanz der ausführenden Mitarbeiter:innen. Um die intrinsische Motivation der Mitarbeiter:innen zusätzlich zu steigern, können Anreize wie bspw. die Gewinnung von zusätzlicher Verantwortung oder einem größeren Handlungsspielraum im neuen Geschäftsprozess geschaffen werden. Diese Stärkung der Autonomie bedarf jedoch einer geeigneten Kommunikation und Weiterbildung, die alle Beschäftigten über die Visionen, strategischen Leitlinien und operativen Handlungsziele des Unternehmens aufklärt (Becker, et al., 2012 S. 10).

(Held, et al., 2021) und (APRODI, 2021) kommen zu dem Ergebnis, dass durch das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation insbesondere soziotechnische (ST) Gestaltungsansätze bei Digitalisierungsvorhaben zunehmend an Bedeutung gewinnen (werden). Bezogen auf ein sozialverträgliches Change-Management beinhaltet dies unter anderem, die Beschäftigten frühzeitig in die andauernden Veränderungsprozesse einzubinden, Umsetzungshemmnisse gezielt zu beseitigen sowie betroffene Mitarbeiter:innen und Führungskräfte auf die veränderten Anforderungen vorzubereiten (Held, et al., 2021 S. 20) (APRODI, 2021 S. 14).

#### 4.1.3 Kompetenzen und Kommunikation

Bei der digitalen Transformation von Geschäftsmodellen werden neue Enabling-Technologien wie bspw. Big Data Analytics oder Künstliche Intelligenz eingesetzt, um neue Anwendungen und Leistungen (z.B. Bedarfsvorhersagen) zu erzeugen. Für die Gewinnung und den Austausch von Daten sowie deren Analyse und effektiven Nutzung in der Praxis werden diesbezüglich jedoch erweiterte Fähigkeiten benötigt. Zudem dient die Analyse der Daten in erster Linie der Berechnung und Bewertung von Optimierungspotenzialen, die wiederum neue Prozesse oder Prozessveränderungen innerhalb des Geschäftsmodells initiieren (Schallmo, et al., 2021 S. 7). (Bosse, et al., 2019) führt somit neben der Anforderung an die Digitalkompetenz auch gesteigerte Anforderungen an die Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit sowie die Selbstständigkeit, die Planungskompetenz und das lebenslange Lernen der Mitarbeiter:innen auf. Dies ist vor allem auf die veränderte Form der Zusammenarbeit zurückzuführen, die zunehmend in Netzwerkstrukturen stattfindet. Des Weiteren werden auch einige der klassischen Kompetenzen an Bedeutung gewinnen. Dazu zählen unter anderem „(...) interdisziplinäres Handeln und Denken, Prozess-Know-how, Führungskompetenz, Mitwirkung an Innovationsprozessen, Problemlösungs- und

Optimierungskompetenz, Kreativität, Adaptionfähigkeit sowie eigenverantwortliches Arbeiten und Entscheiden/ Unternehmerisches Denken und Handeln“ (Bosse, et al., 2019 S. 22). Darüber hinaus gewinnt durch die zunehmende Vernetzung und Erhöhung der interdisziplinären bzw. bereichsübergreifenden Zusammenarbeit auch die Fähigkeit einer zielgerichteten Kommunikation an Relevanz für eine erfolgreiche Zusammenarbeit im digitalisierten Unternehmen. (Herter, 2017) sieht im Wissensmanagement die Basis für das gegenseitige Verständnis von Fachdisziplinen sowie fachspezifische Modelle und Strukturen als eine entscheidende Grundlage für eine erfolgreiche direkte und indirekte Kommunikation. Dieser Aspekt wird auch als „*Grounding*“ bezeichnet. Das fachliche und methodische Wissen ist jedoch nicht zwangsläufig in allen Fachdisziplinen vorhanden, die an der Kommunikation teilhaben. Eine Visualisierung der Beziehung des impliziten Wissens des Senders und Empfängers kann dabei eine Brücke schaffen, um die disziplinübergreifende direkte und indirekte Kommunikation über elektronische und physische Dokumente zu verbessern und zu beschleunigen (Herter, 2017 S. 24-32). Zudem kann über Ansätze des Wissensmanagements das vorhandene Wissen in der Organisation erweitert und nutzbar gemacht werden. Mithilfe der Wissenstreppe von (North, 2016) kann dafür der Zusammenhang von Daten, Informationen und Wissen verdeutlicht werden, siehe Abbildung 17.

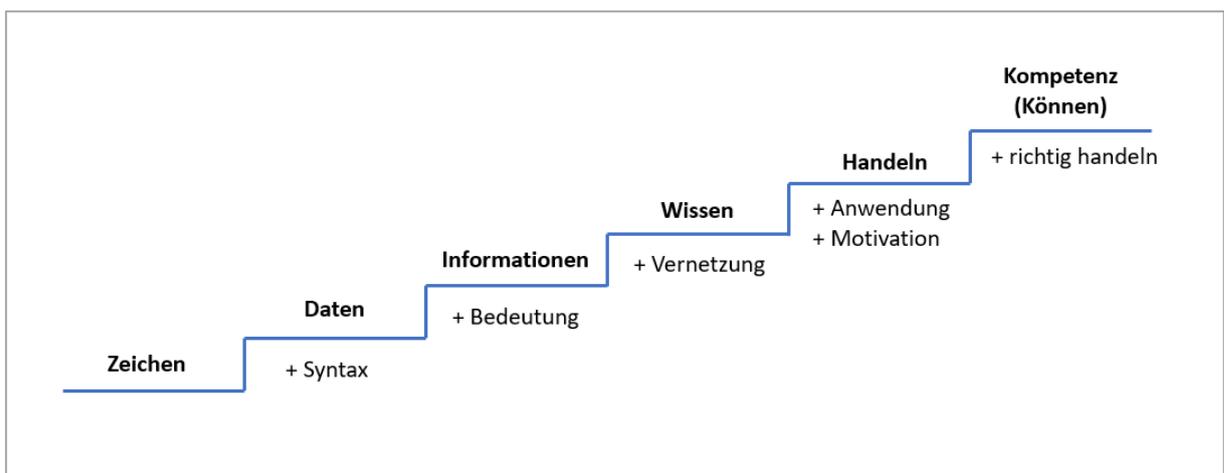


Abbildung 17: Die Wissenstreppe nach (North, 2016 S. 37) (eigene Darstellung)

Auf den unteren Stufen liegen Daten aus IT-Systemen und Dokumenten vor, die Sachverhalte und Tatsachen darstellen. Diese Daten gewinnen erst an Bedeutung, wenn sie in eine Bezugssystematik eingeordnet werden. Die dadurch gewonnenen Informationen werden dann zu Wissen, sobald die Informationen durch eine:n Nutzer:in zweckdienlich vernetzt und in bestehende Wissensstrukturen eingebettet werden. Der Wert des Wissens wird für Unternehmen jedoch nur durch die Umsetzung von Wissen in Fertigkeiten sichtbar. Es genügt somit nicht Mitarbeiter:innen in Seminaren Wissen zu vermitteln, sondern das *Können* muss geübt und in entsprechenden Handlungen manifestiert werden. Ein entscheidender Faktor für die Leistungsfähigkeit, wie eine Person, Gruppe oder Organisation aus Informationen Wissen generiert, ist dafür durch die Motivation und den Antrieb der Mitarbeiter:innen gegeben. Auf der obersten Stufe der Wissenstreppe steht schließlich die Kompetenz einer Person oder Organisation Wissen zweckorientiert anzuwenden (North, 2016 S. 33-40).

Ausgelöst durch die Entwicklungen von Autonomen Informationssystemen (AIS) prognostiziert (Neuburger, et al., 2020) zudem eine Erhöhung der Anforderungen an die personellen und sozialen Fähigkeiten. Zum einen erfordert das Agieren mit AIS die Fähigkeit die Entscheidungen der Systeme zu reflektieren und beurteilen zu können. Zum anderen führt die Einführung von AIS zu flexibleren Prozessen und Strukturen, wodurch Fähigkeiten wie Eigen- und Selbstverantwortung sowie die Selbstorganisation an Bedeutung gewinnen. Zudem steigt die Bedeutung von sozialen Kompetenzen wie Kommunikation, Konfliktfähigkeit und Teamarbeit. Neben dem Erwerb neuer Kompetenzen gilt es zudem vorhandene Kompetenzen für Prozesse, in denen Erklärungsfähigkeit und schnelle Einflussnahme des Menschens wichtig bleiben, im Unternehmen trotz AIS zu erhalten. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der Mensch die Fähigkeit verliert, diese Prozesse durch bspw. Neueinstellungen von Mitarbeiter:innen noch selbst auszuführen. Bezugnehmend auf die Arbeitsteilung von AIS und dem Menschen, sieht (Neuburger, et al., 2020) die zukünftigen Aufgaben und Entscheidungen des Menschen in den schlecht planbaren Aufgaben, die tiefe Situationskenntnisse und damit kausales Verständnis erfordern. Dazu zählen bspw. die Entwicklung von ad-hoc Lösungen bei Produktionsstopp, die Weiterentwicklung von nachhaltigen Geschäftsmodellen, Produkten oder Services oder das Reagieren auf veränderte Marktanforderungen und Krisen. Dabei wird die menschliche Expertise nicht nur über das Lesen von Informationen verankert, sondern auch über das begleitende Training des Auges, des Ohrs und der Berührung (Neuburger, et al., 2020 S. 362-364).

(Becker, et al., 2012) kommt darüber hinaus zu dem Ergebnis, dass durch die zunehmende Zusammenfassung funktional getrennter, aber prozessual zusammengehöriger Aufgaben die Mitarbeiter:innen ihre vor- und nachgelagerten Tätigkeiten kennen müssen, um Verantwortung übernehmen zu können. Zusätzlich muss die Prozessverantwortung mit zunehmender Komplexität ein Teil des Prozesses selbst werden, der durch überlappende Arbeitsgruppen gesteuert und rückgekoppelt wird. Dafür ist es notwendig, dass auch die Funktionsverantwortlichen der einzelnen Arbeitsschritte Hand in Hand mit den interdisziplinären prozessverantwortlichen Arbeitsgruppen zusammenarbeiten (Becker, et al., 2012 S. 10-12). Veränderte Anforderungen an das Management und die Unternehmensführung durch die Einführung digitaler Technologien und den damit verbundenen digitalen Geschäftsmodellen mit vernetzten Prozessen prognostiziert auch (Deflorin, et al., 2021). Um den Digitalisierungsgrad eines Unternehmens zu bewerten, reicht es demnach nicht aus, nur die Erhöhung der Prozesseffizienz aufgrund neuer Technologieeinführungen sowie der Vernetzung von Prozessen zu betrachten. Es gilt zudem den Mehrwert von Produkten und Dienstleistungen zu berücksichtigen, der nur durch ein passendes Geschäftsmodell sowie der Entwicklung notwendiger Fähigkeiten und Know-hows im Unternehmen generiert werden kann (Deflorin, et al., 2021 S. 246).

(Schwenk, 2017) konstatiert dazu, dass in der Praxis aufgrund eines fehlenden Verständnisses in der Organisation oft neue Technologien für die Automatisierung bestehender Prozesse genutzt werden, anstatt zunächst die Organisation anzupassen, um die Potenziale der neuen Technologien voll auszuschöpfen. Dies kann mit dem Conant-Ashby-Theorem erklärt werden, demzufolge die Fähigkeit eine Organisation zu führen grundlegend von dem Verständnis der Manager über den Aufbau und dem Zusammenspiel der Organisation abhängt. Eine Voraussetzung für Digitalisierungsvorhaben ist somit zunächst ein

mentales Modell der Organisation, der Geschäftsprozesse sowie ein zukunftsorientiertes Bild des Unternehmens einschließlich der Systemumwelt zu besitzen (Schwenk, 2017 S. 7).

Zu den Anforderungen an die Kompetenzen der Beschäftigten in der digitalisierten Arbeitswelt zählen somit zum einen der Ausbau von sozialen Fähigkeiten und Kommunikationsfähigkeiten. Zum anderen rückt die Fähigkeit zum eigenverantwortlichen, unternehmerischen Denken und Handeln in den Vordergrund. Zum Aufgabenbereich des Managements gehört zudem die Organisation und die Prozessverantwortung an das digitale Geschäftsmodell anzupassen. Sowohl für das geforderte unternehmerische Denken und Handeln als auch für eine erfolgreiche direkte und indirekte Kommunikation in interdisziplinären Teams, sowie für die Gestaltung der Geschäftsmodelle, kann ein gemeinsames und umfassendes Prozessverständnis als Wissensgrundlage für den weiteren Ausbau der geforderten Fähigkeiten und Kompetenzen dienen.

## 4.2 Soziotechnischer Ansatz

Bezugnehmend auf die durchgeführte Literaturrecherche in Kapitel 4.1 wird die Hypothese aufgestellt, dass die Einführung digitaler Technologien nicht aufgrund der technologischen oder finanziellen Machbarkeit in KMUs verzögert wird, sondern vielmehr durch mangelnde Prozesskenntnisse, der wahrgenommenen Komplexität sowie der Vielfalt technologischer Einsatzmöglichkeiten. Nach (Becker, et al., 2012 S. 88) ist eine strukturierte und bewusste Simplifizierung die einzige Möglichkeit, ein übergreifendes Optimum aus dem Zusammenspiel komplexer Wechselwirkungen und Rückkopplungseffekten herauszuarbeiten. Zudem wirken sich die angestoßenen Veränderungen durch die Digitalisierung unmittelbar auf die Arbeitsorganisation, die Arbeitsbedingungen sowie die Geschäftsmodelle der Unternehmen aus (Herter, 2017) (Schnalzer, et al., 2021) (Bauer, et al., 2021). Um diese Herausforderungen in KMUs zu beherrschen, gewinnen soziotechnische (ST) Gestaltungsansätze zunehmend an Bedeutung und rücken das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation in den Fokus der digitalen Transformation (Held, et al., 2021 S. 20).

Ein Informationssystem als soziotechnisches System (ST-System), das sich aus den drei Komponenten Aufgabe, Mensch als personeller Aufgabenträger und IT als maschineller Aufgabenträger bildet, wird in der vorliegenden Arbeit als geeigneter Ansatz bewertet, um die Digitalisierung in KMUs voranzutreiben. Dafür wird eine Simulationsumgebung mit dem Ziel konzeptioniert und entwickelt, das Systemverhalten von Geschäftsprozessen in Unternehmen auf leicht verständliche Weise darzustellen. Die Erkenntnis über das Systemverhalten stellt damit die Aufgabe in dem soziotechnischen Informationssystem dar, die von den Aufgabenträgern Mensch und IT ausgeführt wird (Kloos, 2014 S. 9-10).

Da viele KMUs Geschäftsprozessmodelle nach ISO 9001 für die Dokumentation von Unternehmensabläufen bereits vorliegen haben, eignen sich diese als Basis für die Darstellung der Arbeits- und Systemgestaltung im Informationssystem (ISO).

### 4.3 Projektziele der Übersetzungsmethode

In diesem Kapitel werden die Projektziele für ein Informationssystem festgelegt, das KMUs bei der Bewältigung der Anforderungen aus Kapitel 4.1 unterstützen soll. Dafür werden zunächst zwei Leitideen abgeleitet, nach denen das Informationssystem konzeptioniert und bewertet wird. Des Weiteren werden die fokussierten Elemente zur Entwicklung des Informationssystems sowie die Systemgrenze festgelegt.

#### 4.3.1 Leitideen

Für die Konzeptionierung und Entwicklung des Informationssystems stehen die betrachteten Aspekte aus Kapitel 4.1 im Vordergrund, aus denen im Folgenden zwei Leitideen für das Informationssystem abgeleitet werden.

Zum einen steht jedes betriebliche Digitalisierungsprojekt in der Orientierungsphase vor der Herausforderung, von der Vielfalt der Perspektiven und Möglichkeiten zu einem zielgerichteten Digitalisierungsprozess zu gelangen. Im Vordergrund steht dabei eine gesamtheitliche Prozesssicht auf das ST-System einzunehmen und bereichsoptierte Lösungen zu vermeiden, die an vor- oder nachgelagerten Prozessschritten zu Mehrarbeit führen (Bauer, et al., 2021 S. 22). Dazu gehört auch, die interdisziplinäre Zusammenarbeit in Unternehmen bei der Einführung neuer Technologien und im Change-Prozess zu unterstützen. Nach (Herter, 2017 S. 31-32) stellt das gemeinsame Fachwissen der interdisziplinären Teams die Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit dar. Demgegenüber sind standardisierte Modellierungssprachen auf funktionale, fachbezogene Sichtweisen ausgelegt, die nicht zwangsläufig abteilungsübergreifend verstanden werden, siehe Kapitel 3.2.

Das Informationssystem soll damit eine Orientierung anhand konkreter Arbeitsprozesse geben, wie sich Transformationsaktivitäten im Kontext der Digitalisierung auf die gesamtheitliche Organisation auswirken. Daraus kann die erste Leitidee für das Informationssystem wie folgt abgeleitet werden:

- **Leitidee 1: Das Informationssystem soll KMUs befähigen, die systemischen und organisatorischen Zusammenhänge und Wechselwirkungen durch und für die Digitalisierung zu erkennen**

Zudem gilt es die Mitarbeiter:innen im Change-Prozess mit einzubinden und auf neue Anforderungen vorzubereiten. Durch eine frühzeitige, transparente Kommunikation können sowohl Einwände der betroffenen Mitarbeiter:innen berücksichtigt, als auch die Notwendigkeit für den Change-Prozess an die Organisation herangetragen werden (Bauer, et al., 2021 S. 22). Um alle Mitarbeiter:innen, unabhängig ihrer Ebene und Fachkenntnisse mit dem Informationssystem zu erreichen, bedarf es einer leicht verständlichen Darstellung des Systemverhaltens. Dadurch wird den Mitarbeiter:innen zudem die Möglichkeit gegeben, sich mit ihrem Arbeitsplatz im Gesamtsystem zu identifizieren und ihr Fachwissen unter

Berücksichtigung eines gesamtheitlichen bzw. systemischen Denkens und Handelns einzubringen.

Das Informationssystem soll daher durch eine einfach verständliche „Sprache“ eine Vielzahl von Mitarbeiter:innen auf unterschiedlichen Ebenen erreichen, um Ängste abzubauen und neue Fähigkeiten wie das gesamtheitliche Denken und Handeln zu schulen. Die zweite Leitidee wird damit wie folgt aufgestellt:

- **Leitidee 2: Das Informationssystem soll KMUs beim organisatorischen Change-Management unterstützen und Beschäftigte auf veränderte Anforderungen durch und für die Digitalisierung vorbereiten**

Die abgeleiteten Leitideen werden als übergeordnete Ziele für die Konzeptionierung und Entwicklung des Informationssystems betrachtet und als Bewertungsgrundlage für die spätere Umsetzung herangezogen.

Den unterschiedlichen Perspektiven der Leitideen auf die Prozesse mit einem leicht verständlichen Format gerecht zu werden, führt zu einem hohen Anspruch an das Informationssystem. Es besteht die Gefahr durch die Fülle an Informationen die Komplexität für die Nutzer:innen nicht zu vereinfachen sondern im ungünstigsten Fall durch zu viele fachspezifische Informationen zu erhöhen. Aus diesem Grund wird in Anlehnung an die Erkenntnisse aus Kapitel 2.2 eine dritte Dimension für die Simulation der Geschäftsprozesse im Informationssystem genutzt. Die 3D Simulation bietet zusätzlich zur Immersion die Möglichkeit den Detaillierungsgrad an Informationen anwenderfreundlich anzupassen.

#### 4.3.2 System und Systemgrenze

Die Systemgrenze dient nach (Gräßler, et al., 2022) der Konzentration auf das Betrachtungsobjekt, welches vom Systemumfeld getrennt wird. Dabei werden alle relevanten Elemente dem System zugeordnet, die zum Zweck des Systems beitragen. Eine Interaktion mit Elementen über die Systemgrenze hinweg bleibt möglich, hat aber keinen entscheidenden Einfluss auf das grundlegende Systemverhalten. Zur Festlegung der Systemabgrenzung werden in Anlehnung an (Gräßler, et al., 2022 S. 100) einige Leitfragen herangezogen und wie folgt angepasst:

- Was ist der beabsichtigte Zweck des Systems?
- Was sind relevante Einflussfaktoren für die Erfüllung des Zwecks?
- Welche Elemente können anhand der Einflussfaktoren identifiziert werden, die im Fokus der Entwicklung stehen sollten?
- Welche Einschränkungen ergeben sich für den Einsatzzweck des Systems?

## **Zweck des Informationssystems**

Der Zweck des Informationssystems wird anhand der in Kapitel 4.3.1 formulierten Leitideen näher spezifiziert. Da das Informationssystem der Erweiterung zu etablierten Prozessmodellierungssprachen dient, wird der Zweck des Informationssystems zunächst anhand der Einsatzzwecke von Prozessmodellen nach Kapitel 3.2 eingeordnet. Demnach gilt es zu untersuchen, wofür und was modelliert bzw. simuliert werden soll.

Nach der Leitidee 1 soll das Informationssystem zur Unterstützung für die Organisations- und Systemgestaltung bei Digitalisierungsvorhaben eingesetzt werden. Da in diesem Zusammenhang von einem andauernden Change-Management im Sinne der digitalen Transformation ausgegangen wird, ergeben sich für das Informationssystem folgende Einsatzzwecke:

- Organisationsdokumentation und Workflow Management (Ist-Analyse)
- Prozessorientierte Reorganisation (Soll-Zustand)
- Kontinuierliches Prozessmanagement (Erkennen von Verbesserungspotenzialen)
- Simulation von Wechselwirkungen (Verbesserung des Prozessverständnisses)

Während die Leitidee 1 vor allem auf die stetige Anpassung der Organisationsgestaltung und der Prozesslandschaft bei der digitalen Transformation abzielt, liegt der Fokus der 2. Leitidee vor allem auf dem Faktor Mensch und der Einbindung der Mitarbeiter:innen im Change-Prozess. Deswegen bleiben die oben genannten Einsatzzwecke für das Informationssystem zwar bestehen, müssen aber für unterschiedliche Perspektiven und Sichtweisen in der Simulation erweitert werden.

Bezüglich der Organisationsentwicklung und der Strukturierung von Prozessen bedarf es in der Simulation von Geschäftsprozessen einer Perspektive auf die Zusammenhänge und Wechselwirkungen des Gesamtsystems. Ausgehend von einer Ablauforganisation stehen in dieser Betrachtungsperspektive vor allem die Wirkzusammenhänge der Aufgabendurchführungen der Prozesse sowie die direkten und indirekten Daten- und Informationsflüsse im Vordergrund. Für die Einbindung der Mitarbeiter:innen im Change-Prozess muss hingegen eine funktionale Perspektive in der Simulation einnehmbar sein, in der sich die Mitarbeiter:innen im Gesamtsystem wiederfinden und mit der zukünftigen Aufgabendurchführung auseinandersetzen können. Bezogen auf die veränderten Anforderungen an die Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter:innen haben sowohl die übergeordnete Perspektive als auch die funktionale Perspektive ihre Relevanz, da beide zu einem verbesserten Prozessverständnis führen. Folglich ergeben sich somit zumindest zwei geforderte Perspektiven zur Unterstützung der Leitidee 2:

- Übergeordnete Betrachtungsperspektive auf die Prozesse (Management-Perspektive)
- Funktionale Betrachtungsperspektive auf die Prozesse (Mitarbeiter:in-Perspektive)

## Relevante Einflussfaktoren

Die Grundlage für die Erfüllung des Zwecks des Informationssystems ist zunächst die Möglichkeit, die Wirkzusammenhänge zwischen modellierten Geschäftsprozessen sowie den bestehenden IT-Systemen und der Organisationsstruktur auf eine einfach verständliche Weise darzustellen. Zu den entscheidenden Einflussfaktoren gehören demnach die Qualität der modellierten Geschäftsprozesse sowie die Qualität der dokumentierten Organisationsstruktur und IT-Landschaft.

