

Methodik zur Automatisierung von Geschäftsprozessen mithilfe von Robotic Process Automation und Künstlicher Intelligenz

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)

von der KIT-Fakultät für Maschinenbau des
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)
angenommene

DISSERTATION

von

M. Sc. Simon Kreuzwieser

Tag der mündlichen Prüfung: 08.05.2026

Hauptreferent: Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jivka Ovtcharova

Korreferent: Prof. Dr. Rebecca Bulander

Kurzfassung

Die fortschreitende Digitalisierung und steigende Komplexität von Geschäftsprozessen stellen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen sowie Organisationen des Öffentlichen Sektors vor erhebliche Herausforderungen. Trotz des hohen Automatisierungspotenzials computerbasierter Tätigkeiten scheitern viele Automatisierungsinitiativen an einer ungeeigneten Prozessauswahl, fehlender methodischer Vorgehensweise oder einer unangemessenen Automatisierungstiefe. Gleichzeitig fehlt es in der wissenschaftlichen Literatur an einer praxisorientierten, validierten Methodik, die Organisationen systematisch bei der Planung, Umsetzung und Weiterentwicklung von Automatisierungsprojekten unter Einbezug von Robotic Process Automation (RPA) und Künstlicher Intelligenz (KI) unterstützt.

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, eine ganzheitliche und praxisnahe Methodik zur Automatisierung von Geschäftsprozessen zu entwickeln. Die Methodik adressiert die systematische Identifikation geeigneter Prozesse, die Bestimmung einer angemessenen Automatisierungstiefe, die Bewertung von Zeit- und Kosteneinsparpotenzialen entlang des Produktlebenszyklus sowie die Auswahl geeigneter Softwarelösungen. Methodisch basiert die Arbeit auf dem Design Science Research Ansatz, wobei die entwickelte Methodik als zentrales Artefakt konzipiert, ausgestaltet und validiert wird.

Die Methodik folgt einem modularen Aufbau und umfasst die Phasen Analyse, Implementierung und Betrieb von Automatisierungslösungen. Zudem integriert die Methodik bestehende wissenschaftliche Ansätze mit praxisrelevanten Anforderungen.

Die Validierung der Methodik erfolgt anhand mehrerer praxisnaher Anwendungsfälle von kleinen und mittleren Unternehmen und Organisationen des Öffentlichen Sektors in unterschiedlichen Branchen und Phasen des Produktlebenszyklus. Die Ergebnisse zeigen signifikante Zeit- und Kosteneinsparungen sowie eine zuverlässige Anwendbarkeit der Methodik. Die Arbeit leistet damit einen wissenschaftlichen Beitrag, da eine praxiserprobte Methodik zur erfolgreichen Umsetzung von Automatisierungsprojekten mit RPA und KI beschrieben wird.

Abstract

The ongoing digitalisation and increasing complexity of business processes pose significant challenges, particularly for small and medium-sized enterprises and organisations in the public sector. Despite the high automation potential of computer-based activities, many automation initiatives fail due to inappropriate process selection, a lack of a systematic methodological approach, or an unsuitable level of automation depth. At the same time, scientific literature lacks a practice-oriented and validated methodology that systematically supports organisations in planning, implementation, and further development of automation projects incorporating Robotic Process Automation (RPA) and Artificial Intelligence (AI).

Against this background, the objective of this dissertation is to develop a holistic and practice-oriented methodology for the automation of business processes. The methodology addresses the systematic identification of suitable processes, the determination of an appropriate level of automation depth, the evaluation of time- and cost-saving potentials along the product lifecycle, and the selection of suitable software solutions. Methodologically, the work is based on the Design Science Research approach, with the developed methodology being conceived, designed, and validated as a central artefact.

The methodology follows a modular structure and comprises the phases of analysis, implementation, and operation of automation solutions. It integrates established scientific approaches with practice-relevant requirements.

The validation of the methodology is conducted using several practical application cases from small and medium-sized enterprises and public sector organisations across different industries and phases of the product lifecycle. The results show significant time and cost savings as well as reliable applicability of the methodology. By means of presenting a practice-proven methodology, this dissertation scientifically contributes to the successful implementation of RPA and AI.

Danksagung

Bereits zu Studienzeiten am Karlsruher Institut für Technologie beschäftigte ich mich mit dem Gedanken eines Tages eine Dissertation zu verfassen. Durch meinen Berufseinstieg in der Unternehmensberatung im Jahr 2018 wurde dieses Vorhaben zunächst hinten angestellt, jedoch niemals vergessen. In dieser Zeit kam ich erstmals intensiv mit Automatisierungstechnologien wie Robotic Process Automation und Künstlicher Intelligenz in Kontakt. Die in Projekten erzielten Zeit- und Kosteneinsparungen weckten meine Begeisterung für dieses Themenfeld und führten schließlich dazu, dass ich im Jahr 2020 an das Karlsruher Institut für Technologie zurückkehrte, um mich wissenschaftlich mit der Prozessautomatisierung zu beschäftigen.