## Fokussierte Elemente

Anhand der identifizierten Einflussfaktoren stehen vor allem die leicht verständliche Darstellung der Geschäftsprozesse, der Organisation, der IT-Systeme sowie deren Wirkzusammenhänge im Fokus der Entwicklung. Ein weiteres Element, das zum Systemzweck beiträgt, stellt die räumliche Distanz zwischen den Systemelementen Organisation und IT-Systeme dar. Somit kann es für das Prozessverständnis und die Erkennung von Optimierungspotenzialen von Bedeutung sein, ob die Prozessakteure in einem Gebäude arbeiten oder an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen IT-Systemen, Arbeitszeiten, Arbeitsgesetzen oder Kulturen. Damit bilden die Systemelemente Geschäftsprozesse, Organisation, IT-Systeme sowie deren Wechselwirkungen und die Berücksichtigung der Standorte das Informationssystem, wie in Abbildung 18 dargestellt.

Dem Systemumfeld werden hingegen Elemente zugeordnet, die keinen direkten Einfluss auf das Systemverhalten haben, mit denen das System jedoch interagieren kann. Dazu zählen bspw. wechselnde Marktanforderungen oder Krisen, die über definierte Schnittstellen an das System herangetragen werden können. Zudem können mithilfe von Data-Mining Prozessdaten für weitere Anwendungen wie bspw. KI-basierte Prozessoptimierungen zur Verfügung gestellt werden.

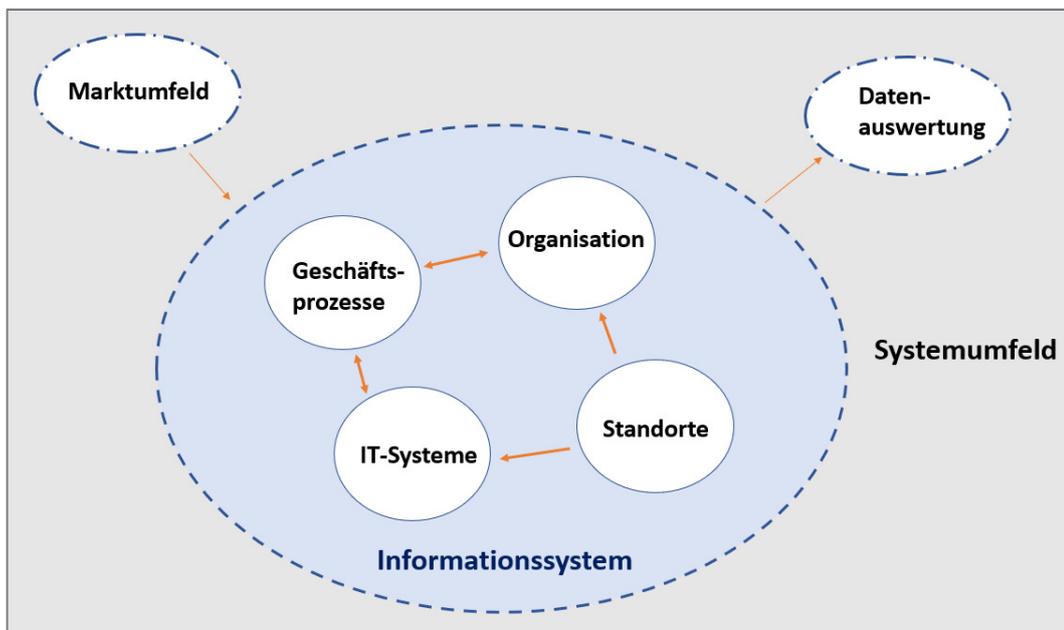


Abbildung 18: Das Informationssystem und sein Umfeld in Anlehnung an (Gräßler, et al., 2022 S. 97)  
(eigene Darstellung)

## Einschränkungen

Das Ziel des Informationssystems ist die Gewinnung eines besseren Prozessverständnisses, um daraus Optimierungs- und Digitalisierungspotenziale in der Organisation, den Prozessen oder IT-Systemen abzuleiten. Damit fungiert das Informationssystem als Erweiterung zu bestehenden IT-Systemen und zielt nicht darauf ab, bestehende Software im Prozessmanagement zu ersetzen. Auch für eine umfängliche Schulung von Mitarbeiter:innen ist das Informationssystem nicht ausreichend, da viele Kompetenzen wie bspw. die Digitale Kompetenz nicht gefördert werden. Das Ziel des Informationssystems liegt insbesondere in der Befähigung der Mitarbeiter:innen und Führungskräfte, weiterführende Erkenntnisse aus den generierten Daten der genutzten IT-Systeme zu gewinnen und Handlungsbedarfe für Schulungen im Unternehmen zu erkennen.

In der vorliegenden Arbeit wird für die Evaluierung des Informationssystems eine Übersetzungsmethode konzeptioniert und entwickelt, mit der modellierte Geschäftsprozesse aus KMUs in die Simulationsumgebung des Informationssystems eingebettet werden können, siehe Abbildung 19. Für die Einbettung der Organisations- und IT-Struktur sowie der Standorte kann methodisch analog vorgegangen werden; die Umsetzung überschreitet jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit. Für die Evaluierung des Informationssystems werden deswegen diese Elemente nur beispielhaft in der Simulation mit abgebildet.

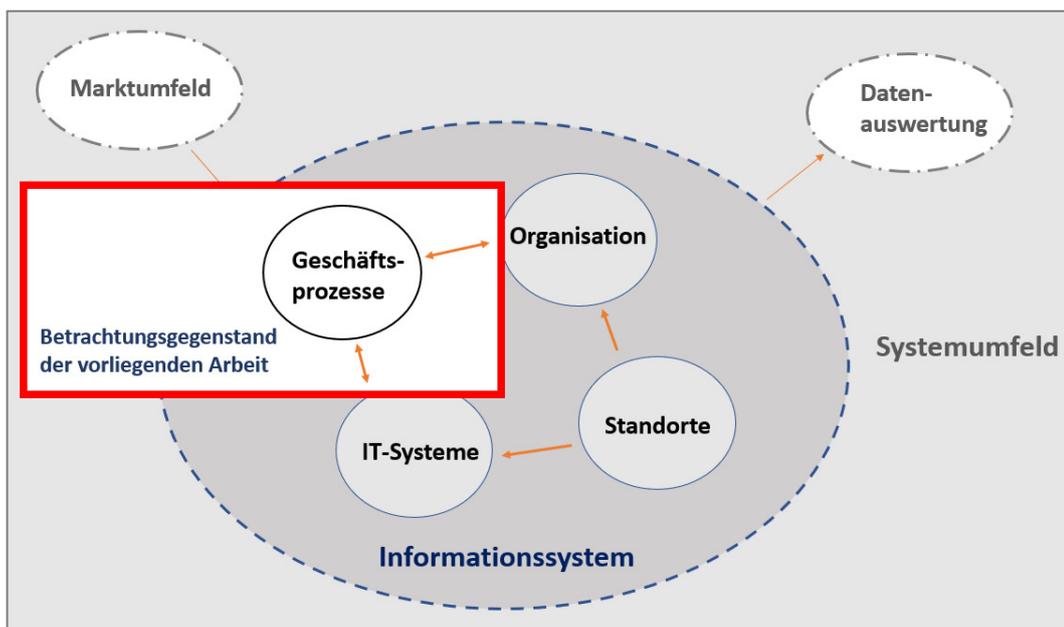


Abbildung 19: Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Arbeit aus dem Informationssystem in Anlehnung an (Gräßler, et al., 2022 S. 97) (eigene Darstellung)

## 4.4 Anforderungen an die Übersetzungsmethode

Mit der vorliegenden Arbeit wird eine Grundlage dafür geschaffen, dass modellierte Geschäftsprozesse von KMUs in die Simulationsumgebung des Informationssystems übersetzt werden können. In diesem Kapitel werden dafür die Anforderungen an die Übersetzung sowie die daraus resultierenden Anforderungen an die Ein- und Ausgabeparameter näher spezifiziert. Für die Konzeptionierung der Übersetzung sowie der Optimierung mit KI wird zunächst in Anlehnung an (Wetzel, et al., 2021) eine Nutzerstudie mit Fachexperten für 3D Simulationen und industriellen Anwendungspartner:innen durchgeführt. Es folgt die Festlegung ausgewählter Bewertungskriterien für die Übersetzungsmethode.

### 4.4.1 Nutzerstudie

Zur Erhebung der Anforderungen an die Simulationsumgebung für Geschäftsprozesse wurden die befragten Fachexperten zunächst in Anlehnung an (Wetzel, et al., 2021 S. 41) gebeten, ihren Erfahrungsstand im Bereich 3D Simulation, Virtual Reality, Künstliche Intelligenz sowie im Bereich der Prozessverantwortung und Prozessdesign anzugeben. Der Erfahrungsstand der Befragung ist in Tabelle 5 aufgeführt. Die Zahlen repräsentieren die Häufigkeit der Nennung.

Tabelle 5: Erfahrungsstand der befragten Fachexperten in der Nutzerstudie

Fachgebiet	Geringe Erfahrung	Mittlere Erfahrung	Umfangreiche Erfahrung
3D Simulation	3		2
Virtual Reality	3		2
Künstliche Intelligenz	3	2	
Prozessverantwortung und -design	2		3

Die Durchführung der Nutzerstudie erfolgt anhand von User Storys, die sich entweder auf den Stand der Technik (siehe Kapitel 2) beziehen oder im Zuge dieser Arbeit erarbeitet wurden. Bei der Erstellung der User Storys wurde darauf geachtet, dass alle ausgewählten Anforderungen miteinander kombinierbar sind. Damit kann eine Aufgabe „Mail schreiben“ aus dem Geschäftsmodell bspw. symbolisch als Rechteck mit abgerundeten Ecken in 3D abgebildet und zusätzlich durch einen Avatar ausgeführt werden, der unter dem Symbol an einem Schreibtisch sitzt und eine Mail schreibt.

Das Ergebnis der durchgeführten Nutzerstudie ist in Abbildung 20 aufgeführt. Die Bewertung zwischen eins und fünf ergibt sich aus der akkumulierten Priorisierung der User Story im Vergleich zum arithmetischen Mittel. Die vollständige Beschreibung der einzelnen User Storys ist im Anhang zu finden.

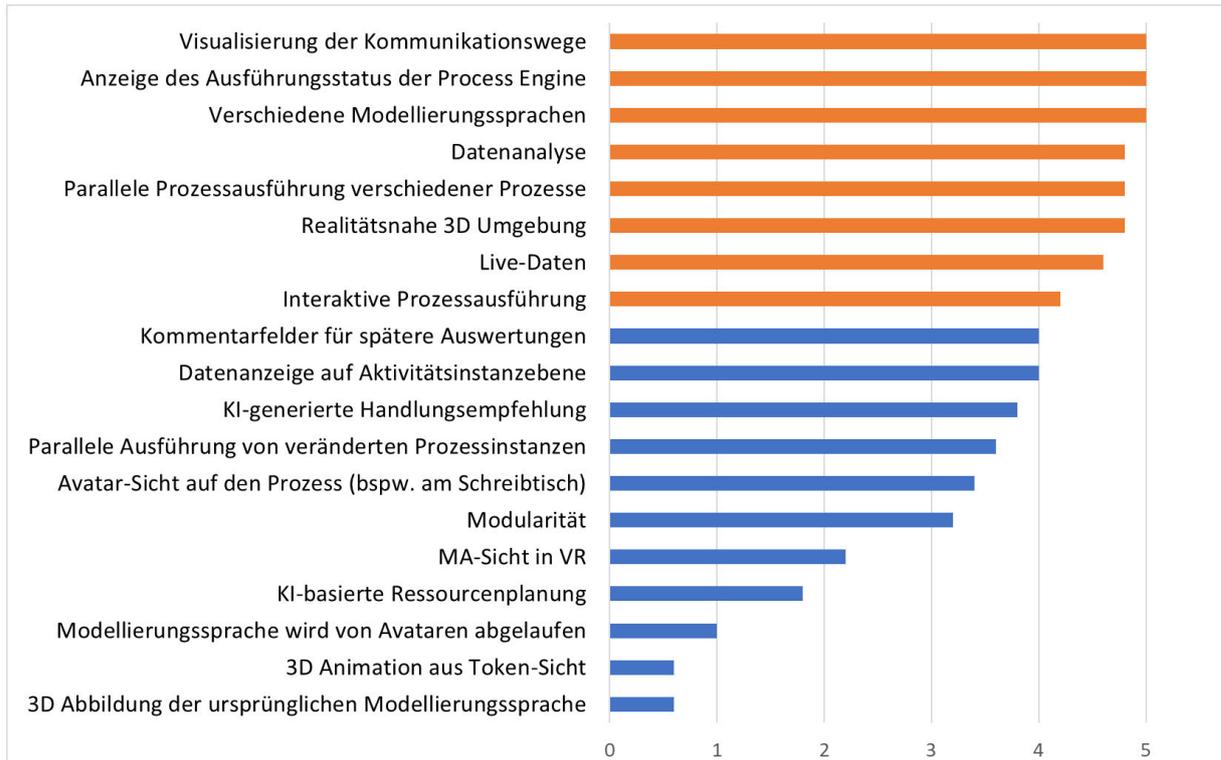


Abbildung 20: Priorisierte Anforderungen aus der Nutzerstudie

Für die Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode werden alle Anforderungen mit einer Bewertung größer als vier als wichtig eingestuft und berücksichtigt. Aus der Nutzerstudie ergibt sich somit ein Bedarf an eine realitätsnahe 3D Simulation parallel ausgeführter Geschäftsprozesse, unabhängig der ursprünglich eingesetzten Modellierungssprachen. Dabei stellt insbesondere die Visualisierung der Kommunikationswege und die Anzeige der Prozessausführung in der Process Engine ein wichtiges Kriterium für die spätere Umsetzung dar. Zu den weiter geforderten Anforderungen aus der Nutzerstudie gehören die Möglichkeit zur Einflussnahme auf die Prozessausführung, ferner die Datenanalyse und der Zugriff auf Live-Daten der Prozessmodelle.

#### 4.4.2 Ein- und Ausgabeparameter

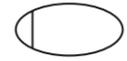
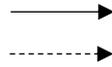
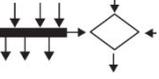
Nach der Nutzerstudie aus Kapitel 4.4.1 ergeben sich für das Informationssystem zwei Schnittstellen zur Ein- und Ausgabe von Daten. Zum einen wird eine Schnittstelle zum Einlesen der Geschäftsmodelle benötigt und zum anderen bedarf es einer Ausgabe von Prozessdaten für die Weiterverarbeitung in externen Systemen.

Die Anforderung an die Schnittstelle zum Einlesen der Geschäftsmodelle ist durch den Anspruch an die Unabhängigkeit der gewählten Modellierungssprachen für die Geschäftsprozesse gegeben. Bezugnehmend auf Kapitel 3.2 weisen Modellierungssprachen immer einen allgemeinen Charakter auf. Diesen gilt es für unterschiedliche Sprachen zu

vergleichen und daraus eine Ontologie für die sprachenunabhängige Schnittstelle abzuleiten. Im Folgenden werden dafür drei gängige Modellierungssprachen für Geschäftsmodelle gegenübergestellt und auf Gemeinsamkeiten hin untersucht, siehe Tabelle 6.

Die Untersuchung zeigt, dass alle betrachteten Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse durch eine Abfolge von Funktionen, Ereignissen und Konnektoren gekennzeichnet sind, die teilweise durch zusätzliche organisatorische oder datenbezogene Informationen erweitert werden. Die Unterschiede liegen in der Art der Darstellung, der Ausführungsvielfalt der Elemente sowie der Flussorientierung. Die UML nimmt hinsichtlich der organisatorischen und datenbezogenen Informationen eine Sonderrolle ein, da sie für die Softwareentwicklung entwickelt wurde und somit bei der Prozessmodellierung ein anderes Ziel verfolgt (Gadatsch, 2017 S. 128).

Tabelle 6: Gegenüberstellung von gängigen Modellierungssprachen für Geschäftsprozesse nach (Gadatsch, 2017 S. 128) (eigene Darstellung)

Methode	Funktion	Ereignis / Zustand	Konnektor	Daten	Organisation	Kontroll-, Daten-, Nachrichtenfluss
EPK	 Funktion	 Ereignis	 UND, XOR, ODER	 Information	 sowie weitere	 Kontroll- und Nachrichtenfluss
BPMN	 Aktivität	 Start-, Zwischen-, Endereignis	 UND, XOR, ODER sowie Event und Komplex	 Datenobjekt	 Pool und Lane	 Kontroll- und Nachrichtenfluss
UML Activity Diagram	 Aktivität	 Start und Ende	 Zwei ausgewählte Knoten			 Kontrollfluss

Allen Modellierungssprachen aus der Übersicht ist gemein, dass sie dafür konzipiert wurden, Geschäftsprozesse aus der Realität zu beschreiben. Der Prozess der unterschiedlichen Modelle wird somit in der Realität von denselben Menschen und Systemen ausgeführt. Eine

Aufgabe „Produkt bestellen“ wird in den jeweiligen Modellierungssprachen zwar unterschiedlich dargestellt, jedoch immer als eine Aufgabe aus der Realität „ein Produkt zu bestellen“ abgebildet. Auch Entscheidungen vor Gateways oder Informationen an Ereignissen werden von Menschen oder IT-Systemen getroffen, versendet und empfangen. Damit stellen die Menschen und IT-Systeme mit ihren Handlungsausführungen die gemeinsamen Attribute für die Übersetzung der Modelle in die Simulationsumgebung dar. Des Weiteren bilden die Menschen und IT-Systeme mit ihren Handlungsausführungen auch die entscheidenden Informationen der Realität ab, die Manager und Mitarbeiter:innen benötigen, um Prozessabläufe intuitiv zu erfassen und Optimierungspotenziale zu erkennen. Ein Beispiel dafür ist die Identifikation von Doppelarbeit, die durch die Ausführung der gleichen Tätigkeiten von Menschen oder den Zugriff und die Verwertung der gleichen Daten aus den gleichen IT-Systemen in einer realitätsnahen Simulationsumgebung leicht zu erfassen ist.

In einer realitätsnahen Simulation können die gemeinsamen Attribute der Modellierungssprachen durch Avatare und visualisierte Systeme abgebildet werden, die Handlungen ausführen bzw. Datenpunkte austauschen. Damit ist zugleich eine leicht verständliche Abbildung der Geschäftsprozesse gegeben, für die keine Modellierungssemantik erlernt werden muss und somit für alle Anwender:innen im Unternehmen zugänglich ist. Weitere Details, die bspw. die Art der Handlungsanweisung näher beschreiben oder auch individuelle Informationen, müssen zusätzlich übergeben werden. Da diese Details abhängig von der Modellierungssprache und dem Zweck der Modellierung sehr unterschiedlich ausfallen, eignet es sich diese durch Textfelder in der Simulation zu berücksichtigen.

Damit die Logik der Prozessausführung nicht durch Übersetzungsfehler oder Simplifizierungen der einzelnen Modelle verändert wird, verbleibt diese mit ihrer Semantik und Fließrichtung in den Workflow Engines der Modelle. Anhand der Nutzerstudie ergibt sich, dass die Modelle aus den Workflow Engines ohnehin zusätzlich in der Simulation eingeblendet werden sollen. Es werden somit nur die relevanten Informationen, bezogen auf die Handlungsausführungen der jeweiligen Prozesse, in die Simulation übertragen, wodurch die Unabhängigkeit von der Modellierungssprache erfüllt ist.

In Abbildung 21 ist das Konzept zum Einlesen der notwendigen Attribute der Geschäftsmodelle dargestellt. Für eine Aufgabe muss somit zum einen das verantwortliche IT-System oder die aufgabenverantwortliche Abteilung an die Simulationsumgebung übergeben werden. Zum anderen bedarf es einer Aufgabenbeschreibung der Handlungsausführung, in diesem Fall „Produkt bestellen“. Am Ende einer Handlungsdurchführung muss zudem eine Rückmeldung über die erfolgreiche Aufgabenausführung an die Workflow Engine der Geschäftsmodelle zurückgegeben werden.

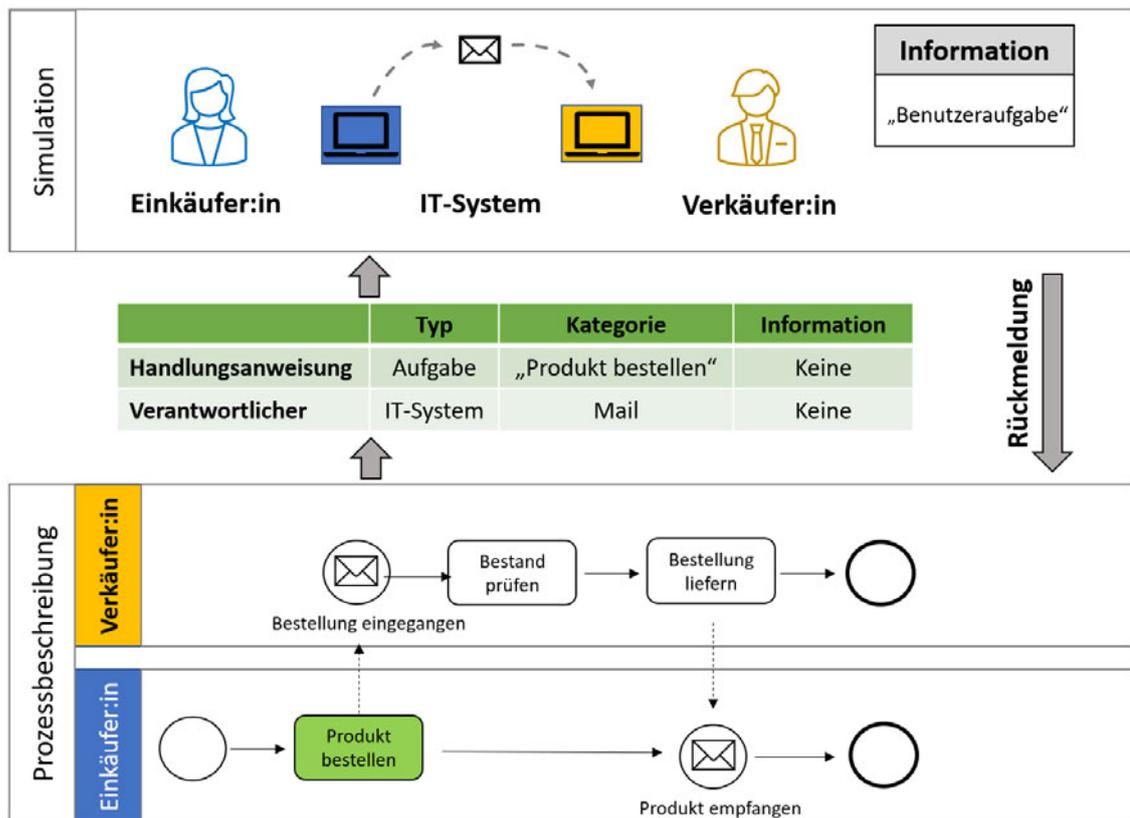


Abbildung 21: Konzept zum Einlesen der geforderten Attribute der Geschäftsmodellen in die Simulationsumgebung

Bezugnehmend auf Kapitel 3.3 eignen sich für weitere Datenanalysen die Speicherung und Ausgabe von Log-Daten mit Process-Mining. Die Datenausgabe wird in der Umsetzung beispielhaft im Informationssystem mit abgebildet.

#### 4.4.3 Handlungsempfehlung mit KI

Um den Nutzer:innen die Auswirkungen ihrer Entscheidungen während der Prozessausführung zu verdeutlichen, werden verschiedene Handlungsmöglichkeiten mithilfe von Reinforcement Learning vorgeschlagen und bewertet. Der Agent aus Kapitel 3.4 hat dabei die Aufgabe anhand der erwarteten Auswirkungen einer Entscheidung, den Nutzer:innen die beste Handlungsoption zu empfehlen. Mögliche Einflussfaktoren für die Empfehlung einer Handlungsoption sind bspw. übergeordnete Unternehmensziele wie die Erreichung einer hohen Kundenzufriedenheit, die Verbesserung der Prozessdurchlaufzeit und Kostenreduktionen.

Die Auswirkungen der durchgeführten Handlungen erlernt der Agent durch erfahrene Zustandsveränderungen bzw. Veränderungen der Umgebung. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Zustand nach einer getroffenen Entscheidung verändert, wird durch die Transitions Wahrscheinlichkeit  $P$  festgelegt. Die Dynamik des beschriebenen MDP wird in Anlehnung an (Appelfeller, et al., 2018) mit der Darstellungsform in Abbildung 22 verdeutlicht.

Die Zustände sind dabei als Rechtecke dargestellt, aus denen der Agent im Beispiel jeweils zwei Handlungsmöglichkeiten hat. Die Aktionsknoten der Handlungen sind durch kleine, schwarz ausgefüllte Kreise gekennzeichnet. Die Pfeile der ausgeführten Handlungen führen zum Folgezustand unter Berücksichtigung der Transitions Wahrscheinlichkeit  $P$ . Die unterschiedlichen Handlungen des Agenten werden zudem mit einer Belohnung  $r$  bewertet.

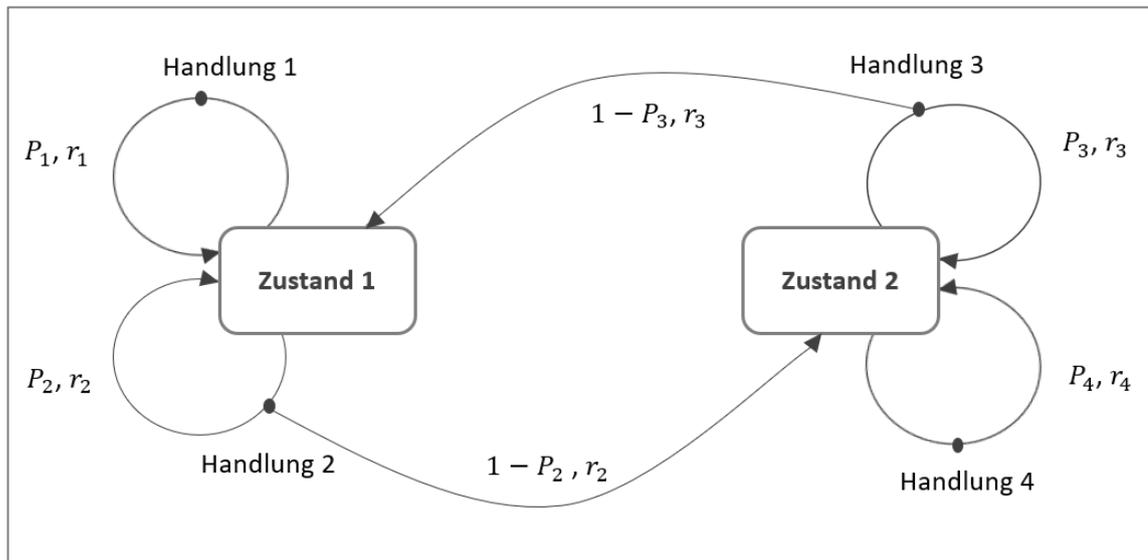


Abbildung 22: Darstellung des Transitionssystems in Anlehnung (Appelfeller, et al., 2018 S. S.37)  
(eigene Darstellung)

Das zentrale Element in RIL-Problemen ist durch einen Agenten gekennzeichnet, der versucht innerhalb einer Umgebung ein Verhalten durch das Erhalten von Belohnungen zu erlernen, siehe Kapitel 3.4. Diese Problembeschreibung ist im gewählten Beispiel gegeben und kann mit der Bellman-Optimalitäts-Gleichung aus Formel 7 für den Zustand 1 ( $Z_1$ ) und den Zustand 2 ( $Z_2$ ) wie folgt beschrieben werden. Dabei werden die Aktionen {Handlung 1}, {Handlung 2}, {Handlung 3} und {Handlung 4} mit  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  und  $h_4$  abgekürzt.

$$v_*(Z_1) = \max \left\{ \begin{array}{l} p(Z_1|Z_1, h_1)[r_1(Z_1, h_1, Z_1) + \gamma v_*(Z_1)] + p(Z_2|Z_1, h_1)[r(Z_2, h_1, Z_1) + \gamma v_*(Z_2)], \\ p(Z_1|Z_1, h_2)[r(Z_1, h_2, Z_1) + \gamma v_*(Z_1)] + p(Z_2|Z_1, h_2)[r(Z_2, h_2, Z_1) + \gamma v_*(Z_2)] \end{array} \right\}$$

$$v_*(Z_2) = \max \left\{ \begin{array}{l} p(Z_2|Z_2, h_3)[r_1(Z_2, h_3, Z_2) + \gamma v_*(Z_2)] + p(Z_1|Z_2, h_3)[r(Z_1, h_3, Z_2) + \gamma v_*(Z_1)], \\ p(Z_2|Z_2, h_4)[r(Z_2, h_4, Z_2) + \gamma v_*(Z_2)] + p(Z_1|Z_2, h_4)[r(Z_1, h_4, Z_2) + \gamma v_*(Z_1)] \end{array} \right\}$$

Anhand der Bellman-Optimalitäts-Gleichung wird deutlich, dass das ausgewählte Problem mit RIL und dessen Funktionsweise als Modellierungsmethodik anwendbar ist. Da dem Agenten die Wahrscheinlichkeiten der Zustandsveränderungen zunächst nicht bekannt sind, wird zum Lösen der Gleichung eine Model-Free-Methode eingesetzt, das Q-Learning-Prinzip.

Zu weiteren Modell-Free-Methoden gehören nach (Sterzel, 2022 S. 35):

- die First-Visit Monte Carlo Steuerung (On-Policy)
- Importance Sampling (Off-Policy)
- Monte Carlo Vorhersage und Steuerung (Off-Policy)
- Ein-Schritt Temporal-Difference-Learning (Off-Policy)
- SARSA (On-Policy)

Modell-Free-Methoden lassen sich in On- und Off-Policy-Techniken einteilen. Bei On-Policy-Techniken erlernt der Agent eine Policy, die er gleichzeitig nutzt, um Entscheidungen bezüglich der auszuführenden Aktionen zu treffen. Bei Off-Policy-Techniken erlernt der Agent eine Ziel-Policy und nutzt dafür eine Verhaltens-Policy. Das Q-Learning-Prinzip ist ein Off-Policy-Verfahren, das zu den leicht implementierbaren RIL-Algorithmen zählt (Sterzel, 2022 S. 143). Damit eignet sich der Algorithmus für die geforderte prototypische Einbindung von KI zur ersten Prüfung der Praxistauglichkeit im Informationssystem.

### Q-Learning-Prinzip

Das Q-Learning-Prinzip kann nach (Sterzel, 2022) mit Formel 1 formuliert werden. Dabei lernt der Agent anhand der Interaktion mit der Umgebung welche Aktion in welchen Zustand seine Gesamtbelohnung maximiert. Um dies zu erreichen, wird die Aktion-Wert-Funktion aus Kapitel 3.4 direkt approximiert.

Formel 9: Q-Learning-Prinzip (in Anlehnung an (Sterzel, 2022 S. 101))

$$q(s_t, a_t) \leftarrow q(s_t, a_t) + \alpha [r_{t+1} + \gamma \max_a q(s_{t+1}, a) - q(s_t, a_t)]$$

Beim Q-Learning-Prinzip aktualisiert der Agent nach jedem Zeitschritt seine Lernerfahrung mit dem Lernparameter  $\alpha \in [0, 1]$ . Die Lernerfahrung ergibt sich aus der erhaltenen Belohnung  $r_{t+1}$ , der bereits bekannte q-Wert  $q(s_t, a_t)$  und dem zum Zeitschritt  $t + 1$  beobachtbaren Wert  $q(s_{t+1}, a)$ . Der Diskontierungsfaktor  $\gamma$  gibt zusätzlich an mit welchem Faktor Belohnungen zukünftiger Zeitschritte berücksichtigt werden, siehe Kapitel 3.4. Der grundlegende Q-Learning-Algorithmus zur Schätzung von  $\pi \approx \pi_*$  wird nach (Sterzel, 2022 S. 104) wie in der Simulation wie folgt umgesetzt.

### Q-Learning ( $\alpha, \gamma, T$ )

$$q(s, a) \leftarrow 0 \quad \forall s \in S, a \in A$$

$$s_0 = \text{Random.Range}(Z_1, Z_2)$$

→ Zufälliger Anfangszustand wird ausgewählt

**while t < T do**

$$a_t \leftarrow \arg \max_a q(s_t, a)$$

→ Aktion mit max. q wird gewählt

$$s_{t+1} \leftarrow f(s_t, a, p(s'|s, a))$$

→ Zustandsübergang als Funktion

$$q(s_t, a_t) \leftarrow q(s_t, a_t) + \alpha [r_{t+1} + \gamma \max_a q(s_{t+1}, a) - q(s_t, a_t)]$$

→ Q-Learning

**end while**

**end Q – Learning**

### **$\epsilon$ -greedy**

In den späteren Praxisbeispielen ist dem Agenten zunächst das Umweltsystem, in dem er sich befindet, nicht bekannt. Zum einen muss der Agent somit die Umgebung erkunden, indem er Zustände entdeckt und Belohnungen erhält. Zum anderen soll er mit zunehmender Erfahrung vor allem seiner Policy folgen und diese stetig verbessern. Das Verhältnis zwischen dem Explorations- und Exploitationsverhalten des Agenten kann mit der  $\epsilon$ -greedy Aktionsauswahl bestimmt werden. Dafür wird dem Agenten anhand einer Wahrscheinlichkeitsvorgabe  $\epsilon$  vorgegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit er sich für das Explorations- bzw. das Exploitationsverhalten entscheidet. Bei probabilistischen Algorithmen wie in den Praxisbeispielen muss dies entsprechend in der Wahrscheinlichkeitsverteilung  $P(a|s)$  der möglichen Aktionen berücksichtigt werden und wird allgemein mit der Formel 10 beschrieben. In den späteren Praxisbeispielen muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Zustandsübergänge unterschiedliche Transitionswahrscheinlichkeiten  $P$  aufweisen.

*Formel 10:  $\epsilon$ -greedy Aktionsauswahl für probabilistische Algorithmen in Anlehnung an (Lorenz, 2020 S. 53)*

$$p(s'|s, a) = \begin{cases} 1 - \epsilon + \frac{\epsilon}{|A(s)|} & \text{falls } a = a_{max} \\ \frac{\epsilon}{|A(s)|} & \text{für alle anderen } a \end{cases}$$

Wobei  $|A(s)|$  die Anzahl der Aktionsmöglichkeiten im Zustand  $s$  bezeichnet.

Es besteht bei der  $\epsilon$ -greedy Aktionsauswahl zudem die Möglichkeit, den Explorationsanteil variabel zu gestalten, indem bspw. mit einem hohen Epsilon gestartet wird, das über die Zeit kontinuierlich sinkt. Des Weiteren bieten sich auch andere Verfahren zur Steuerung des Explorations- und Exploitationsverhaltens an, wie bspw. die SoftMax-Funktion oder weitere „neugierige“ Verfahren, die berücksichtigen, wie häufig ein Zustand schon erkundet wurde (Lorenz, 2020 S. 53-55). Da die  $\epsilon$ -greedy Aktionsauswahl für die Erkundung von zwei Zuständen in den späteren Praxisbeispielen ausreicht, stellt diese die sinnvollste Lösung für die vorliegende Arbeit dar.

## 5. Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode

Das Vorgehen für die Konzeptionierung der Übersetzungsmethode von Geschäftsmodellen in die Simulationsumgebung des Informationssystems wird in Anlehnung an (Rosemann, et al., 2012 S. 51-109) umgesetzt. Für die Identifikation und Auswahl relevanter Perspektiven wird auf die Herleitung der übergeordneten und funktionalen Perspektive aus Kapitel 4.3.2 verwiesen. Die Kommunikationswege und Art der Aufgabendurchführung sind durch das Konzept zum Einlesen der Attribute von Geschäftsmodellen in die Simulationsumgebung in Kapitel 4.4.2 definiert.

Darauf aufbauend werden in diesem Kapitel die Modellierungs- und Simulationstechnik spezifiziert sowie die organisatorischen Rahmenbedingungen erläutert. Als Ergebnis wird ein Simulationsstandard zur Verfügung gestellt, mit dem Geschäftsmodelle unterschiedlicher Modellierungssprachen eingelesen und realitätsnah in 3D simuliert werden können.

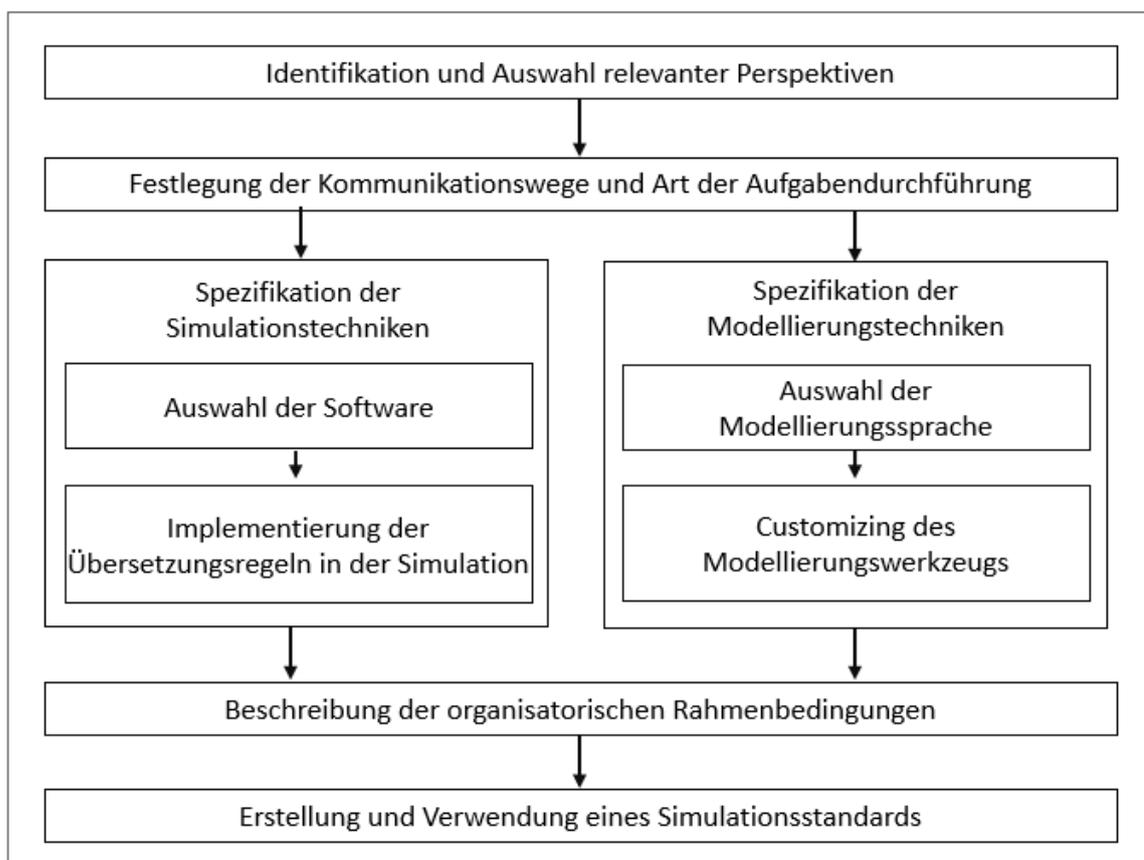


Abbildung 23: Vorgehen zur Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode in Anlehnung an (Rosemann, et al., 2012 S. 51) (eigene Darstellung)

## 5.1 Spezifikation der Simulationstechnik

Für die Simulation der Geschäftsprozesse wird die 3D Engine Unity von Unity Technologies eingesetzt. Die Auswahl der Software basiert auf zwei Entscheidungsgrundlagen. Zum einen bietet die Entwicklungsumgebung als Videospiel-Engine die Möglichkeit die Geschäftsprozesse möglichst praxisnah abzubilden und zum anderen kann für die prototypische Umsetzung der Übersetzungsmethode auf bereits vorhandene 3D-Modelle und Code Templates der Patient Zero Games GmbH zurückgegriffen werden, siehe Abbildung 24.

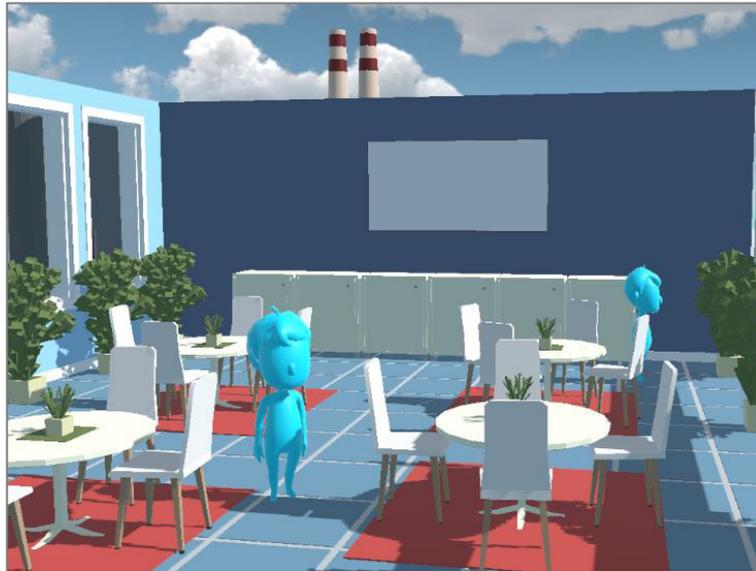


Abbildung 24: Beispiel für eine praxisnahe Entwicklungsumgebung in Unity

Bei der Auswahl der Modellierungssoftware für die Geschäftsmodelle sind vor allem die Nutzungsrechte und -möglichkeiten entscheidend. Die drei lizenzfreien Modellierungstools aus der Marktanalyse in Tabelle 1 werden somit auf folgende Kriterien hin geprüft und gegenübergestellt:

- Grad an Customizing
- Art des Zugriffs, insbesondere für parallele Prozessausführungen
- Implementierung in Unity
- Dokumentation und Support

Die Gegenüberstellung der betrachteten Modellierungssoftware in Tabelle 7 zeigt, dass die Camunda Plattform 8 (im Folgenden abgekürzt mit Camunda) im Vergleich am besten abschneidet. Aufgrund des hohen Bekanntheitsgrads werden für Camunda ausführliche Beschreibungen und Hilfestellungen für unterschiedliche Anwendungen im Internet zur freien Nutzung zur Verfügung gestellt. Durch die Bereitstellung entsprechender Container in der open-source Plattform Docker kann zudem über einen Zeebe-Client direkt auf die Workflow und Decision Engine von Camunda zugegriffen und somit mehrere Prozesse gleichzeitig gestartet werden. Docker stellt dabei alle nötigen Applikationserweiterungen in Paketen zur

Verfügung, die in einer isolierten Entwicklungsumgebung ausgeführt werden. Aufgrund des definierten Datenflusses aus der kontrollierten Umgebung der Process Engine ist zudem die Datenqualität für die Simulation und die Prozessoptimierung mit KI sichergestellt. Des Weiteren bietet Camunda die Möglichkeit individuelle Zusatzinformationen für die Prozessausführung als Java Script Object Notation (JSON) einzubinden, die über einen Client abgerufen werden können. Dadurch kann der Datenaustausch für die Prozessausführung individuell konfiguriert werden.

Eine weitere Möglichkeit für die Implementierung der Übersetzungsmethode stellt die Software ProcessCube von 5Minds dar. Die Implementierung in Unity erfolgt dabei über den net-Client von C#. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass die benötigten Daten alle einzeln mit einer Vielzahl an vorgegebenen Befehlen abgefragt werden müssen. Aufgrund des hohen Implementierungsaufwands und des geringen Grads an Customizing ist ProcessCube somit nach weiteren Untersuchungen für die Nutzung nicht geeignet.

Die Modellierungssoftware MIDA nutzt den *token simulation plug-in* von Camunda, um den web modeler von Bpmn.io zu erweitern und zu verbessern. Da keine Schnittstelle für weitere Systeme zur Verfügung steht, ist die Nutzung auch dieser Software für die Implementierung der Übersetzungsmethode ebenfalls nicht geeignet.

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Lizenz-freien Modellierungstools

Software	Anbieter	Customizing	Zugriff	Implementierung	Support
Camunda Plattform 8	Camunda	✓	✓	✓	✓
ProcessCube	5Minds	✗	✓	✗	✓
MIDA	PROS	✗	✗	✗	✓

Durch die Auswahl der Modellierungssoftware Camunda werden die Prozesse in den Praxisbeispielen als BPMN-Prozesse eingelesen. Weil diese die umfassendste Notation aufweist und sowohl die betriebswirtschaftliche als auch die informationstechnische Umsetzung (Workflow) mit abdeckt, wird die BPMN als geeignete Modellierungssprache für die Praxisbeispiele bewertet, siehe Kapitel 3.2.2.

### 5.1.1 Softwarearchitektur und Schnittstellen

Der Zugriff auf die Geschäftsprozesse wird in Camunda über die Workflow und Decision Engine (im Folgenden Process Engine) Zeebe gesteuert, siehe Abbildung 25. In Zeebe gibt es vier Hauptkomponenten: Clients, Brokers, Gateways und das Exporter System. Die Clients, Brokers und Gateways starten Prozessinstanzen und koordinieren die Bearbeitungsreihenfolge der Aktivitäten aus den Prozessen. Die vierte Hauptkomponente, das Exporter System, steuert die Nachverfolgung der Prozessausführungen mit Tokens. Weitere Funktionen bspw. für die automatisierte Datenanalyse gehören zur kostenpflichtigen Version von Camunda und werden somit in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet (CAMUNDA).

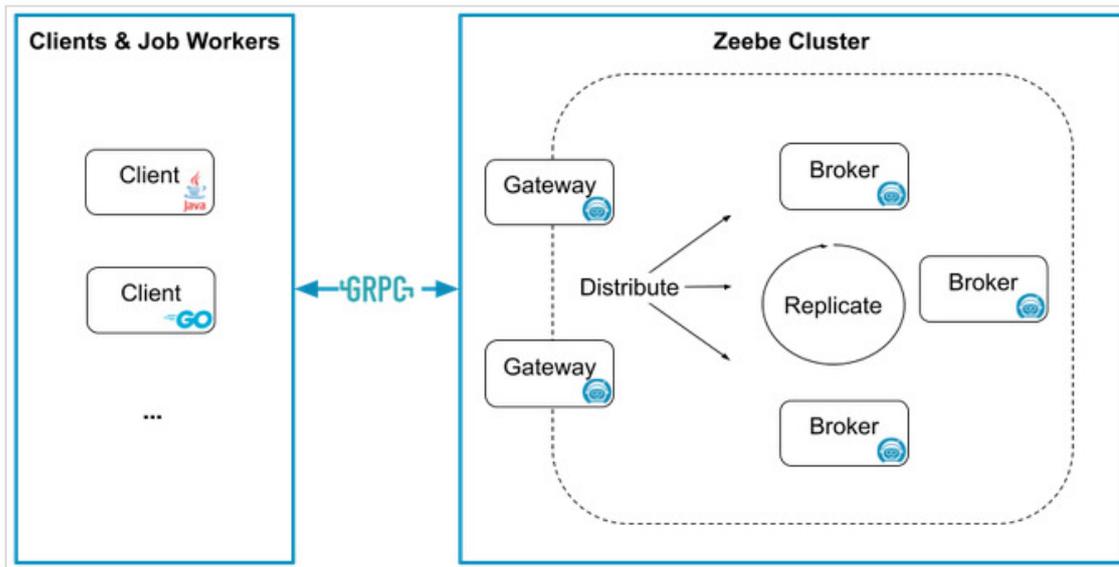


Abbildung 25: Komponenten und Schnittstellen von Zeebe (CAMUNDA)

### Brokers

Die Zeebe-Broker fungieren als Peer-to-Peer-Netzwerk und bilden die Workflow Engine von Camunda ab. Da alle Broker nach gleicher Funktionsweise arbeiten, kann bei Ausfall eines Brokers die zugeteilte Aufgabe an andere Broker übertragen werden. Zu den Aufgaben von Brokern zählt die Überwachung der aktuellen Ausführungszustände der Prozessinstanzen sowie die Verteilung der Aufgaben an Job Workers. In den Brokern ist keine Applikationslogik integriert. Diese befindet sich in den Clients, die über Befehle den entsprechenden Code ausführen (CAMUNDA).

### Gateways

Ein Gateway dient als zentraler Zugangspunkt zur Zeebe-Engine. Gateways bestehen damit unabhängig davon, ob Prozessinstanzen gestartet wurden. Über das Gateway kann mit Clients aus unterschiedlichen Plattformen auf die Aufgaben der Zeebe-Engine zugegriffen werden. Die Befehle der Clients werden dafür vom Gateway auf die Broker der Prozessinstanzen verteilt. Für hohe Auslastungen ist es zudem möglich mehrere Gateways zu implementieren (CAMUNDA).

## Clients und Job Workers

Die Process Engine Zeebe ist in Java geschrieben, bietet aber die Möglichkeit, über Clients auf das Gateway von Zeebe zuzugreifen. Dafür können mithilfe der Clients Befehle an Zeebe gesendet werden, um folgende Tätigkeiten auszuführen (CAMUNDA):

- Modelle zu deployen
- Die Geschäftslogik auszuführen
  - o Prozessinstanzen starten
  - o Informationen schicken
  - o Aufgaben aktivieren
  - o Aufgaben ausführen
  - o Aufgaben abrechnen
- Betriebsausführung anzupassen
  - o Ändern der Variablen von Prozessinstanzen

Für die Simulation der Geschäftsprozesse wird in Unity ein C# Client und ein Job Worker über das Interface IHost implementiert, siehe Abbildung 27. Ein Job Worker ist ein Zeebe Client, der den C# Client nutzt, um Jobs aus der Zeebe-Engine zu aktivieren und zu beenden, siehe Abbildung 26. Beim Anlegen des C# Clients muss dafür die Gateway-Adresse von Zeebe übergeben werden. Des Weiteren kann für den Job Worker festgelegt werden, in welchen Intervallen dieser neue Jobs abfragt und wie viele er gleichzeitig bearbeiten kann (CAMUNDA).

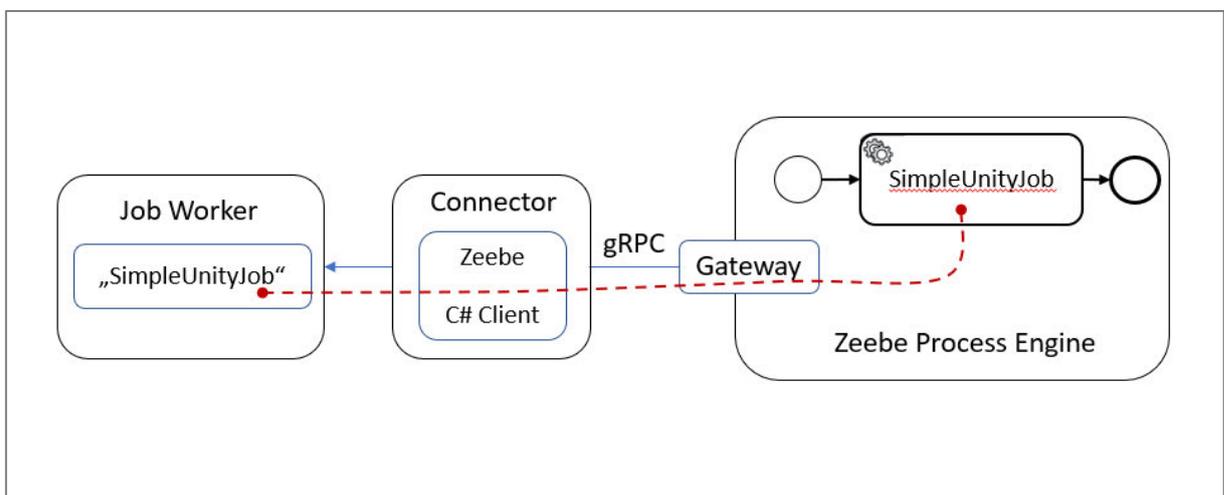


Abbildung 26: Zeebe C# Client Connector in Anlehnung an (Bernd Rücker, 2021) (eigene Darstellung)

```

1 Verweis
private IHost SetupHost()
{
    var host = Host
        .CreateDefaultBuilder()
        .ConfigureLogging(logging =>
            {
                logging.ClearProviders();
                logging.AddProvider(new BPMNUnityLoggerProvider());
            })
        .ConfigureServices((hostContext, services) =>
            {
                services
                    .BootstrapZeebe(
                        options =>
                        {
                            options.Client = new ClientOptions()
                            {
                                GatewayAddress = $"127.0.0.1:26500"
                            };
                            options.Worker = new WorkerOptions()
                            {
                                MaxJobsActive = 1,
                                TimeoutInMilliseconds = 10000,
                                PollingTimeoutInMilliseconds = 10000,
                                PollIntervalInMilliseconds = 20000,
                                RetryTimeoutInMilliseconds = 1000
                            };
                        },
                        //search this assembly for all JobHandlers
                        //and automatically register them with Zeebe
                        this.GetType().Assembly);
            })
        .Build();
    return host;
}

```

Abbildung 27: Anlegen des Clients und Job Workers in Unity

Für das Deployen von Prozessen wird in Unity der C# Client „zeebeClient“ angelegt. Durch die Angabe des Speicherorts kann mit dem zeebeClient ein ausgewählter Prozess von Camunda deployed und anschließend der dazugehörige Process Definition Key abgefragt werden. Über den Process Definition Key können schließlich verschiedene Prozessinstanzen gestartet werden, siehe Abbildung 28.

```

1 Verweis
public static async Task StartClient()
{
    var zeebeClient = ZeebeClient.Builder()
        .UseGatewayAddress($"127.0.0.1:26500")
        .UsePlainText()
        .Build();

    var topology = await zeebeClient.TopologyRequest().Send();

    //deploy
    var deployResponse = await zeebeClient.NewDeployCommand()
        .AddResourceFile(@"C:\Users\jaege\UnityProjects\BPMNs\Angebotseinholung_durchfuehren.bpmn")
        .Send();

    //create process instance
    var processDefinitionKey = deployResponse.Processes[0].ProcessDefinitionKey;

    for (var i = 0; i < 1; i++)
    {
        var processInstance = await zeebeClient
            .NewCreateProcessInstanceCommand()
            .ProcessDefinitionKey(processDefinitionKey)
            .Send();
    }
}

```

Abbildung 28 Deployen und Starten von Prozessinstanzen mit dem C# Client „zeebeClient“

Die Aufgabe des Job Workers ist es, neue Jobs aus der Process Engine von Camunda abzufragen und anschließend die durchgeführte Bearbeitung der Jobs rückzumelden. Dafür wird ein festgelegter Typ „SimpleUnityJob“ sowie das Datenaustauschformat „TaskInfo“ bei der Jobanfrage übergeben, siehe Abbildung 29. Diese Angaben müssen zur eindeutigen Zuordnung auch in den einzelnen Aktivitäten in Camunda hinterlegt werden, die in Kapitel 5.2 näher spezifiziert werden.

Sobald eine Aufgabe beim Job Worker eingegangen ist, wird die Funktion „HandleJob“ ausgeführt. Dort wird das Austauschformat „TaskInfo“ deserialisiert und dem TaskManager in Unity zur Verfügung gestellt, der in Kapitel 5.3 vorgestellt wird. Nach Bearbeitung der Aufgabe schickt der Job Worker die Rückmeldung „BPMNresponse“ zurück an die Process Engine. Über die Funktion „Datalog“ können zusätzlich die Informationen der einzelnen Prozessschritte und Prozessinstanzen für spätere Datenanalysen gespeichert werden.

```

5 Verweise
public class JobHandler : IAsyncJobHandler<SimpleUnityJob, TaskInfo>
{
    //Input und Oupput Variablen
    private TaskInfo BPMNheader = null;
    private TaskInfo BPMNresponse = null;

    //Input and Oupput JobHandler
    4 Verweise
    public class SignalCmd_JobHandled : ASignal<string, string, string> { }
    3 Verweise
    public class SignalInfo_JobInput : ASignal<string, string, string> { }
    2 Verweise
    public class SignalInfo_Datalog : ASignal<Eventlog> { }

    0 Verweise
    public async Task<TaskInfo> HandleJob(SimpleUnityJob job, CancellationTokent cancellationTokent)
    {
        await UniTask.SwitchToMainThread();

        //Wait for "Task Done" signal
        Signals.Get<SignalCmd_JobHandled>().AddListener(SignalReceived);

        //Inform Taskmanager
        BPMNheader = JsonConvert.DeserializeObject<TaskInfo>(job.CustomHeaders);
        Signals.Get<SignalInfo_JobInput>().Dispatch(BPMNheader.Owner, BPMNheader.Task, BPMNheader.Return);

        await WaitForSignal();

        //Save in DataLog
        Datalog(job.ProcessInstanceKey, job.ElementInstanceKey, BPMNheader.Owner, BPMNheader.Task);

        return BPMNresponse;
    }

    2 Verweise
    private void SignalReceived(string Message1, string Message2, string Message3)
    {
        BPMNresponse = new TaskInfo() { Owner = Message1, Task = Message2, Return = Message3 };
        //Bearbeitungszeit = Message1;

        Signals.Get<SignalCmd_JobHandled>().RemoveListener(SignalReceived);
    }
}

```

Abbildung 29: Implementierung des Job Workers in Unity

### 5.1.2 Schnittstellenformat für die Datenanalyse

Grundlage für die Bereitstellung von Prozessdaten für externe Software und Systeme sind die Informationen vom Job Worker. Der Job Worker verfügt über eine Reihe von Daten bezüglich der Aufgabenpakete aus Camunda und der Rückmeldung vom TaskManager. In der vorliegenden Arbeit werden folgende Daten in einer Logdatei gespeichert (siehe Abbildung 30):

- Der Process Instance Key (Standardwert)
- Der Element Instance Key (Standardwert)
- Der Owner der Aufgabe (Customized Information)
- Die Aufgabensbeschreibung (Customized Information)
- Die Rückmeldung der Aufgabe (Customized Information)

```

Unity-Skript (1 Objektverweis) | 2 Verweise
public class DataLog : MonoBehaviour
{
    public List<Eventlog> Datalog = new List<Eventlog>();

    // Start is called before the first frame update
    Unity-Nachricht | 0 Verweise
    void Start()
    {
        Signals.Get<SignalInfo_DataLog>().AddListener(OnInputReceived);
    }

    1 Verweis
    void OnInputReceived(Eventlog job)
    {
        Datalog.Add(job);

        StreamWriter sw = new StreamWriter(Application.dataPath + "/StreamingAssets/LogData.txt", true);
        sw.WriteLine("Process Instance Key; " + job.ProcessInstanceKey + ";" + " Element Instance Key;"
            + job.ElementInstanceKey + ";" + " Person; " + job.Person + ";" + " Task; " + job.Job
            + ";" + " Return; " + job.RandomChoice);

        sw.Close();
    }
}

```

Abbildung 30: Speichern der Prozessdaten im Datalog

Durch die Speicherung der Prozessdaten in einer Liste können einfache Datenauswertungen über Funktionen implementiert werden. In Abbildung 31 werden über die Funktion „CountDataLogEntries“ bspw. die Prozessdaten nach Prozessinstanzen geclustert und die Anzahl der Einträge pro Prozessinstanz ausgewertet.

```

1 Verweis
public void CountDataLogEntries()
{
    Debug.Log("CountDataLogEntries aufgerufen");

    Dictionary<long, List<Eventlog>> datalogs = SortList();
    foreach (var dl in datalogs)
    {
        Debug.Log("K: " + dl.Key + " Count: " + dl.Value.Count());
    }
}

1 Verweis
public Dictionary<long, List<Eventlog>> SortList()
{
    var eCounter = new Dictionary< long, List<Eventlog> >();

    var pIDs = Datalog.Select(dl => dl.ProcessInstanceKey).Distinct().ToList();

    foreach(var d in pIDs)
    {
        eCounter.Add(d, Datalog.Where(s => s.ProcessInstanceKey == d).ToList());
    }

    return eCounter;
}

```

Abbildung 31: Sortieren und Auswertung der Daten im Datalog

## 5.2 Spezifikation der Modellierungstechniken

Da die Übersetzungsmethode für verschiedene Modellierungssprachen Anwendung finden soll, gilt es eine allgemeingültige Modellierungstechnik zu definieren. Bezugnehmend auf Kapitel 4.4.2 stellen dafür die Menschen und Systeme sowie deren Handlungsausführungen die gemeinsamen Attribute dar, die vom Prozessmodell in die Simulation übergeben werden müssen. Dafür wird im Folgenden das Datenaustauschformat und die Modellierungstechnik in Camunda festgelegt. Camunda stellt alle wichtigen Aktivitäten aus Kapitel 3.2.2 für die Modellierung von BPMN-Prozessen zur Verfügung. Der Datenaustausch zwischen Camunda und dem Job Worker kann bei „Service Task“-Aufgaben im Prozessmodell über die Definition „SimpleUnityJob“ geregelt werden, siehe Abbildung 32.

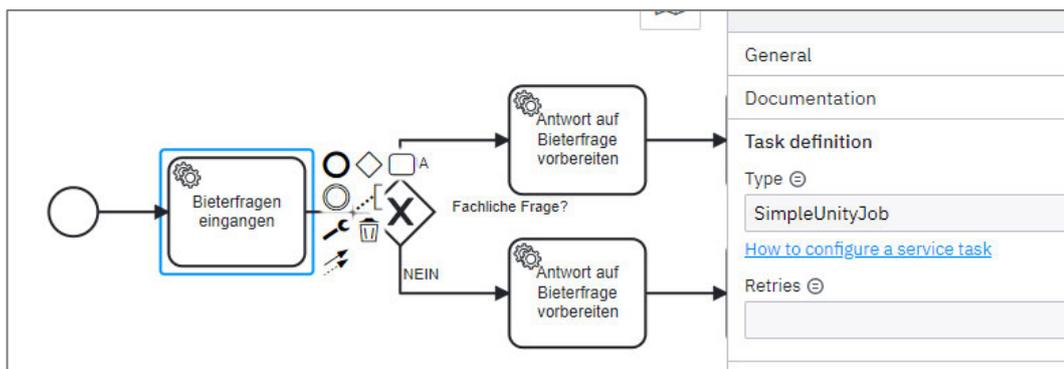


Abbildung 32: Festlegung der Task definition im „Service Task“ von Camunda

Im „Headers“ des Service Tasks wird das Datenaustauschformat „TaskInfo“ für die Simulation hinterlegt, siehe Abbildung 33. Dieses definiert „wer“, „was“ tun soll und „welche Handlungsmöglichkeiten“ für die weitere Prozessausführung zur Verfügung stehen.

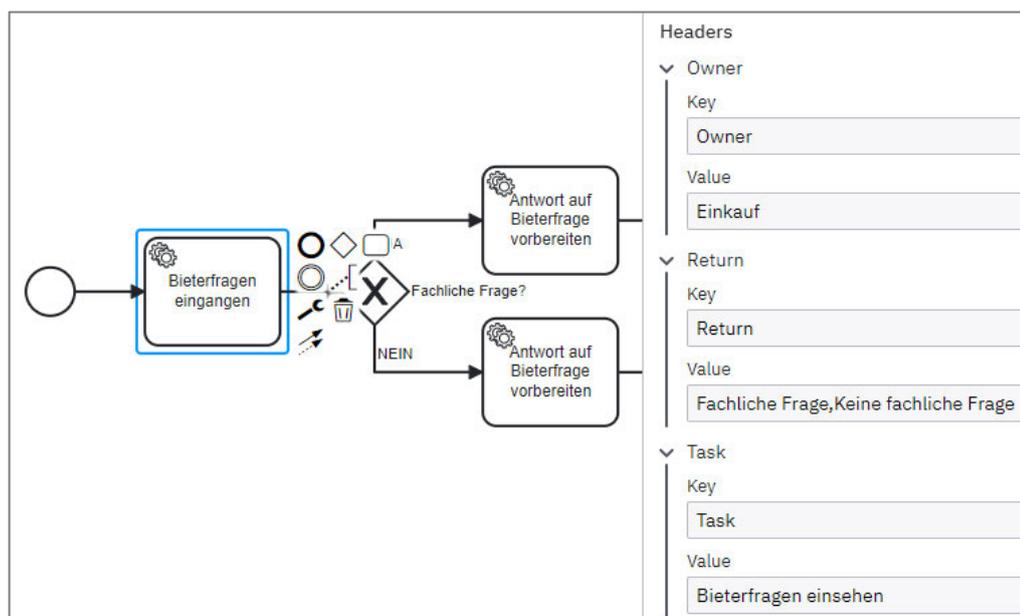


Abbildung 33: Hinterlegtes Datenaustauschformat „TaskInfo“ im Header des Service Tasks

### Owner Value (string)

Im „Owner“ wird für die Aufgabe die Berufsbezeichnung der verantwortlichen Mitarbeiter:innen im Prozess eingetragen. Jede Berufsbezeichnung wird in der Simulation durch ein oder mehrere Avatare repräsentiert. Für mehrere Verantwortliche einer Aufgabe können diese im Owner eingetragen und durch ein Komma getrennt werden.

### Task Value (string)

In der „Task“ wird die Aufgabenbeschreibung bzw. die Handlungsanweisung für die Avatare an die Simulation übergeben.

### Return Value (string)

Um Einfluss auf die Prozessausführung nehmen zu können, werden im „Return“ alle Ausführungsvarianten von nachfolgenden Gateways aufgeführt und mit einem Komma getrennt, siehe Abbildung 33. In der Simulation können die Avatare oder Nutzer:innen somit alle Ausführungsvarianten der Prozesse einsehen und eine Variante über den „Return“ zufällig oder bewusst auswählen.

## 5.3 Implementierung der Übersetzungsregeln in Unity

Die Verarbeitung der übermittelten Daten vom Typ „TaskInfo“ in der Simulation erfolgt wie in Abbildung 34 dargestellt.

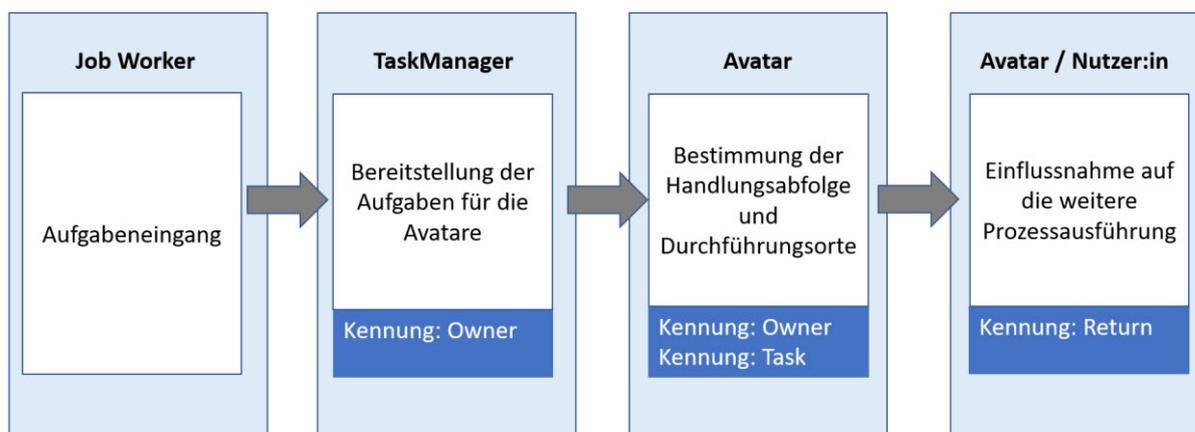


Abbildung 34: Abfolge und Kennungen der Übersetzungsregeln

Nachdem eine Aufgabe beim Job Worker eingegangen ist, wird der TaskManager über die Funktion „Signals.Get<>().AddListener()“ informiert und speichert die neue Aufgabe in der Liste „TaskList“, siehe Abbildung 35.

```

Unity-Skript (1 Objektverweis) | 4 Verweise
public class TaskManager : MonoBehaviour
{
    public List<TaskInfo> TaskList = new List<TaskInfo>();

    //Start is called before the first frame update
    Unity-Nachricht | 0 Verweise
    void Start()
    {
        Signals.Get<SignalInfo_JobInput>().AddListener(OnInputReceived);
    }

    1 Verweis
    private void OnInputReceived(string Owner, string Task, string Return)
    {
        //Separate Owners
        char[] delimiterChars = { ',' };
        string[] PersonsInCharge = Owner.Split(delimiterChars);

        //Save task for each person in charge in list
        for (int i = 0; i < PersonsInCharge.Length; i++)
        {
            TaskInfo ToDo = new TaskInfo() { Owner = PersonsInCharge[i], Task = Task, Return = Return };
            TaskList.Add(ToDo);
            Return = "no return";
            Debug.Log(ToDo);
        }
    }
}

```

Abbildung 35: Speichern der Aufgaben in Unity über den TaskManager

Über die Funktion „GetToDo()“ können die Avatare Aufgaben, die mit ihrem Namen gekennzeichnet sind, nach dem FIFO-Prinzip abfragen, siehe Abbildung 36. Einem Avatar mit dem Namen „Qualitätsbeauftragter“ werden somit nur Aufgaben zugewiesen, die in Camunda mit dem Value „Qualitätsbeauftragter“ im „Owner“ gekennzeichnet werden. Nach Zuweisung der Aufgabe, wird diese vom TaskManager aus der Liste „TaskList“ gelöscht.

```

1 Verweis
public TaskInfo GetToDo(string name)
{
    if (TaskList.Any(w => w.Owner == name))
    {
        TaskInfo currentTask = new TaskInfo();
        currentTask = TaskList.Where(s => s.Owner == name).First();
        int index = TaskList.IndexOf(currentTask);
        TaskList.RemoveAt(index);
        return currentTask;
    }
    else
    {
        TaskInfo NoTask = new TaskInfo() { Owner = name, Task = "nothing", Return = "nothing" };
        return NoTask;
    }
}

```

Abbildung 36: Funktion „GetToDo“ zum Abrufen der Aufgaben im TaskManager

Über die Funktion „DoSomething()“ fragen die Avatare beim TaskManager nach Aufgaben, indem sie ihren Namen übergeben, siehe Abbildung 37. Ist eine Aufgabe eingegangen, wird anhand der „Task“ unterschieden, ob es sich um ein Meeting oder eine andere Aufgabe handelt. Für den Ort der Aufgabendurchführung werden in der Simulation 3D Objekte als „Move Targets“ verteilt, zu denen die Avatare für ihre Aufgabendurchführung hingehen. Für eine Aufgabe „Teilnahme am Meeting“ werden alle Avatare, die die Aufgabe zugewiesen bekommen haben, zum Move Target „Meeting“ im Meetingraum in der Simulation gehen. Für alle anderen Aufgaben wird ein Avatar mit dem Namen „Qualitätsbeauftragter“ für die Aufgabendurchführung zu dem Move Target „Qualitätsbeauftragter“ gehen, das sich an seinem Schreibtisch befindet.

```
0 Verweise
protected override void DoSomething()
{
    TaskInfo ToDo = TaskSkript.GetToDo(employee_name);

    if (ToDo.Task == "nothing")
    {
    }
    else if (ToDo.Owner == employee_name && ToDo.Task == "Meeting")
    {
        var meetingJob = new MeetingJob(ToDo);
        SetJobAndCancelCurrent(meetingJob);

        if (ToDo.Return != "no return")
        {
            //Get random response and send to JobHandler
            string response = GetRandomResponse(ToDo.Return);
            ToDo.Return = response;
            BPMNResponse(ToDo.Owner, ToDo.Task, ToDo.Return);
        }
    }
    else
    {
        var GoToBase = new Base(ToDo);
        SetJobAndCancelCurrent(GoToBase);

        //Get random response and send to JobHandler
        string response = GetRandomResponse(ToDo.Return);
        ToDo.Return = response;
        BPMNResponse(ToDo.Owner, ToDo.Task, ToDo.Return);
    }
}
```

Abbildung 37: Funktion „DoSomething“ zum Ausführen und Rückmelden der Aufgaben durch die Avatare

Das Steuern der Bewegungsabläufe der Avatare erfolgt in der Simulation anhand von „MeetingJobs“ und „BaseJobs“, in denen der Durchführungsort, die Laufgeschwindigkeit und die Wartezeiten für die Aufgabendurchführung festgesetzt werden, siehe Abbildung 38.



## 5.5 Rahmenbedingungen und Simulationsstandard

Zu den Rahmenbedingungen der entwickelten Übersetzungsmethode gehört zunächst die Nutzung einer Process Engine, die ein Customizing der Datenübertragung zulässt, siehe Kapitel 5. Des Weiteren besteht vor jeder Implementierung in einem neuen Unternehmen ein einmaliger Erstaufwand, der mit dem Grad an Spezialisierungen ansteigt. Das liegt daran, dass die realitätsnahe Simulationsumgebung mit den Avataren und Arbeitsplätzen für jedes Unternehmen individuell erstellt werden muss. Der Aufwand für Prozesse mit einem hohen Digitalisierungsgrad und Standardisierung fällt dabei vergleichsweise gering aus, da der Fokus auf der Visualisierung des Datenaustausches liegt. Dies ist bspw. für klassische Bürotätigkeiten der Fall, bei denen es für das Prozessverständnis ausreicht, wenn Avatare nur „sinngemäß“ eine Mail schreiben oder an das Telefon gehen. Für Tätigkeiten oder Arbeitsumgebungen, bei denen es hingegen auf detailgetreue Bewegungsabläufe der Avatare ankommt oder für die individualisierte 3D-Objekte erstellt werden müssen, ist das Informationssystem wirtschaftlich nicht geeignet. Ein Beispiel hierfür ist eine detaillierte Montageanleitung für Sondermaschinen, bei denen die Prozessbeschreibung auf die richtige Zusammensetzung von mechanischen Teilen abzielt.

## 6. Evaluierung und Bewertung der Übersetzungsmethode

Im folgenden Kapitel wird die konzipierte Übersetzungsmethode anhand nachfolgender Beispiele aus dem Maschinenbau und dem Hafenmanagement getestet. Die Praxisbeispiele wurden dafür anhand folgender Bewertungskriterien ausgewählt:

*Tabelle 8: Auswahlkriterien für die Praxisbeispiele*

Auswahlkriterien	Prozessmodell 1: Maschinenbau	Prozessmodell 2: Hafenmanagement
Autonomiegrad	Hoch	Hoch
Interaktion im Prozessablauf	Mittel	Hoch
Funktionsübergreifende Prozessausführung	Hoch	Mittel
Automatisierungsgrad	Mittel	Gering
Organisationsentwicklung	Hoch	Hoch

Der Autonomiegrad gibt an, inwiefern die Prozesse in Abhängigkeit von externen Akteuren durchgeführt werden. Bei den ausgewählten Geschäftsmodellen handelt es sich um rein interne Prozesse, um die Komplexität bei der Methodenevaluierung zu reduzieren. Bei der Interaktion im Prozessablauf wurde darauf geachtet, dass es sich um Geschäftsmodelle handelt, bei denen die Systeme und Mitarbeiter:innen mehrfach interagieren. Dies stellt insofern ein zentrales Kriterium dar, als dass damit eine erhöhte Komplexität im Prozess sichergestellt ist, siehe Kapitel 4.1.1. Darüber hinaus sind funktionsübergreifende Prozesse wichtig für die Evaluierung, da Schnittstellen zu Informationsverlusten oder Doppelarbeit führen können. Bezugnehmend auf den Automatisierungsgrad wurden Prozesse ausgewählt, die hauptsächlich von Avataren und nicht von IT-Systemen ausgeführt werden können. Die Organisationsentwicklung berücksichtigt den Aspekt, dass es sich um Geschäftsmodelle von Prozessen handelt, die in dieser oder ähnlichen Form auch in den nächsten fünf bis zehn Jahren Bestand haben werden. Dadurch ist sichergestellt, dass es sich um gepflegte Prozessstrukturen handelt, die repräsentativ für die jeweilige Branche gehandhabt werden können.

Da für die Prüfung des Informationssystems die Länge der Prozesse nicht entscheidend ist, um den Mehrwert der Darstellungsform sowie die funktionale Umsetzung zu bewerten, werden die ausgewählten Prozesse in den folgenden Kapiteln in gekürzter Form dargestellt.

## 6.1 Praxisbeispiel aus dem Maschinenbau

Bei dem ausgewählten KMU im ersten Praxisbeispiel handelt es sich um ein Unternehmen aus dem Maschinenbau, das mechanische und elektronische Antriebstechnik sowie Getriebemotoren produziert. Für die Evaluierung der Übersetzungsmethode wurden zunächst vier Mitarbeiter:innen und Manager mit produktions- und prozessnahen Tätigkeiten nach ihren derzeitigen Herausforderungen befragt. Die Herausforderungen und die dazu passenden Leitideen des Informationssystems sind in Tabelle 9 aufgeführt.

*Tabelle 9: Ergebnisse aus der Befragung nach den Herausforderungen im Maschinenbau*

<b>Herausforderungen</b>	<b>Einordnung in die Leitideen des Informationssystems</b>
Weltweite und interne Kommunikation	Leitidee 2
Wachsende Komplexität und Variantenmanagement: Richtige Teile zur richtigen Zeit am richtigen Ort	Leitidee 1 und Leitidee 2
SAP-Struktur: Vorhersagen für Veränderungen schwer abschätzbar	Leitidee 1
Transparenz von Dokumenten und Prozessen	Leitidee 2

Die Herausforderungen bestätigen die wahrgenommene Komplexität aus Kapitel 4.1, die aufgrund einer hohen Variantenvielfalt sowie dem lückenhaften Wissen über die SAP-Struktur ausgelöst werden. Des Weiteren fehlt die Transparenz von Dokumenten und Prozessen als Basis für ein gemeinsames Prozessverständnis und einen gemeinsamen Wissensstand. Damit kann sowohl die Leitidee 1 aus Kapitel 4.3.1 mit dem Ziel zur Erreichung einer verbesserten gesamtheitlichen Prozesssicht als auch die Leitidee 2 mit dem Ziel, die Beschäftigten einzubinden und auf die veränderten Kompetenzanforderungen vorzubereiten, herangezogen werden.

### 6.1.1 Prüfung des Informationssystems am Beispielprozess zur Handhabung von Stücklistenfehlern

Für die Prüfung des Informationssystems wird der Prozess aus Abbildung 40, wie in Kapitel 5 beschrieben, in die Simulationsumgebung übertragen.

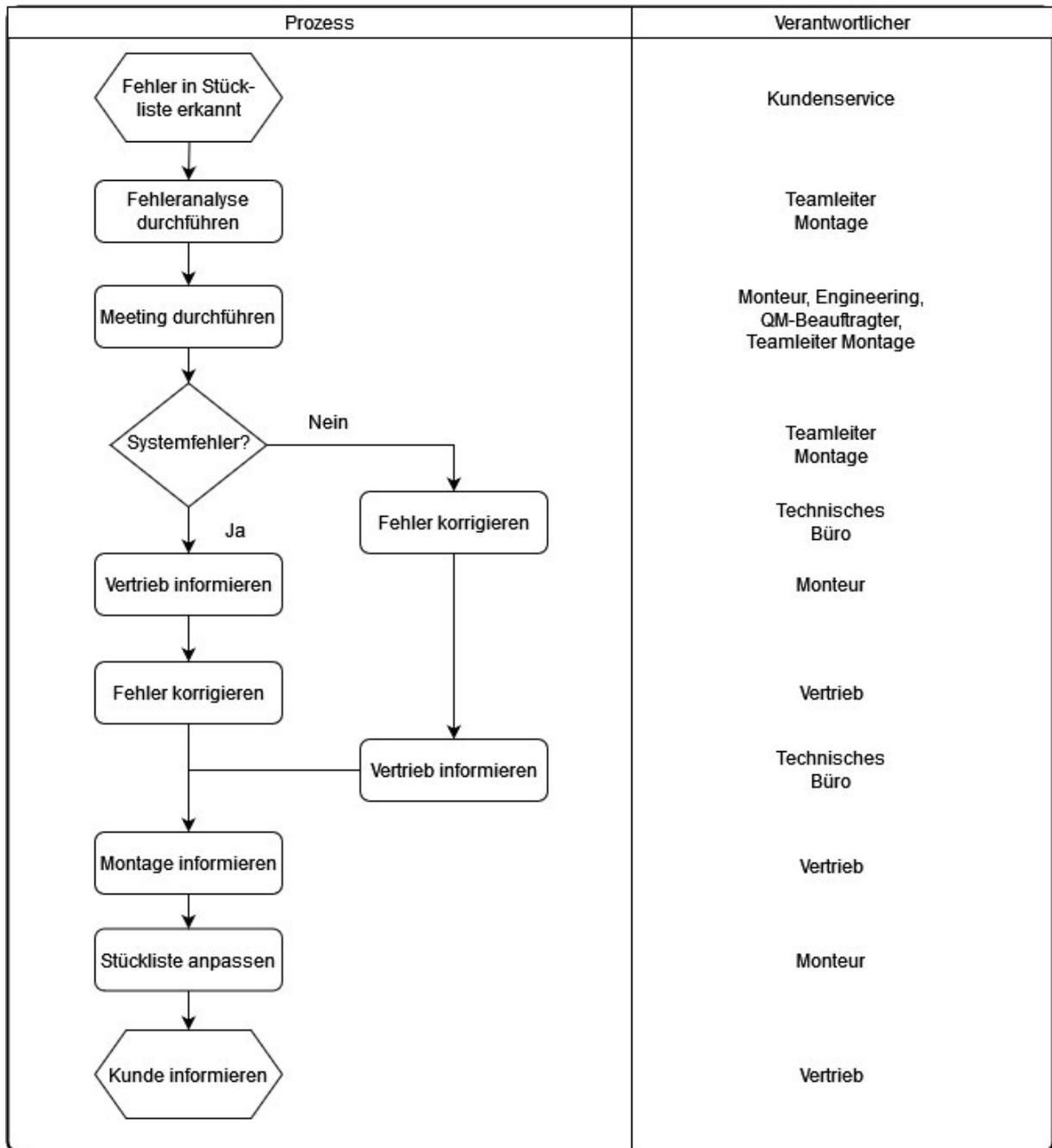


Abbildung 40: Beispielprozess: „Handhabung von Stücklistenfehlern“

Zum besseren Verständnis der weltweiten Kommunikation sowie des Datenaustausches zwischen den IT-Systemen können mithilfe des Informationssystems die ausgetauschten Datenpakete zwischen den einzelnen Werken visualisiert werden, siehe Abbildung 41. Die Farben der Datenpakete repräsentieren dabei beispielhaft die verwendeten IT-Systeme.

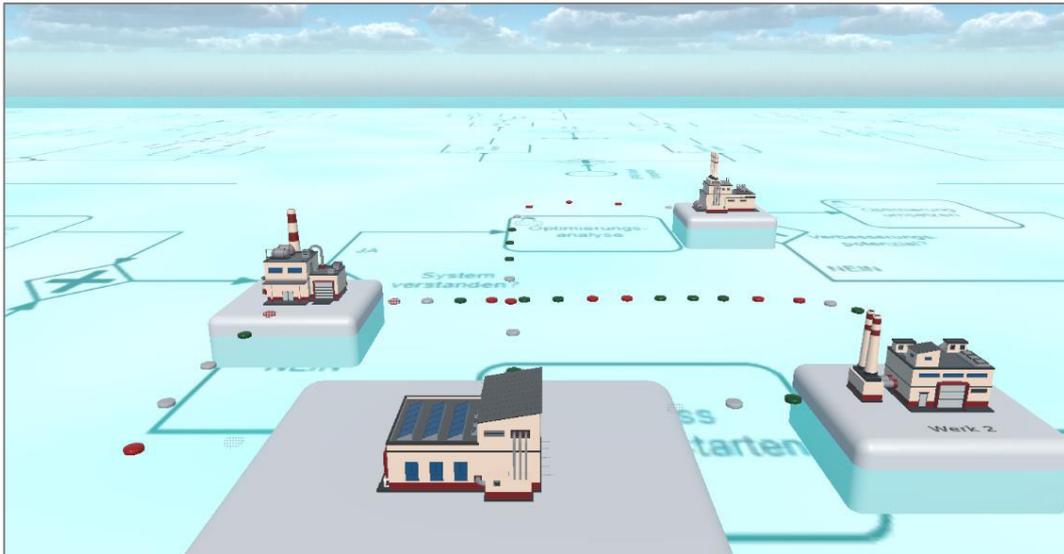


Abbildung 41: Weltweiter Datenaustausch aus der Management-Perspektive

Darüber hinaus kann für die Gewinnung eines besseren Prozessverständnisses der ausgewählte Beispielprozess in einer praxisnahen Büroumgebung in einem der Werke als Gesamtsicht betrachtet werden, siehe Abbildung 42.



Abbildung 42: Gesamtsicht auf einen Geschäftsprozess in einer praxisnahen Büroumgebung

Die Avatare stellen dabei die „Owner“ der Aufgabe dar, die eine Aufgabe „Task“ in blau ausführen und eine Rückmeldung „Return“ über ihren Köpfen anzeigen, siehe Abbildung 43.

Die genutzten IT-Systeme werden beispielhaft, wie in Abbildung 44 dargestellt, in Rot hervorgehoben.



Abbildung 43: Darstellung der Aufgabe „Fehleranalyse durchführen“ im Informationssystem

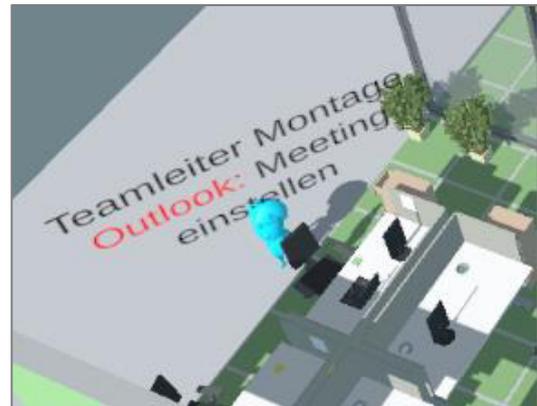


Abbildung 44: Darstellung der Rückmeldung „Meeting einstellen“ über das IT-System Outlook

### 6.1.2 Handlungsempfehlung mit KI für den Kundenservice

Für die Evaluierung der Handlungsempfehlung mit KI im ersten Praxisbeispiel werden die Nutzer:innen bei der Durchführung der letzten Aufgabe im Prozess unterstützt. Dies betrifft den Arbeitsplatz Kundenservice mit der Aufgabe „Kunde informieren“, siehe Abbildung 40.

Nach Klärung des Fehlers in der Stücklistenenerstellung ergeben sich für den Kundenservice zwei Handlungsmöglichkeiten den Kunden zu informieren. Zum einen kann der Kunde über das SAP-System automatisch informiert werden, zum anderen kann der Kunde vom Kundenservice zusätzlich per Telefon kontaktiert werden.

Das Transitionssystem für den RIL-Agenten zum Erlernen der besten Handlungsempfehlung ist in Abbildung 45 dargestellt. Wenn der Kunde sich im Zustand „Zufriedenheit hoch“ befindet und über SAP informiert wird, verbleibt der Kunde mit einer Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  in diesem Zustand. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Kunde in den Zustand „Zufriedenheit gering“ wechselt, beträgt dementsprechend  $1-\alpha$ . Wenn der Kundenservice den Kunden neben der Bestätigung über SAP zusätzlich per Telefon kontaktiert, ist die Wahrscheinlichkeit 1, dass der Kunde im Zustand „Zufriedenheit hoch“ verbleibt. Ein Kunde, der sich im Zustand „Zufriedenheit gering“ befindet, wird in seinem Zustand verbleiben, wenn er lediglich über SAP automatisch informiert wird. Die Wahrscheinlichkeit beträgt damit ebenfalls 1. Wenn dieser Kunde zusätzlich per Telefon informiert wird, beträgt die Wahrscheinlichkeit  $\beta$ , dass er in den Zustand „Zufriedenheit hoch“ wechselt. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Kunde dennoch im Zustand „Zufriedenheit gering“ verbleibt, beträgt dementsprechend  $1-\beta$ .

Da die Aktion einen Kunden zusätzlich per Telefon zu kontaktieren Kosten verursacht, werden die Belohnungen der Aktionen mit  $r_{auto} > r_{tel}$  festgelegt.

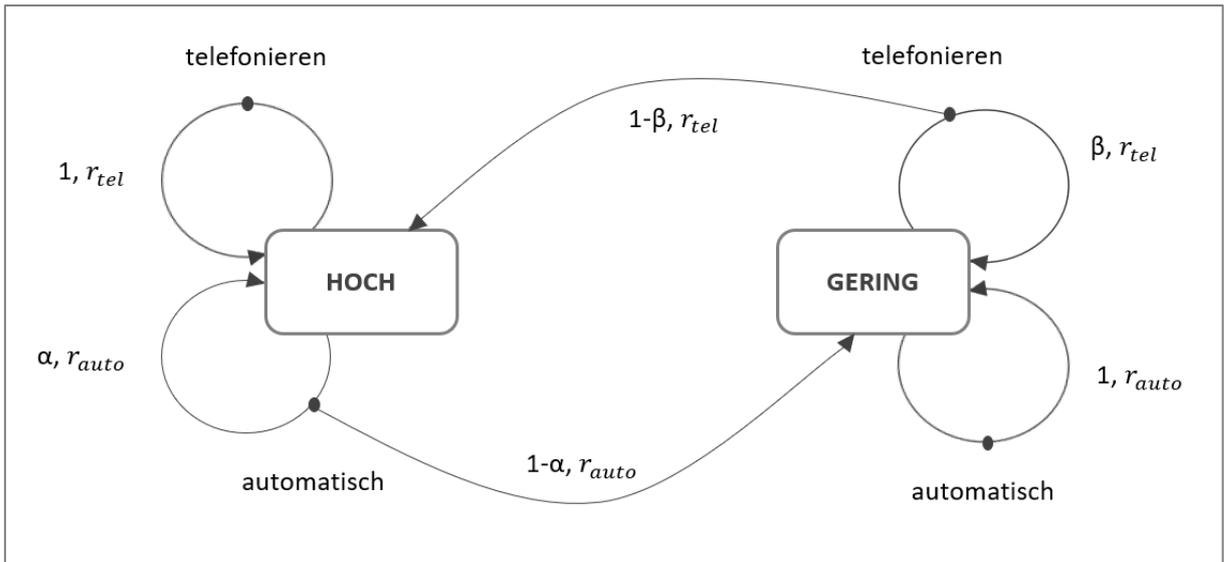


Abbildung 45: Transitionssystem für die Aufgabe „Kunde informieren“ in Anlehnung an (Appelfeller, et al., 2018 S. S.37) (eigene Darstellung)

Im vorliegenden Beispiel wird davon ausgegangen, dass der Agent seine Umwelt nicht kennt. Somit muss der Agent durch Erfahrungen lernen, wie hoch die Belohnungen  $r(s', a, s)$  und die Transitionswahrscheinlichkeiten  $p(s'|s, a)$  für die durchgeführte Aktionen in den Zuständen „Zufriedenheit hoch“ (S1) und „Zufriedenheit gering“ (S2) sind. Die zu erlernenden Transitionswahrscheinlichkeiten und Belohnungen werden als Typ „SaS\_Modell“ in Unity hinterlegt und in einer Liste „Reward“ gespeichert, siehe Abbildung 46. Auf diese Liste hat der Agent keinen Zugriff.

```

Unity-Skript | 0 Verweise
public class RIL : MonoBehaviour
{
    public List<SaS_Agent> Experience = new List<SaS_Agent>();
    public List<SaS_Modell> Reward = new List<SaS_Modell>();

    string[] actions = { "tel", "auto" };
    string[] state = { "S1", "S2" };

    //Belohnungen
    int r_tel = 1;
    int r_auto_S1 = 4;
    int r_auto_S2 = 2;

    Unity-Nachricht | 0 Verweise
    void Start()
    {
        //Umgebung
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S1", a = "tel", r = r_tel, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S1", a = "auto", r = r_auto_S1, p = 0.8f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S2", a = "auto", r = r_auto_S2, p = 0.2f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S2", a = "auto", r = r_auto_S2, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S1", a = "tel", r = r_tel, p = 0.7f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S2", a = "tel", r = r_tel, p = 0.3f });
    }
}
  
```

Abbildung 46: Umgebung für das Beispiel „Kunde informieren“ in Unity

Für den Kundenservice ist es am besten, wenn sich der Kunde im Zustand S1 befindet und der Agent die Handlungsempfehlung bzw. die Aktion „automatisch über SAP informieren“ („auto“) wählt. In diesem Fall erhält der Agent somit die größte Belohnung. Um von dem unerwünschten Zustand S2 in den gewünschten Zustand S1 zu kommen, muss der Agent lernen die Aktion „tel“ auszuwählen, obwohl dies kurzfristig zu einer geringeren Belohnung führt als die Aktion „auto“ im Zustand S2. Dafür erkundet der Agent mit einer  $\epsilon$ -greedy Aktionsauswahl von 50% und folglich mit zufällig wechselnden Explorations- und Exploitationsverhalten die Umgebung und entwickelt eine Strategie, um seine Belohnung zu maximieren. Die gesammelten Erfahrungen über die erhaltenen Belohnungen und den erfahrenen Transitionswahrscheinlichkeiten sowie die entwickelte Policy werden in einer Liste „Experience“ als „SaS\_Agent“-Information gespeichert. Die Liste wird nach jedem Zeitschritt anhand der aktuellen Informationen über die Funktion „UpdateExperience“ aktualisiert, siehe Abbildung 47.

```

2.Verweise
private void UpdateExperience(SaS_Agent newInfo)
{
    if (Experience.Any(s => (s.Start == newInfo.Start) && (s.a == newInfo.a) && (s.End == newInfo.End)))
    {
        SaS_Agent information = new SaS_Agent();

        information = Experience.Where(s =>(s.Start == newInfo.Start) && (s.a == newInfo.a)
            && (s.End == newInfo.End)).First();

        information.z += information.z + 1;

        //Get max. q
        SaS_Agent GetnewPolicy = Experience.Where(s => s.Start == newInfo.End)
            .OrderBy(s => s.q)
            .LastOrDefault();

        //Q-Learning-Formel
        information.q += information.q +alpha*information.p*(information.r +gamma*GetnewPolicy.q -information.q);
    }
    else
    {
        //Save new Experience
        SaS_Agent information = new SaS_Agent(){Start = newInfo.Start, End = newInfo.End, a = newInfo.a,
            r = newInfo.r, z = 1, q = newInfo.r};
        Experience.Add(information);
    }
}

```

Abbildung 47: Aktualisierung der Policy in Unity über die Funktion „UpdateExperience“

Die gespeicherten „SaS\_Agent“-Informationen aus der Liste „Experience“ nach 100 Zeitschritten sind in Abbildung 48 dargestellt. Auf der x-Achse sind die Ausgangszustände S1 und S2, die zur Verfügung stehenden Aktionsmöglichkeiten „auto“ und „tel“, die Endzustände S1 und S2 sowie die dazu gehörenden Transitionswahrscheinlichkeiten  $p \in [0, 1]$  aufgeführt. Auf der y-Achse werden die gespeicherten Belohnungen, sowie die berechnete Policy des Agenten dargestellt. Der Lern- und Diskontierungsfaktor sind für die Auswertung auf  $\alpha = \gamma = 0,3$  gesetzt.

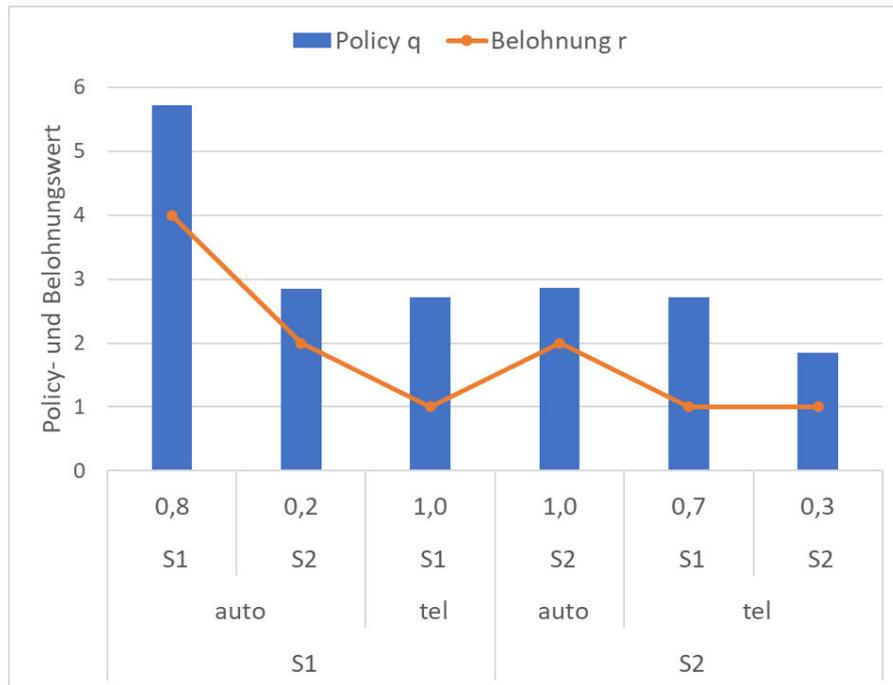


Abbildung 48: Gespeicherte Erfahrungen des Agenten mit  $\alpha = \gamma = 0,3$

Das schrittweise Erlernen des Agenten der Transitionswahrscheinlichkeiten vom Zustand S1 in den Zustand S2 bzw. dem Verbleib in S1 für die Aktion „auto“, ist in Abbildung 49 aufgeführt.

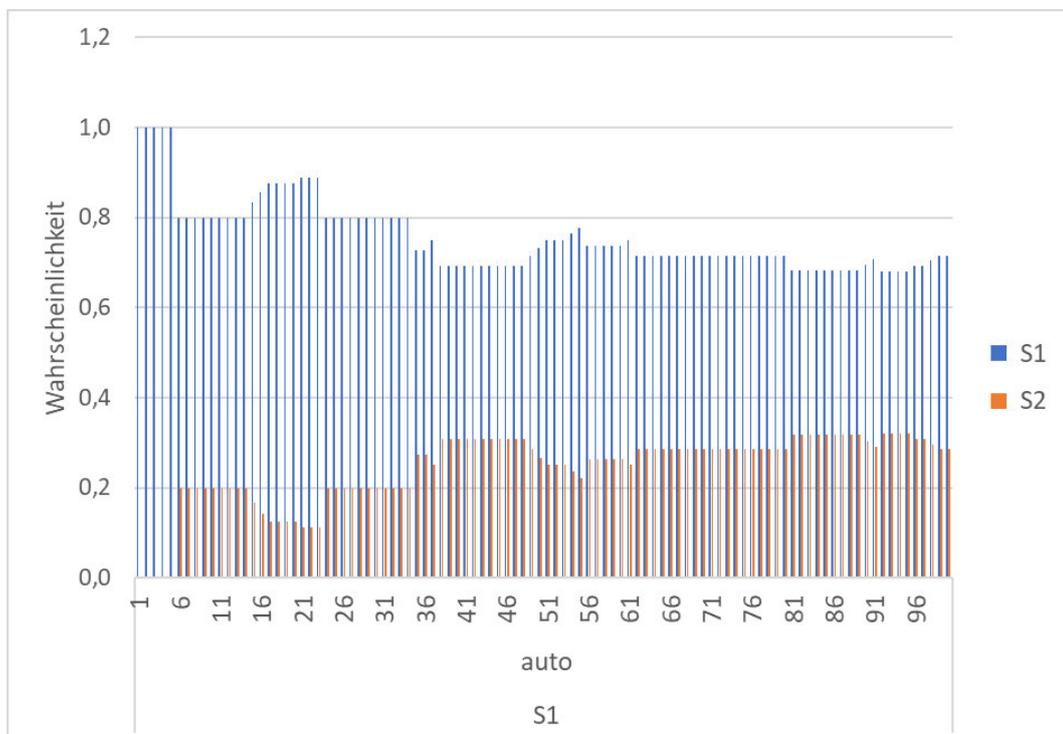


Abbildung 49: Lernerfahrungen des Agenten über die Transitionswahrscheinlichkeiten im Zustand S1

Um das Lernverhalten des Agenten weiter zu prüfen und auszuwerten, werden die Werte für den Lernfaktor  $\alpha$  sowie für den Diskontierungsfaktor  $\gamma$  von 0,1 bis 0,9 mit jeweils 1.000 Zeitschritten durchlaufen. In Abbildung 50 ist die berechnete Policy für den Zustand S2 und der Aktion auto mit dem Endzustand S2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Lernfaktor  $\alpha$  klein gewählt werden kann, da sich für größere Lernfaktoren die Policy zum Erreichen der maximalen Belohnung nicht verändert. Dieses ist dadurch zu erklären, dass bei zwei Zuständen mit jeweils zwei Aktionsmöglichkeiten die Umgebung vom Agenten nach 1.000 Zeitschritten auch bei einem kleinen Lernfaktor  $\alpha$  vollständig erlernt ist. Die neu gesammelte Lernerfahrung entspricht somit nach 1.000 Zeitschritten dem vorhandenen Kenntnisstand des Agenten.

Dahingegen steigt bei höheren Diskontierungsfaktoren  $\gamma$  auch der Wert der entwickelten Policy des Agenten. Das liegt daran, dass der Agent weitsichtiger wird und zukünftig erwartete Belohnungen in der Policy berücksichtigt. Für kleine Diskontierungsfaktoren  $\gamma$  nähert sich die Policy somit der kurzfristig zu erwarteten Belohnung 2 für die Aktion „auto“ an.

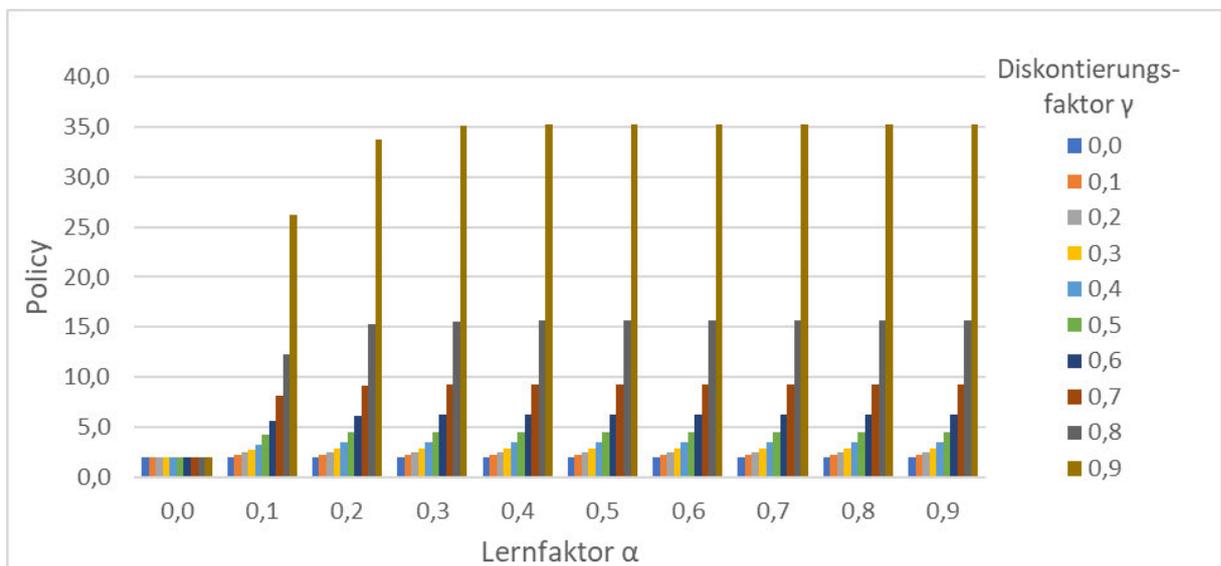


Abbildung 50: Policy für (S2 | S2, auto) in Abhängigkeit vom Lern- und Diskontierungsfaktor

Der Diskontierungsfaktor  $\gamma$  spielt vor allem für die Handlung im Zustand S2 eine große Rolle, da dort der Agent zukünftige Belohnungen berücksichtigen muss, um in den gewünschten Zustand S1 zu gelangen. Ein weitsichtiger Agent kann somit die Aktion „tel“ im Zustand S2 wählen, obwohl diese zu einer Belohnung von 1, statt der Belohnung von Aktion „auto“ in Höhe von 2, führt. Die Ergebnisse der entwickelten Policy des Agenten für den Zustand S2 sind in Abbildung 51 in Abhängigkeit vom gewählten Diskontierungsfaktor  $\gamma$  dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Agent für einen kleinen Diskontierungsfaktor  $\gamma = 0,2$  deutlich die Aktion „auto“ bevorzugt. Bei einem hohen Diskontierungsfaktor von  $\gamma = 0,7$  hingegen, werden die Aktionen „auto“ und „tel“ trotz unterschiedlicher Belohnungen vom Agenten gleich bewertet.

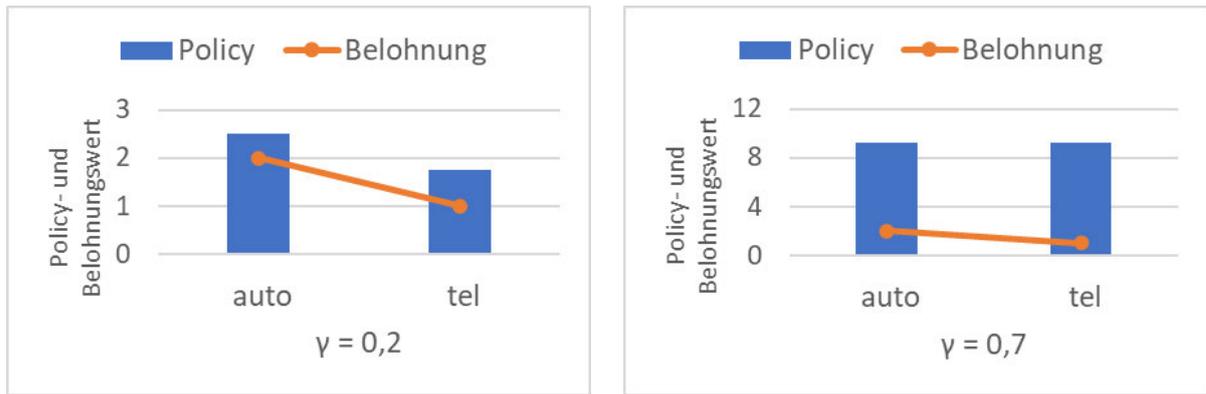


Abbildung 51: Handlungsempfehlung des Agenten für den Zustand S2 in Abhängigkeit vom Diskontierungsfaktor (Lernfaktor  $\alpha = 0,3$ )

### 6.1.3 Bewertung des ersten Praxisbeispiels

Für die nähere Prüfung und Bewertung des Informationssystems wurde der vorgestellte Beispielprozess von einem der befragten Mitarbeiter:innen mit produktions- und prozessnahen Tätigkeiten mit und ohne VR durchgeführt. Für die anschließende Bewertung wurde der befragte Mitarbeiter aus dem KMU gebeten, das Potenzial des Informationssystems zur Bewältigung der genannten Herausforderungen zu bewerten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Bewertung des Informationssystems anhand des ersten Praxisbeispiels

Herausforderungen	Potenzial [Hoch, Mittel, Gering]
Kommunikation	Mittel
Variantenmanagement	Hoch
SAP-Struktur	Hoch
Dokumentation	Hoch

Die Bewertung des ersten Praxisbeispiels bestätigt den Mehrwert der gewählten Darstellungsform zum Steigern des Prozessverständnisses. Insbesondere in der Möglichkeit, den Prozessdurchlauf von Produkten über die verschiedenen Werke hinweg zu visualisieren, wird ein großer Nutzwert des Informationssystems gesehen. Damit können bspw. die Wertschöpfungsketten unterschiedlicher Produktgruppen nachvollgezogen und somit das Variantenmanagement verbessert werden. Durch die Darstellung der genutzten IT-Systeme und des Datenaustausches wird zudem ein hohes Potenzial zum besseren Verständnis der SAP-Struktur gesehen. Das Potenzial zur Verbesserung der weltweiten und internen

Kommunikation wird mit „Mittel“ bewertet. Die Visualisierung des Datenaustausches und der Prozessverantwortung kann zu einer besseren weltweiten Kommunikation beitragen, indem die Prozessverantwortlichen ihre vor- und nachgelagerten Prozessschritte kennen und eine bessere Gesamtsicht auf den Prozess einnehmen können. Es besteht jedoch trotzdem die Gefahr, dass sprachliche Barrieren bestehen bleiben. Für die Dokumentation und die Transparenz der Prozesse wird durch das Informationssystem ein hohes Potenzial zur Verbesserung des Ist-Zustands gesehen.

Die Handlungsempfehlung mit KI zum besseren Verständnis über die Auswirkungen von Handlungen und Entscheidungen wird als sehr hilfreich eingestuft. An dieser Stelle gilt es zu prüfen, welche Daten im Unternehmen für die Auswertung zur Verfügung stehen. Aufbauend auf einer geeigneten Datengrundlage wird das Potenzial gesehen, den Mitarbeiter:innen und Managern im Unternehmen aufzeigen zu können, welche ihrer Handlungen und Entscheidungen einen großen Einfluss auf die Unternehmensziele haben. Als Folge können Prioritäten besser gesetzt oder Prozessverbesserungen angestoßen werden.

Auch die Sicht auf den Prozess in VR wird in der Befragung als positiv bewertet. Der größte Vorteil wird in dem erweiterten Blickfeld gesehen, wodurch eine Vielzahl von Prozessdaten und Informationen angezeigt werden können, ohne die Komplexität zu erhöhen.

## 6.2 Praxisbeispiel aus dem Hafenmanagement

Für die Evaluierung und Bewertung der Übersetzungsmethode an einem zweiten Praxisbeispiel wird das Informationssystem zwei Prozessdesigner:innen aus dem Qualitätsmanagement und Einkauf vorgestellt und anhand eines Beispielprozesses evaluiert. Die formulierten Herausforderungen, die die Prozessdesigner:innen in der täglichen Arbeit erleben sowie die dazu passenden Leitideen des Informationssystems, sind in Tabelle 11 aufgeführt.

*Tabelle 11: Ergebnisse aus der Befragung nach den Herausforderungen als Prozessdesigner:in*

<b>Herausforderungen</b>	<b>Einordnung in die Leitideen des Informationssystems</b>
Schnittstellenprobleme und -überwachung	Leitidee 1
Last- und Performance-Analyse von Prozessen	Leitidee 1
Mitarbeiterakzeptanz für Digitalisierung im Prozess	Leitidee 2

Die Überwachung der Schnittstellen zwischen funktionsübergreifenden Prozessen umfasst unter anderem die Analyse der genutzten IT-Systeme sowie die Koordination der Ein- und Ausgabedaten. Zudem bedarf es einer umfangreichen und aufwendigen Last- und Performance-Analyse der Prozesse, um mögliche Einsparungspotenziale zu erkennen. Dazu gehört bspw. die Erkennung von Bottlenecks, die durch manuelle Freigabeverfahren entstehen

oder die Detektion von Doppelarbeit. Die Doppelarbeit ist insbesondere dann schwierig zu erkennen, wenn diese in unterschiedlichen Prozessen ausgeführt wird. Eine weitere Herausforderung stellt die Umstellung von „offline“ zu „digitalen“ Prozessen dar. Dabei sehen die Interviewpartner:innen die größte Schwierigkeit in der fehlenden Akzeptanz der betroffenen Mitarbeiter:innen, die ihre Arbeitsweise anpassen müssen und teilweise Ängste vor den anstehenden Veränderungen haben.

### 6.2.1 Prüfung des Informationssystems am Beispielprozess zur Angebotseinholung

Im zweiten Praxisbeispiel wird der Prozess „Angebotseinholung durchführen“ (siehe Abbildung 52) aus der Branche Hafenmanagement simuliert.

Für den ausgewählten Prozess aus dem Einkauf kann die gleiche Büroumgebung wie im ersten Praxisbeispiel genutzt werden, siehe Abbildung 53. Somit müssen nur die Namen der Avatare und MoveTargets, wie in Kapitel 5.3 beschrieben, auf den neuen Prozess angepasst werden. In Abbildung 54 ist bspw. der Avatar „Sachbearbeiter:in“ dargestellt, der zu seinem Move Target „Sachbearbeiter:in“ geht, um die Aufgabe „Antwort an die Bieter schicken“ auszuführen.

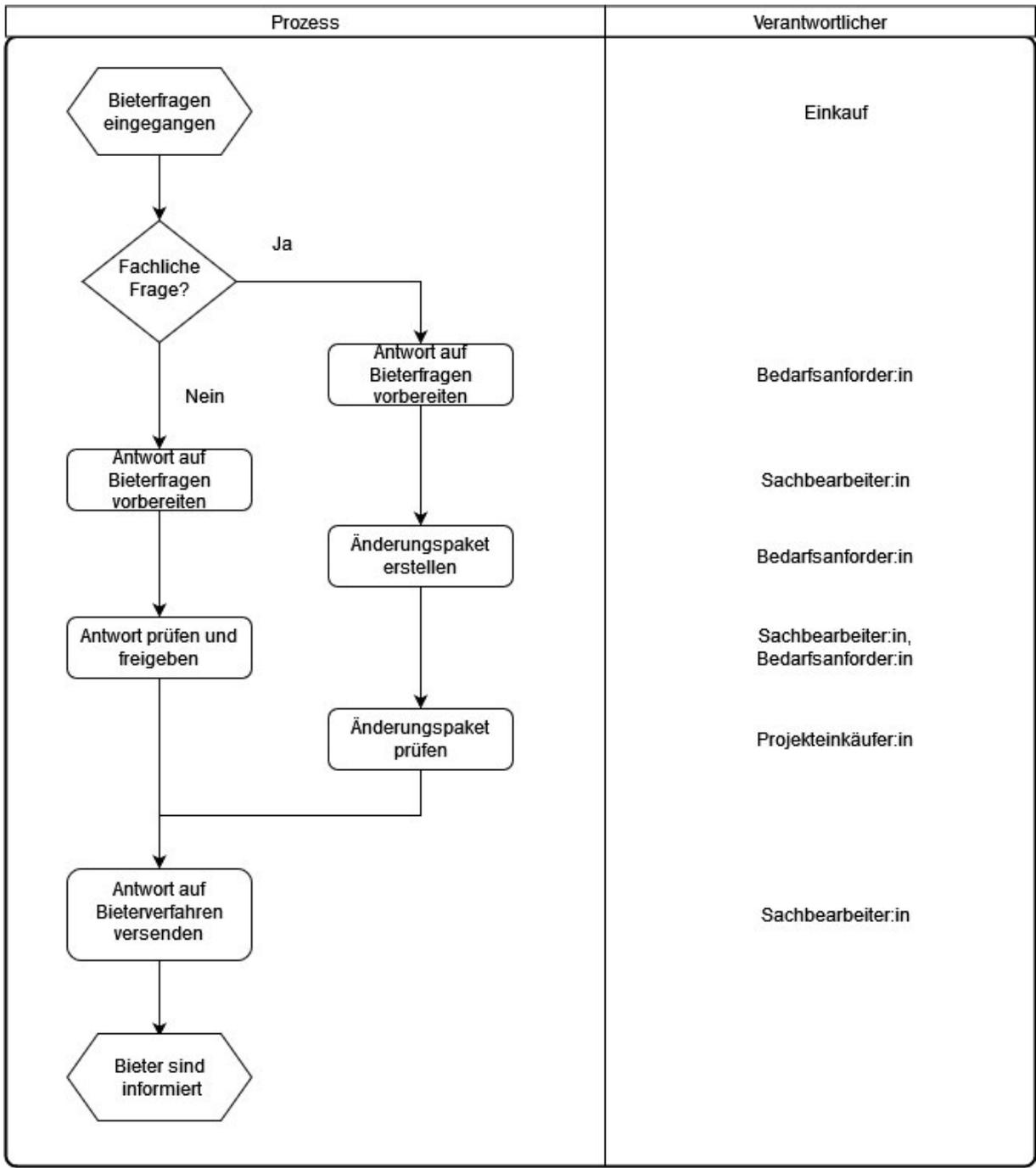


Abbildung 52: Beispielprozess „Angebotseinholung durchführen“



Abbildung 53: Simulationsumgebung für den zweiten Beispielprozess aus der Management-Sicht



Abbildung 54: Sachbearbeiter:in geht zum Schreibtisch, um die Antwort an die Bieter zu verschicken

Da die befragten Prozessdesigner:innen die größte Herausforderung in der Gewinnung der Mitarbeiterakzeptanz sehen, wird der ausgewählte Prozess sowohl in der gesamtheitlichen Management-Perspektive, als auch in der funktionalen Perspektive von den Prozessdesigner:innen durchlaufen. In der funktionalen Perspektive sitzen die Nutzer:innen des Informationssystems an einem Schreibtisch und können die Prozessbeschreibung zur Orientierung einblenden, siehe Abbildung 55 und Abbildung 56. Die zugewiesenen Aufgaben werden für die Bearbeitung auf den Bildschirmen der Nutzer:innen angezeigt.

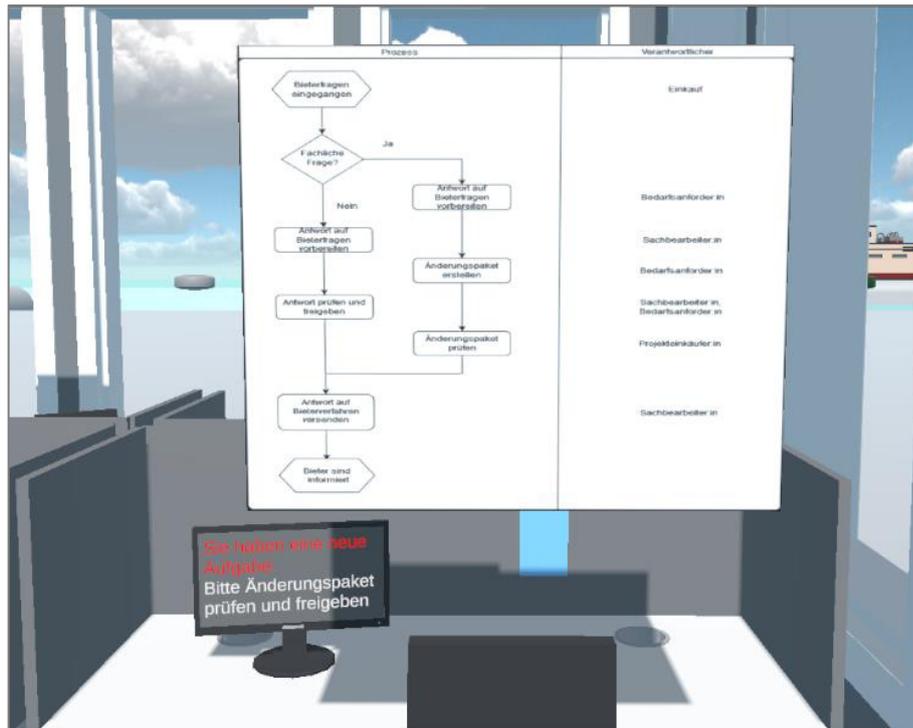


Abbildung 55: Funktionale Perspektive auf den Prozess „Angebotseinholung durchführen“



Abbildung 56: Funktionale Perspektive auf die Prozessausführung mit Avataren

## 6.2.2 Handlungsempfehlung mit KI am Beispiel der Digitalisierung

Die Handlungsempfehlung mit KI beim zweiten Praxisbeispiel ist dafür konzipiert, Unternehmen beim IT-Management zu unterstützen. Dafür muss der Agent mithilfe von RIL entscheiden, ob bzw. wie die IT-Landschaft durch die Einführung eines neuen IT-Systems optimiert werden soll.

Ein entscheidender Aspekt für die erfolgreiche Einführung neuer Technologien in Unternehmen und dem damit ausgelösten Change-Management ist die Bereitschaft

(Readiness) der Beschäftigten und der Organisation (Gronwald, 2020 S. 13). Im Kontext von Industrie 4.0 führt (Obermaier, 2019 S. 248) dafür die Bezeichnung „I4.0-Readiness“ ein, die angibt, inwieweit ein Supply-Chain-Netzwerk in der Lage ist, I4.0-Technologien erfolgreich zu nutzen. Die Beurteilung der I4.0-Readiness bzw. des Gesamtnutzwertes erfolgt dabei anhand einer quantitativen Kompass-Methode, bei der unterschiedliche Merkmalausprägungen des Supply-Chain-Netzwerks identifiziert, bewertet und zu einem Gesamtkompassausschlag aggregiert werden. Bezogen auf die Readiness im Unternehmen ergibt sich somit ein Zustandsraum  $s$  mit den Zuständen {hoch, gering}. Nach (Appelfeller, et al., 2018 S. S.31) kann die Integration von neuen IT-Systemen zudem unterschiedlich gestaltet werden: Zum einen können neue IT-Systeme über Schnittstellen mit den anderen genutzten Systemen im Prozess zum Datenaustausch verbunden werden. Zum anderen können isolierte IT-Systeme durch ein neues, integrierendes IT-System ersetzt werden. Diese Handlungsmöglichkeiten werden für den Agenten im Beispiel mit der Aktion erweitert, die bestehenden IT-Systeme beizubehalten bzw. nichts zu verändern. Damit ergeben sich in jedem Zeitschritt drei Aktionsmöglichkeiten für den Agenten {IT anpassen}, {IT ersetzen}, {IT nicht verändern}, siehe Abbildung 57.

Im gewählten Beispiel wird die Annahme getroffen, dass der Agent bzw. KMUs daran interessiert sind, möglichst wenig Veränderungen im Unternehmen auszulösen und den finanziellen Aufwand für neue Technologien gering zu halten. Die Aktion {IT nicht verändern} im Zustand {Readiness hoch} führt jedoch mit einer Wahrscheinlichkeit  $1-\alpha$  zu einer geringen Readiness, da die bestehenden Systeme mit neuen Lösungen irgendwann nicht mehr kompatibel sind. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Agent dennoch im Zustand {Readiness hoch} verbleibt  $\alpha$  und wird mit  $r_{\text{nicht verändern}}$  belohnt. Wählt der Agent im Zustand {Readiness hoch} hingegen die Aktion {IT anpassen} ist die Wahrscheinlichkeit 1, dass der Agent in seinem bisherigen Zustand verbleibt und wird mit  $r_{\text{anpassen}}$  belohnt.

Das Ersetzen der IT-Systeme führt aus jedem Zustand heraus mit einer Wahrscheinlichkeit 1 zum Zustand {Readiness hoch}. Da diese Aktion jedoch mit hohen Kosten verbunden ist, erhält der Agent für diese Aktion die geringste Belohnung  $r_{\text{anpassen}} > r_{\text{nicht verändern}} > r_{\text{ersetzen}}$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Agent mit einer geringen Readiness mit der Entscheidung {IT nicht verändern} im geringen Zustand verbleibt, ist 1 und wird mit  $r_{\text{nicht verändern}}$  belohnt. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Agent nach Anpassen des IT-Systems in den Zustand {Readiness hoch} wechselt, beträgt  $1-\beta$  und wird mit  $r_{\text{anpassen}}$  belohnt. Dementsprechend verbleibt der Agent mit einer Wahrscheinlichkeit  $\beta$  nach Anpassen des IT-Systems im geringen Zustand.

Die vorgestellte Umgebung wird, wie in Abbildung 58 aufgeführt, in die Liste „SaS\_Modell“ in Unity eingefügt. Die Zustände {Readiness hoch} und {Readiness gering} werden durch die Zustände „S1“ und „S2“ abgebildet. Die Aktionen {IT nicht verändern}, {IT ersetzen} und {IT anpassen} werden mit „nv“, „er“ und „an“ abgekürzt und mit der Kennung 1 und 2 für den entsprechenden Ausgangszustand versehen.

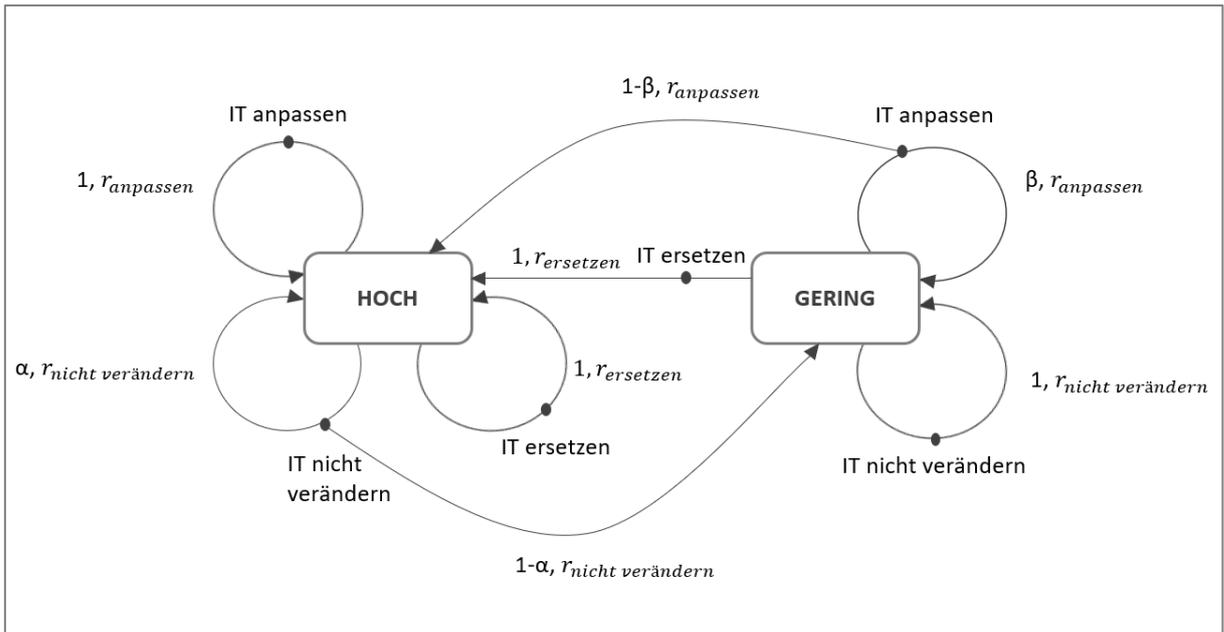


Abbildung 57: Transitionssystem für die Einführung und Anpassung von IT-Systemen in Anlehnung an (Appelfeller, et al., 2018 S. S.37) (eigene Darstellung)

```

Unity-Skript (1 Objektverweis) | 1 Verweis
public class RIL2 : MonoBehaviour
{
    public List<SaS_Agent> Experience = new List<SaS_Agent>();
    public List<SaS_Modell> Reward = new List<SaS_Modell>();

    string[] actions = { "nv", "er", "an" };
    string[] state = { "S1", "S2" };

    //Belohnungen
    int r_nv1 = 3;
    int r_nv2 = 0;
    int r_an1 = 4;
    int r_an2 = 1;
    int r_er = 0;

    //Epsilon
    int epsilon = 50;

    //Diskontierungsfaktor und Lernfaktor
    float gamma = 0.3f;
    float alpha = 0.3f;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        //Modell
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S1", a = "er", r = r_er, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S1", a = "an", r = r_an1, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S1", a = "nv", r = r_nv1, p = 0.6f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S1", End = "S2", a = "nv", r = r_nv1, p = 0.4f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S2", a = "nv", r = r_nv2, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S1", a = "er", r = r_er, p = 1.0f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S1", a = "an", r = r_an2, p = 0.6f });
        Reward.Add(new SaS_Modell() { Start = "S2", End = "S2", a = "an", r = r_an2, p = 0.4f });
    }
}

```

Abbildung 58: Umgebung für das Beispiel „Einführung und Anpassung von IT-Systemen“ in Unity

Nach 1.000 Zeitschritten hat der Agent die Umgebung vollständig erkundet, siehe Abbildung 59.

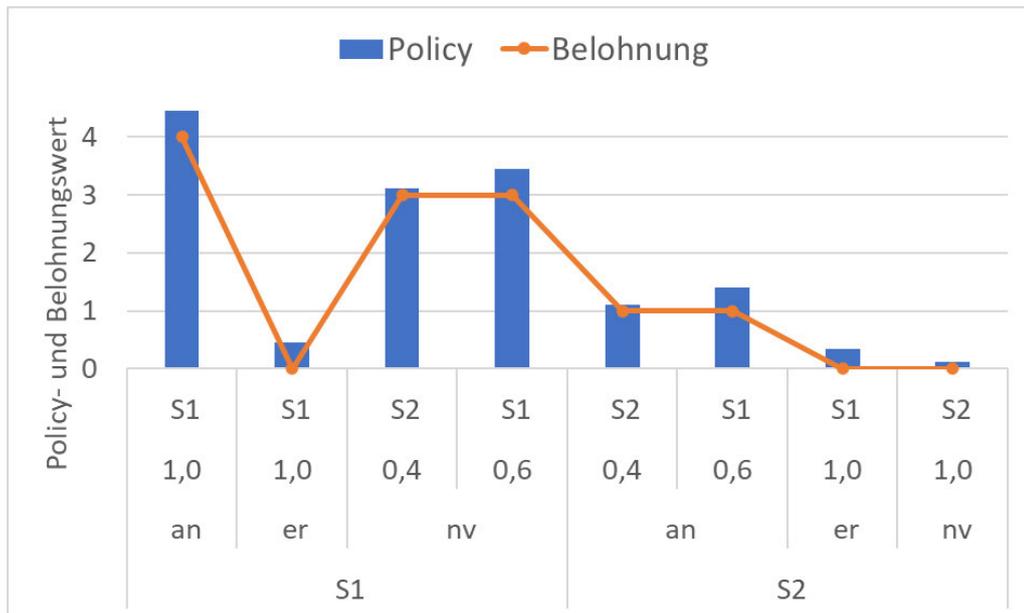


Abbildung 59: Erlernte Umgebung des Agenten nach 1.000 Zeitschritten und  $\alpha = \gamma = 0,1$

Zum Erlernen der besten Policy wechselt der Agent nach jedem Zeitschritt zufällig zwischen dem Explorations- und dem Exploitationsverhalten, siehe Abbildung 60. Auffällig ist, dass der Agent im Zustand S1 und S2 beim Exploitationsverhalten mit  $\alpha = \gamma = 0,3$  am häufigsten die Aktion „an“ wählt, wodurch er kurzfristig die größte Belohnung erhält. Beim Explorationsverhalten werden die Aktionen hingegen zufällig gewählt, wodurch die Anzahl der Ausführungen dicht beieinander liegt.

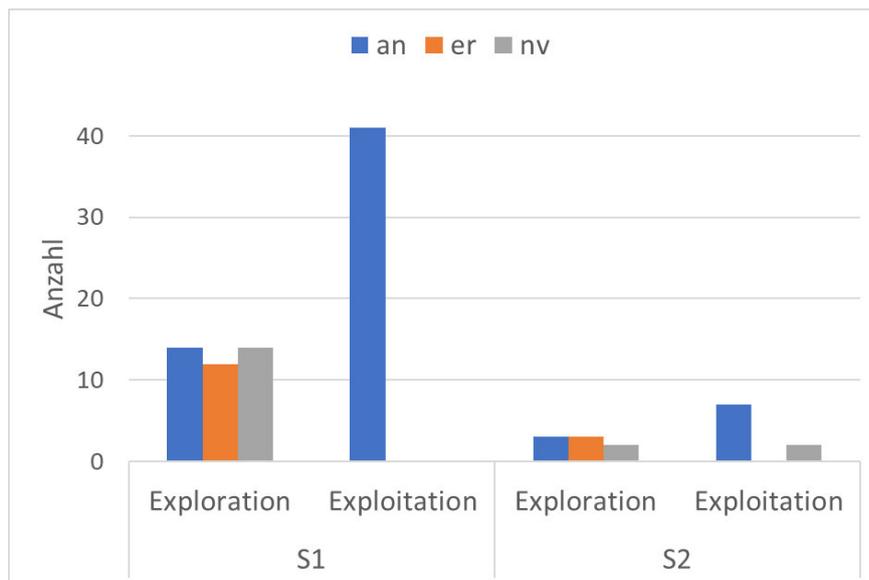


Abbildung 60: Explorations- und Exploitationsverhalten des Agenten bei  $\alpha = \gamma = 0,3$

Wird der Lernfaktor auf  $\alpha = 0,5$  gesetzt und der Diskontierungsfaktor von  $0 \leq \gamma \leq 0,9$  durchlaufen, ändert sich die Handlungsempfehlung des Agenten für den Zustand S2. Das liegt daran, dass der Agent mit einem hohen Diskontierungsfaktor  $\gamma$  weitsichtiger wird und somit auch die Aktion „er“ besser bewertet, um mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 in den Zustand S1 mit dem höheren Belohnungssystem zu kommen. Die berechneten Policies für den Ausgangszustand S2 bei einem Diskontierungsfaktor  $\gamma = 0,3$  und einem Diskontierungsfaktor  $\gamma = 0,5$  sind in Abbildung 61 für die unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten dargestellt.

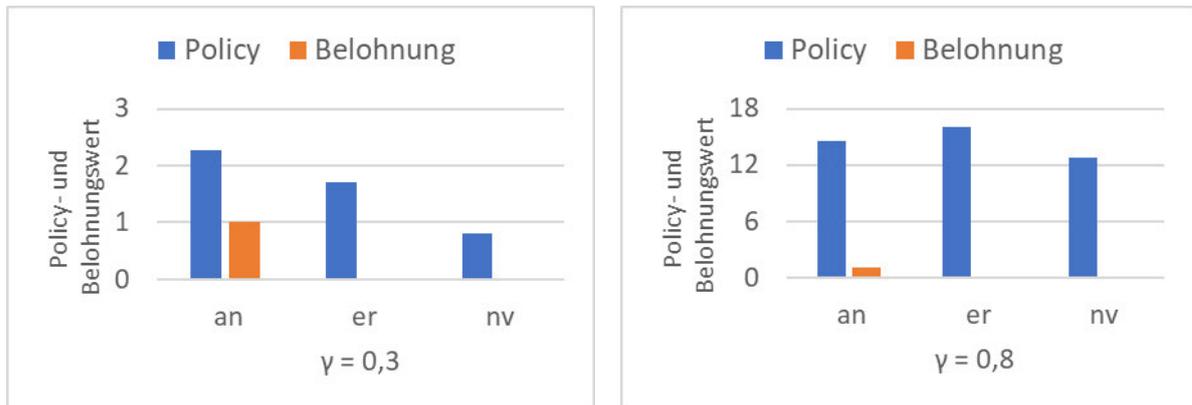


Abbildung 61: Policy für den Zustand S2 in Abhängigkeit vom Diskontierungsfaktor (Lernfaktor  $\alpha = 0,5$ )

### 6.2.3 Bewertung des zweiten Praxisbeispiels

Nach Vorstellung des Informationssystems werden die befragten Prozessdesigner:innen gebeten, das Potenzial zur Bewältigung der genannten Herausforderungen zu bewerten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Bewertung des Informationssystems anhand des zweiten Praxisbeispiels

Herausforderungen	Potenzial [Hoch, Mittel, Gering]
Schnittstellen	Hoch
Last- und Performance-Analyse	Hoch
Mitarbeiterakzeptanz	Hoch

Die Bewertung des zweiten Praxisbeispiels fällt insgesamt sehr gut aus. Als besonders wichtig für die Nutzung des Informationssystems wird das Potenzial zur Visualisierung der Last und Performance von Prozessen bewertet. Dafür müssen vor allem Bottlenecks oder Doppelarbeit visualisiert werden. Für Bottlenecks können bspw. die Wartezeiten für benötigte Freigaben angezeigt oder Datenstaus visualisiert werden. Für die Identifikation von Doppelarbeit wird

angeregt, unterschiedliche Zugriffe auf die gleichen Datenquellen kenntlich zu machen. Des Weiteren sehen die befragten Teilnehmer:innen ein hohes Potenzial im Informationssystem, um die Mitarbeiterakzeptanz bei Prozessveränderungen zu erhöhen. Dafür wird vor allem die Management-Perspektive zum Abbauen von Ängsten als hilfreich bewertet. Für die Mitarbeiter:in-Perspektive wird angeregt, die Sicht zum Erproben von neuen Prozessen durch mehrere Nutzer:innen im Informationssystem zu belassen. Der Nutzwert der Mitarbeiter:in-Perspektive wird dennoch etwas geringer bewertet, da die Mitarbeiter:innen i.d.R. mit den eigenen Aufgaben im Prozess vertraut sind und somit der Bedarf für die gesamtheitliche Prozesssicht höher ist. Für die Überwachung von Schnittstellen wird das Potenzial ebenfalls als hoch bewertet, da das Informationssystem die Möglichkeit bietet, verschiedene Prozesse parallel auszuführen und auch funktionsübergreifende Prozesse in ihrer Gesamtheit zu simulieren. Als wichtige Eingangsgrößen für die Simulation der parallel ablaufenden Prozesse wird die Ausführungsfrequenz sowie die Anzahl der zur Verfügung stehenden Mitarbeiter:innen genannt.

Neben der Bewältigung der genannten Herausforderungen ist das wichtigste Kriterium für die befragten Prozessdesigner:innen zur Nutzung des Informationssystems die Benutzerfreundlichkeit. Für eine erfolgreiche Nutzung des Informationssystems muss es somit möglich sein, Prozesse einfach hochzuladen und anpassen zu können. Zudem wird es als zwingend notwendig angesehen, neben den Bewegungsabläufen der Avatare auch die Datenströme und die IT-Systeme als 3D Objekte zu visualisieren.

Die Möglichkeit, KI-generierte Handlungsempfehlungen für Entscheidungen zu erhalten, wird positiv bewertet. Ein großer Vorteil wird im vorgestellten Beispiel darin gesehen, dass vorliegende Informationen und Auswertungen wie bspw. die Höhe der „Readiness“ besser in die Entscheidungsprozesse der Unternehmen eingebunden werden können.

In der Sichtweise mit VR auf den Prozess wird das erweiterte Blickfeld als positiv bewertet. Für die VR-Sicht wird angeregt, die Systemleitungen für die Datenströme an der Decke der Büroumgebung abzubilden und somit das System nicht mit Informationen zu überladen.

## 6.3 Darstellung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Übersetzungsmethode von modellbasierten Geschäftsprozessen in die 3D Simulationsumgebung dargestellt. Dafür werden zunächst die technischen Anforderungen bewertet, die sich aus der Nutzerstudie für die Übersetzung ergeben. Anschließend werden die Ergebnisse der Praxisbeispiele zusammengefasst. Es folgt die abschließende Bewertung der Übersetzungsmethode.

### 6.3.1 Bewertung der technischen Anforderungen

Für die Bewertung der Übersetzungsmethodik werden zunächst die ausgewählten technischen Anforderungen aus der Nutzerstudie betrachtet und nach Erfüllungsgrad bewertet, siehe Tabelle 13.

Tabelle 13: Bewertung der Anforderungen aus der Nutzerstudie

Anforderungen	Erfüllt	Nicht erfüllt
Visualisierung der Kommunikationswege	X	
Anzeige des Ausführungsstatus	X	
Verschiedene Modellierungssprachen	X	
Datenanalyse	X	
Parallele Prozessausführung	X	
Realitätsnahe 3D Umgebung	X	
Live-Daten	X	
Interaktive Prozessausführung	X	

Bei der Konzeptionierung und Entwicklung der Übersetzungsmethode wurden alle ausgewählten Anforderungen aus der Nutzerstudie erfüllt.

Die Visualisierung der direkten und indirekten Kommunikationswege wird über die Handlungsausführungen der Avatare sowie über Textfelder für die genutzten IT-Systeme in der Simulation umgesetzt. Da die Logik der Prozessausführung in der Process Engine der Modellierungssoftware verbleibt, kann diese einfach in die Simulation eingebunden werden. Die Nutzung verschiedener Modellierungssprachen ist dadurch gewährleistet, dass nur die übergreifenden, notwendigen Attribute der Prozessmodelle in die Simulation übersetzt werden, die für die Darstellung der systemischen und organisatorischen Zusammenhänge und Wechselwirkungen relevant sind. Durch Speichern und Ausgabe der Prozessdaten als Logdatei können zudem Datenanalysen im Informationssystem eingebunden oder über externe Systeme ausgeführt werden. Die parallele Prozessausführung wird über das Gateway der Process Engine Zeebe geregelt, auf die der Job Worker für neue Aufgaben zugreift. Zudem werden beim Starten des Programms über einen API-Client die aktuellen Prozessmodelle deployed und gestartet, wodurch eine lebendige Schnittstelle sichergestellt ist. Die realitätsnahe Simulationsumgebung wurde mit der Spiel-Engine Unity durch die Nachbildung eines Bürogebäudes mit passendem Inventar und Avataren realisiert. Die Interaktivität in der Prozessausführung ist durch die Kennung „Return“ gewährleistet, mit der die Avatare oder Nutzer:innen Einfluss auf die weitere Prozessausführung nehmen können.

### 6.3.2 Zusammenfassende Bewertung der Praxisbeispiele

Das Potenzial für das Informationssystem wurden von allen befragten Teilnehmer:innen der Praxisbeispiele als insgesamt hoch eingestuft. Die aufgestellten Leitideen wurden dafür anhand von konkreten Herausforderungen in einem KMU sowie im Prozessdesign und im Prozessmanagement bewertet. Die Ergebnisse der Bewertung fallen sowohl für die Erkennung der systemischen und organisatorischen Zusammenhänge und Wechselwirkungen als auch

für die Unterstützung der Beschäftigten im Kontext der Digitalisierung gut aus. Dabei wird vor allem die gesamtheitliche Management-Perspektive und das erweiterte Sichtfeld mit VR als positiv bewertet.

Des Weiteren wurde der Einsatz von RIL für die Bereitstellung von Handlungsempfehlungen für die Beschäftigten in KMUs untersucht. Der im Modell vorgestellte Q-Learning-Algorithmus eignet sich dabei für kleine Zustands- und Aktionsräume. Für die Anwendung der betrachteten Modelle auf realweltliche Situationen, die weitere Aktionen und Zustände beinhalten, muss dementsprechend auf die Leistungsfähigkeit weiterer Lernverfahren zurückgegriffen werden (Sterzel, 2022 S. 143). Die Bewertung der zwei betrachteten Praxisbeispiele fällt dahingehend gut aus, dass den Beschäftigten mögliche Auswirkungen ihrer Handlungen und Entscheidungen verdeutlicht werden können. Generell gilt es dafür in weiteren Untersuchungen zu klären, welche Daten in KMUs für Anwendungen dieser Art zur Verfügung stehen.

### 6.3.3 Abschließende Bewertung der Übersetzungsmethode

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Konzeptionierung und Entwicklung einer Methode, nach der grafisch modellierte Geschäftsprozesse in eine 3D Umgebung übersetzt und simuliert werden können. Des Weiteren wurde anhand von zwei Praxisbeispielen untersucht, inwieweit der Einsatz von VR und KI zu einem besseren Verständnis von komplexen Prozessabläufen beitragen kann. Damit sind die Ziele der Arbeit aus Kapitel 1.1 erfüllt.

Die abschließende Bewertung der Übersetzungsmethode von Geschäftsmodellen in eine 3D Simulationsumgebung mit VR und KI-Optimierung durch die befragten Teilnehmer:innen fällt sehr gut aus. Die aufgestellten technischen Anforderungen aus der Nutzerstudie wurden bei der Konzeptionierung und Entwicklung berücksichtigt und umgesetzt. Zudem wurde der Bedarf und das Potenzial vom Informationssystem von allen befragten Teilnehmer:innen erkannt und bestätigt. Für zusätzliche Studien wird somit im Anschluss dieser Arbeit die Erstellung eines erweiterten Prototyps empfohlen, bei dem auch die Übersetzung der weiteren Systemelemente, IT-Systeme, Organisation und Standorte konzeptionell eingebunden und getestet werden.

## 7. Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methode zur Übersetzung von Geschäftsmodellen in eine 3D Simulationsumgebung konzeptioniert und entwickelt, die KMUs bei der Bewältigung der ausgelösten Herausforderungen durch die Digitalisierung unterstützen soll. Dafür wurden anhand einer umfangreichen Literaturrecherche die aktuellen Problemstellungen von KMUs im Kontext der Digitalisierung herausgearbeitet und zwei Leitideen für die Lösung dieser Problemstellungen mit einem ST-Informationssystem abgeleitet. Des Weiteren wurden mit einer Nutzerstudie die technischen Anforderungen an die Übersetzungsmethode mit VR und KI-Optimierung aufgenommen und in der konzeptionellen und technischen Umsetzung berücksichtigt.

Die Evaluierung und Bewertung der Simulationsumgebung für Geschäftsprozesse wurde anhand von zwei Praxisbeispielen aus dem Maschinenbau und dem Hafenmanagement durchgeführt. Dafür wurden zum einen die aktuellen Herausforderungen des KMUs aus dem Maschinenbau und zum anderen die aktuellen Herausforderungen von zwei Prozessdesigner:innen als Bewertungskriterien herangezogen. Das Potenzial des ST-Informationssystems zur Verbesserung des Verständnisses der systemischen und organisatorischen Zusammenhänge von Prozessen sowie die Erhöhung der Mitarbeiterakzeptanz für Veränderungen wurde in beiden Praxisbeispielen bestätigt.

Als Ausblick dieser Arbeit wird empfohlen, das ST-Informationssystem durch die konzeptionelle Einbindung der Systemelemente IT-Systeme, Organisation und Unternehmensstandorte zu erweitern. Insbesondere die Visualisierung der genutzten IT-Systeme und Datenströme als animierte 3D Objekte ist von allen befragten Teilnehmer:innen der Praxisbeispiele gefordert worden. Für die Erhöhung der Nutzerfreundlichkeit bedarf es zudem eines Template zum automatisierten Einlesen der prozessverantwortlichen Berufsbezeichnungen. Auch die Möglichkeit, die Prozesse während der Ausführung über innovative Technologien wie ChatGPT zu steuern, kann zu einem höheren Nutzwert des Informationssystems beitragen.

Insgesamt wurde das Potenzial des ST-Informationssystems mit VR und KI-Optimierung zur Unterstützung von KMUs bei der Digitalisierung von allen befragten Teilnehmer:innen der Praxisbeispiele als hoch eingestuft. Im Anschluss an diese Arbeit gilt es somit, das ST-Informationssystem weiter auszugestalten und den Nutzen für die Industrie anhand einer empirischen Studie mit weiteren Praxisbeispielen zu bestätigen.

## 8. Literaturverzeichnis

**5Minds** Process-Engine.io [Online]. - 2022. - 23. 11 2022. - <https://www.process-engine.io/docs/getting-started/>.

**Abdul B.M. [et al.]** UBBA: Unity Based BPMN Animator [Artikel] // Information Systems Engineering in Responsible Information Systems. CAISE 2019.. - [s.l.] : Springer Nature Switzerland AG, 23. 05 2019. - S. S. 1-9.

**Al-Ali H. [et al.]** A composite machine-learning-based framework for supporting low-level event logs to high-level business process model activities [Online]. - 27. 09 2019. - <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-019-04385-6>.

**Appelfeller Wieland und Feldmann Carsten** Die digitale Transformation des Unternehmens: Systematischer Leitfaden mit zehn Elementen zur Strukturierung und Reifegradmessung [Buch]. - Berlin : Springer Gabler, 2018.

**APRODI** Betriebliche Digitalisierung erfolgreich gestalten: Sozialpartnerschaftliche Orientierung für ein partizipatives soziotechnisches Vorgehe [Praxisbroschüre]. - Eschborn : RKW Kompetenzzentrum, 2021.

**Aysolmaz Banu und Reijers Hajo A.** Animation as a dynamic visualization technique for improving process [Online]. - 2021. - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720621000525?via%3Dihub>.

**Bauer Wilhelm [et al.]** Arbeit in der digitalisierten Welt [Buch]. - Berlin : Springer Vieweg, 2021.

**Becker Jörg, Kugeler Martin und Roseman Michael** Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung [Buch]. - Berlin Heidelberg : Springer Gabler, 2012. - Bd. 7. Auflage.

**Becker Jörg, Mathas Christoph und Winkelmann Axel** Geschäftsprozessmanagement [Buch]. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag , 2009.

**Bernd Rücker** Drafting Your Camunda Cloud Architecture: Connecting The Workflow Engine With Your World [Online]. - 20. 04 2021. - 01. 05 2023. - <https://blog.bernd-ruecker.com/drafting-your-camunda-cloud-architecture-connecting-the-workflow-engine-with-your-world-3d94e8d404d6>.

- Betz Stefanie [et al.]** 3D Representation of Business Process Model [Online]. - Januar 2008. -  
[https://www.researchgate.net/publication/221149465\\_3D\\_Representation\\_of\\_Business\\_Process\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/221149465_3D_Representation_of_Business_Process_Models).
- BMWK** „Digital Jetzt“ – Neue Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands [Online]. - 2022. - <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html>.
- Boos Wolfgang, Völker Magdalena und Schuh Günther** Grundlagen des Managements produzierender Unternehmen [Buchabschnitt] // Strategie und Management produzierender Unternehmen: Handbuch Produktion und Management 1 / Buchverf. Schuh Günther und Kampker Achim. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2011. - Bd. 2. Auflage.
- Bosse Christian K. [et al.]** Digitalisierung im Mittelstand erfolgreich gestalten [Buchabschnitt] // Arbeit 4.0 im Mittelstand: Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KM / Buchverf. Christian K. Bosse und Klaus J. Zink. - Berlin : Springer Gabler, 2019.
- BPMB-Offensive** BPMNPoster [Online]. - 2011. - 20. 12 2022. - [http://www.bpmb.de/images/BPMN2\\_0\\_Poster\\_DE.pdf](http://www.bpmb.de/images/BPMN2_0_Poster_DE.pdf).
- CAMUNDA** Camunda Platform 8 Docs [Online]. - 01. 02 2023. - <https://docs.camunda.io/docs/next/components/zeebe/technical-concepts/architecture/>.
- CAMUNDA** Creating a 3D renderer for BPMN [Online]. - 13. 12 2022. - <https://camunda.com/blog/2018/02/creating-a-3d-renderer/>.
- Deflorin Patricia, Scherer Maike und Eberhardt Niklas** Digitale Intensität und Management der Transformation [Buchabschnitt] // Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices / Buchverf. Schallmo Daniel R.A. [et al.]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2021. - Bd. 2. Auflage.
- digicomp** Die Möglichkeiten und Stärken von BPMN (Business Process Model and Notation) [Online]. - 02. 04 2023. - <https://www.digicomp.ch/blog/2017/05/26/bpmn-business-process-model-and-notation-moeglichkeiten-und-starken>.
- Gadatsch Andreas** Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen [Buch]. - Wiesbaden : Springer Vieweg, 2017. - Bd. 8. Auflage.

**Gräßler Iris und Oleff Christian** Systems Engineering: Verstehen und industriell umsetzen [Buch]. - Berlin : Springer Vieweg, 2022.

**Gronwald Klaus-Dieter** Integrierte Business-Informationssysteme: Ganzheitliche, geschäftsprozessorientierte Sicht auf die vernetzte Unternehmensprozesskette ERP, SCM, CRM, BI, Big Data Analytics [Buch]. - Berlin : Springer Vieweg, 2020. - Bd. 3. Auflage.

**Hamann Karin [et al.]** LERNEN MIT VIRTUAL UND AUGMENTED REALITY: Arbeitspapier im Rahmen des Projekts [Online]. - Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 09 2020. - 03. 04 2023. - [https://www.transwork.de/wp-content/uploads/2021/03/Hamann-et-al\\_2020\\_Arbeitspapier\\_LernenmitVRAR.pdf](https://www.transwork.de/wp-content/uploads/2021/03/Hamann-et-al_2020_Arbeitspapier_LernenmitVRAR.pdf).

**Held Gabriele [et al.]** Arbeits- und prozessorientierte Digitalisierung: Praxisbeispiele und Gestaltungslösungen aus dem BMBF-Förderschwerpunkt [Buchabschnitt] // Arbeit in der digitalisierten Welt / Buchverf. Bauer Wilhelm [et al.]. - Berlin : Springer Vieweg, 2021.

**Hellge Viola [et al.]** Die Einführung eines ERP-/PLM-Systems in den frühen Phasen der digitalen Transformation erfolgreich vorbereiten [Buchabschnitt] // Arbeit 4.0 im Mittelstand / Buchverf. Bosse Christian K. und Zink Klaus J.. - Berlin : Springer Gabler, 2019.

**Herter Johannes** Eine Methode zur Unterstützung der disziplinübergreifenden Zusammenarbeit in der Produktentwicklung auf Grundlage einer integrierten Visualisierung konzeptioneller Modelle [Online]. - Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2017. - 18. 02 2023. - <https://doi.org/10.5445/KSP/1000060573>.

**ISO** ISO Survey of certifications to management system standards - Full results [Online]. - International Organization for Standardization (ISO). - 28. 04 2023. - <https://www.iso.org/committee/54998.html?t=KomURwikWDLiuB1P1c7SjLMLEAgXOA7emZHKGWyn8f3KQUTU3m287NxnPA3Dluxm&view=documents#section-isodocuments-top>.

**Kampker Achim, Schuh Günther und Schittney Bastian** Unternehmensstruktur [Buchabschnitt] // Strategie und Management produzierender Unternehmen: Handbuch Produktion und Management 1 / Buchverf. Schuh Günther und Kampker Achim. - Berlin Heidelberg : [s.n.], 2011. - Bde. Springer-Verlag.

**Kloos Oliver** Generierung von Simulationsmodellen auf der Grundlage von Prozessmodellen [Disseratation]. - Ilmenau : Universitätsverlag Ilmenau ; Universitätsverlag Ilmenau, 2014.

**Klotz Ute** Zukunft der Arbeit [Buchabschnitt] // Digitalisierung in Unternehmen: Von den theoretischen Ansätzen zur praktischen Umsetzung / Buchverf. Barton Thomas, Müller Christian und Seel Christian. - Wiesbaden : Springer Vieweg, 2018.

**Laue Ralf, Koschmider Agnes und Fahland Dirk** Prozessmanagement und Process-Mining [Buch]. - Berlin/Boston : Walter de Gruyter GmbH, 2021.

**Leyer Michael [et al.]** Process training for industrial organisations using 3D environments [Online]. - 09. 11 2020. - <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103346>.

**Lorenz Uwe** Reinforcement Learning: Aktuelle Ansätze verstehen - mit Beispielen in Java und Greenfoot [Buch]. - Berlin : Springer-Verlag, 2020.

**Neuburger R. und Fiedler M.** Zukunft der Arbeit – Implikationen und Herausforderungen durch autonome Informationssysteme [Artikel] // Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. - [s.l.] : Springer, 2020. - 72. - S. 343-369.

**Neumann Stefan, Rosemann Michael und Schwegmann Ansgar** Simulation von Geschäftsprozesse [Buchabschnitt] // Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung / Buchverf. Becker Jörg, Kugeler Martin und Rosemann Michael. - Heidelberg Berlin : Springer Gabler, 2012. - Bd. 7. Auflage.

**North Klaus** Wissensorientierte Unternehmensführung: Wissensmanagement gestalten [Buch]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2016. - Bd. 6. Auflage.

**Obermaier Robert** Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation [Buch]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2019.

**Peters Ralf und Nauroth Markus** Process-Mining: Geschäftsprozesse: smart, schnell und einfach [Buch]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2019.

**Pöhler Ludger [et al.]** Enabling Collaborative Business Process Elicitation in Virtual Environments [Buchabschnitt] // Business Modeling and Software Design / Buchverf. Shishokov Boris. - Cham : Springer, 2020.

**Poppe Erik [et al.]** Improving Remote Collaborative Process Modelling using Embodiment in 3D Virtual Environments [Online]. - Januar 2013. - 01. 12 2022. - [https://www.researchgate.net/publication/258100550\\_Improving\\_Remote\\_Collaborative\\_Process\\_Modelling\\_using\\_Embodiment\\_in\\_3D\\_Virtual\\_Environments](https://www.researchgate.net/publication/258100550_Improving_Remote_Collaborative_Process_Modelling_using_Embodiment_in_3D_Virtual_Environments).

**Pros** PROcesses & Services Lab [Online]. - 2022. - 17. 11 2022. - <http://pros.unicam.it/ubba/>.

**Rolf Benjamin [et al.]** Simulationsmodell mit 3D-Animation zur schnellen Bewertung von Ablaufplänen in der Produktion. - Göttingen : Cuvillier Verlag, 2021.

**Rosemann Michael, Schwegmann Ansgar und Delfmann Patrick** Vorbereitung der Prozessmodellierung [Buchabschnitt] // Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung / Buchverf. Becker Jörg, Kugeler Martin und Rosemann Michael. - Berlin Heidelberg : Springer Gabler, 2012. - Bd. 7. Auflage.

**Schallmo Daniel R.A. [et al.]** Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practice [Buch]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2021. - Bd. 2. Auflage.

**Schallmo Daniel R.A. und Rusnjak Andreas** Roadmap zur Digitalen Transformation von Geschäftsmodellen [Buchabschnitt] // Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practice / Buchverf. Schallmo Daniel R.A. [et al.]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2021. - Bd. 2. Auflage.

**Schellinger Jochen und Janosch Bänziger** Agiles Human Resource Management [Buchabschnitt] // Resilienz durch Organisationsentwicklung / Buchverf. Schellinger Jochen, Tokarski Kim Oliver und Kissling-Näf Ingrid. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2022.

**Schnalzer Kathrin [et al.]** TransWork - Transformation der Arbeit durch Digitalisierung [Buchabschnitt] // Arbeit in der digitalisierten Welt: Übersicht über den BMBF-Förderschwerpunkt / Buchverf. Bauer Wilhelm [et al.]. - Berlin : Springer Vieweg, 2021.

**Schuh Günther und Kampker Achim** Strategie und Management produzierender Unternehmen: Handbuch Produktion und Management 1 [Buch]. - Berlin Heidelberg : [s.n.], 2011. - Bde. Springer-Verlag.

**Schwenk Manfred** Die Anmaßung von Wissen oder weshalb Unternehmen mit ERP-Systemen immer wieder in dieselben Denkfallen tappen [HMD]. - Wiesbaden : Springer, 2017. - Bd. 55.

**Sterzel Martin** Effectuation entwickeln: Ein auf Reinforcement Learning aufbauender agentenbasierter Modellierungsbeitrag zur Formalisierung unternehmerischen Verhaltens [Dissertation]. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2022.

**Stotz Ines** konstruktions praxis [Online] // Wie 3D-Simulation die Fertigungsplanung vereinfacht. - 21. 10 2021. - 10. 01 2023. - <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/wie-3d-simulation-die-fertigungsplanung-vereinfacht-a-1067110/>.

**Thomas Voit** Gamification als Change-Management-Methode im Prozessmanagement [Buchabschnitt] // Gamification und Serious Games / Buchverf. Strahinger Susanne und Leyh Christian. - Wiesbaden : Springer Vieweg, 2017.

**Tokarski Kim Oliver, Kissling-Näf Ingrid und Jochen Schellinger** Resilienz und Organisationsentwicklung [Buchabschnitt] // Resilienz durch Organisationsentwicklung: Forschung und Praxis / Buchverf. Schellinger Jochen, Tokarski Kim Oliver und Kissling-Näf Ingrid. - Wiesbaden : Springer Gabler, 2022.

**Wetzel Manuel und Koschmider Agnes** Entwicklung einer VR-Umgebung zur Exploration von Process-Mining [Online]. - 14. Dezember 2021. - 04. 12 2022. - <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00827-8>.

**Wittpahl Prof. Dr. Volker** Künstliche Intelligenz [Buch]. - Berlin : Springer Vieweg, 2019.

**Wynn M.T. [et al.]** ProcessProfiler3D: A visualisation framework for log-based process performance comparison [Online]. - August 2017. - 01. 12 2022. - <https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.04.004>.

**Zai Alexander und Brown Brandon** Einstieg in Deep Reinforcement Learning: KI-Agenten mit Python und PyTorch programmieren [Buch]. - München : Carl Hanser Verlag, 2020.

**Zender Raphael [et al.]** Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? [Online]. - Fraunhofer, 2018. - 03. 04 2023. - [https://ceur-ws.org/Vol-2250/WS\\_VRAR\\_paper5.pdf](https://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf).

**Zühlke Karin** elektroniknet.de [Online]. - 20. 05 2014. - 10. 01 2023. - <https://www.elektroniknet.de/elektronikfertigung/strategien-trends/3d-simulation-soll-kein-privileg-grosser-unternehmen-sein.108997.html>.

## 9. Anhang

Name	Funktion
J. Hildebrand	Fertigungsingenieur:in
N. Ballauf	Grafikdesigner:in für 3D Simulationen
F. Jäger	CEO für Softwarelösungen
D. Petzold	Prozessdesigner:in
V. Möller	Prozessdesigner:in

Funktion	User Story	Referenz
<b>3D Abbildung der ursprünglichen Modellierungssprache</b>	Als Betrachter möchte ich den modellierten Geschäftsprozess in 3D einsehen können. Dabei sollen alle "Aktivitäten", "Gateways" und Sequenzflüsse in ihrer charakteristischen Semantik mit Symbolen abgebildet sein.	(Betz, et al., 2008)
<b>Modellierungssprache wird von Avataren abgelaufen</b>	Als Betrachter möchte ich den modellierten Geschäftsprozess als Avatar durchlaufen können. Dabei sollen alle "Aktivitäten" und "Gateways" durch realitätsnahe Elemente wie bspw. einem Briefkasten veranschaulicht werden.	(Abdul, et al., 2019)
<b>3D Animation aus Token-Sicht</b>	Als User möchte ich den modellierten Geschäftsprozess in 3D aus Sicht eines Tokens durchlaufen. Der Sequenzfluss stellt dabei bspw. ein Tunnel dar und führt zu Räumen in Formen von Rechtecken (Aktivitäten) und Rauten (Gateways).	(CAMUNDA)
<b>Avatar-Sicht auf den Prozess</b>	Als User möchte ich die "Aktivitäten" des Geschäftsprozess in einer 3D Welt praxisnah nachvollziehen können. Bei einer Aktivität "Mail schreiben" möchte ich bspw. aus Sicht eines Avatars am Schreibtisch sitzen und eine Mail schreiben.	(Leyer, et al., 2020)
<b>Interaktive Prozessausführung</b>	Für Trainingszwecke möchte ich als User in dem Prozess eingebunden sein und durch bspw. "Button-Klicks" den Prozessdurchlauf an Gateways beeinflussen können.	(Leyer, et al., 2020) (Abdul, et al., 2019) (CAMUNDA)
<b>Bearbeitung in VR</b>	Als User möchte ich die Prozesse in VR durchlaufen und bearbeiten können.	Erweiterung
<b>Live-Daten</b>	Als User möchte ich immer auf aktuelle Daten zugreifen, ohne diese vorm Start hochladen zu müssen („Lebendige“ Schnittstelle).	Erweiterung

<b>Datenanzeige auf Aktivitätsinstanzebene</b>	Als User möchte ich die Laufzeiten aller Aktivitäten der einzelnen Prozessinstanzen einsehen können. Übergeordnete Prozessdaten (Durchlaufzeit) von Prozessinstanzen reichen nicht aus.	(Wynn, et al., 2017)
<b>Realitätsnahe 3D-Umgebung</b>	Als Betrachter möchte ich die Ausführung der Prozesse in einer realitätsnahen Umgebung, bspw. in einem Büro mit Schreibtischen oder in Meetingräumen verfolgen. Ich möchte auf keinen Fall einen ungestalteten bspw. schwarzen Hintergrund sehen.	(Leyer, et al., 2020)
<b>Modularität</b>	Als User möchte ich die Simulationsplattform mit anderen Systemen koppeln können. Dafür sollen für alle Ein- und Ausgabedaten Schnittstellen mit denormalisierten Daten zur Verfügung stehen.	Erweiterung
<b>Verschiedene Modellierungssprachen</b>	Als User möchte ich die Simulationsplattform für unterschiedliche Modellsprachen nutzen können. Eine Modellsprache wie bspw. BPMN oder EPK reicht mir langfristig nicht aus.	Erweiterung
<b>Kommentarfelder</b>	Als User möchte ich während der Prozessausführung Kommentare in Kommentarfelder speichern können, die im entsprechenden Event-Logs für spätere Analysen gespeichert werden.	Erweiterung
<b>Parallele Ausführung von veränderten Prozessinstanzen</b>	Als User möchte ich die aktuelle Prozessinstanz im Vergleich zu einer optimierten Prozessinstanz in 3D abspielen können, um die Unterschiede sichtbar zu machen.	In Anlehnung an (Wynn, et al., 2017)
<b>Anzeige des Ausführungsstatus der Process Engine</b>	Als Betrachter möchte ich das animierte 2D Modell in der 3D Simulation sehen. Die Prozessausführung soll dabei parallel ablaufen und mir somit zeigen an welcher Stelle im Modell ich mich gerade befinde.	Erweiterung
<b>Parallele Prozessausführung verschiedener Prozesse</b>	Als User möchte mehrere Prozessinstanzen gleichzeitig ausführen können, um somit die Wirkzusammenhänge der Prozesse zu visualisieren.	Erweiterung
<b>KI-basierte Ressourcenplanung</b>	Als User möchte ich bei der Ressourcenplanung durch eine KI-basierte Nutzung der vorhandenen Organisations- und IT-Struktur unterstützt werden.	Erweiterung
<b>KI-generierte Handlungsempfehlung</b>	Als User möchte ich KI-basierte Handlungsempfehlungen für die weitere Prozessausführung erhalten.	Erweiterung
<b>Datenanalyse</b>	Als User möchte ich eine automatisierte Auswertung der Prozessdaten und Aktivitäten bspw. anhand der kürzesten Durchlaufzeit oder der Häufigkeit des Auftretens zur Verfügung gestellt bekommen.	Erweiterung
<b>Visualisierung der Kommunikationswege</b>	Als Betrachter möchte ich eine gute Sichtbarkeit auf die genutzten IT-Systeme sowie der benötigten indirekten und direkten Kommunikationswege haben.	Erweiterung



## Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

### Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Hildebrand

Vorname: Ina Maria

dass ich die vorliegende -bitte auswählen- bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Konzeptionierung und Entwicklung einer Übersetzungsmethode von Geschäftsmodellen in eine 3D Simulationsumgebung mit VR und KI-Optimierung

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

*- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -*

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Bargteheide

08.05.2023

Ort

Datum

Unterschrift im Original