Als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI) unter der Leitung von Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jivka Ovtcharova beschäftigte ich mich fortwährend mit Automatisierungstechnologien aus der Forschungsperspektive. Mein besonderer Dank gilt daher meiner Betreuerin Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jivka Ovtcharova. Sie hat mich während der gesamten Promotionszeit stets unterstützt, gefördert und mir großes Vertrauen entgegengebracht. Besonders dankbar bin ich für die Möglichkeit, im Rahmen des Forschungsprojekts RegioMORE unternehmerisch tätig zu werden und mit Andreas Kimmig das Startup agitum zu gründen, um eigene Ideen umzusetzen. Diese enge Verzahnung von Forschung und Praxis war für diese Arbeit von unschätzbarem Wert. Ebenso danke ich Prof. Dr. Rebecca Bulander für die Übernahme des Zweitgutachtens. Darüber hinaus hat sie mir die Möglichkeit gegeben, Lehraufträge an der Hochschule Pforzheim zu übernehmen und wertvolle praktische Lehrerfahrung zu sammeln. Durch ihre fachlichen Impulse hat sie diese Arbeit mehrfach bereichert. Ein besonderer Dank gilt auch meiner Familie für ihre kontinuierliche Unterstützung während der Studien- und auch Promotionszeit. Ganz besonders danke ich meiner Frau Stefanie Kreuzwieser, die mich während der gesamten Arbeit in jeder Phase unterstützt, mich stets motiviert und das Manuskript sorgfältig Korrektur gelesen hat. Ohne ihren Rückhalt und ihre Unterstützung wäre diese Dissertation in dieser Form nicht möglich gewesen.

Philippsburg, Januar 2026

Simon Kreuzwieser

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	I
Abstract	III
Danksagung.....	V
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XV
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.3 Aufbau der Arbeit.....	6
1.4 Forschungsansatz	7
1.5 Abgrenzung und Annahmen.....	16
2 Grundlagen	18
2.1 Einführung.....	18
2.2 Prozess.....	19
2.3 Product Lifecycle Management	23
2.3.1 Definition	23
2.3.2 Systemlösungen.....	32
2.4 Automatisierung	39
2.4.1 Robotic Process Automation	42
2.4.2 Künstliche Intelligenz	45
2.5 Automation Collaboration Platform.....	52
2.6 Prozesslandkarte.....	62

2.7	Zusammenfassung.....	68
3	Stand der Technik.....	70
3.1	Einführung.....	70
3.2	Prozesseignung und -tiefe	71
3.3	Zeit- und Kosteneinsparung sowie Softwareauswahl	83
3.4	Methodiken und Ansätze.....	86
3.5	Anforderungen an die Methodik	88
3.5.1	Anforderungen Rigor Cycle	91
3.5.2	Anforderungen Relevance Cycle	96
3.6	Zusammenfassung.....	97
4	Methodik zur Prozessautomatisierung	99
4.1	Einführung.....	99
4.2	Aufbau und Modulübersicht.....	99
4.3	Modul Analyse	103
4.3.1	Prozessidentifikation	103
4.3.2	Testfälle.....	108
4.3.3	Softwareauswahl	111
4.3.4	Proof of Concept	113
4.4	Modul Implementierung.....	114
4.4.1	IT-Infrastruktur und Softwarebereitstellung	114
4.4.2	Entwicklung und Go-Live.....	116
4.5	Modul Manage	119
4.6	Zusammenfassung.....	120
5	Validierung.....	121
5.1	Einführung.....	121

5.2	Anwendungsfälle.....	122
5.2.1	Teileanlage	122
5.2.2	Neutraldaten	143
5.2.3	Auftragsverarbeitung.....	148
5.2.4	Kostenauswertung	157
5.2.5	Altaktenablage.....	163
5.3	Zusammenfassung	168
6	Ergebnisse	169
6.1	Einführung.....	169
6.2	Anwendungsfälle.....	169
6.3	Anforderungen an die Methodik	172
6.4	Querschnittsergebnisse.....	175
6.5	Zusammenfassung.....	177
7	Zusammenfassung und Ausblick	179
7.1	Zusammenfassung.....	179
7.2	Ausblick	182
	Literaturverzeichnis.....	184
	Publikationsliste	196
	Anhang	198

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aspekte der Problemstellung und Übersicht der Forschungsfragen.....	5
Abbildung 2: Aufbau der Arbeit und Übersicht über die Zielsetzung des Artefakts bzw. der Methodik	8
Abbildung 3: Prozessmodell des Design Science Research Ansatzes	10
Abbildung 4: Forschungszyklus des Design Science Research	12
Abbildung 5: Vorgehen bei der Literaturrecherche	13
Abbildung 6: Vergleich der transformativen und koordinativen Sichtweise.....	21
Abbildung 7: Darstellung des Prozesses des strategischen Managements	28
Abbildung 8: Der Produktlebenszyklus im Überblick	29
Abbildung 9: IT-Systemlösungen im Überblick	33
Abbildung 10: Bestimmungsfaktoren für einen strategischen Wert einer Fähigkeit	41
Abbildung 11: Teilgebiete der KI	47
Abbildung 12: Ablauf der Textverarbeitung eines LLMs.....	51
Abbildung 13: Komponenten einer RPA-Lösung.....	53
Abbildung 14: Entwicklungsumgebung einer RPA-Software	56
Abbildung 15: Beispielprozess von UiPath	57
Abbildung 16: Übersicht über Aktivitäten in einer RPA-Software	58
Abbildung 17: Entwicklungsumgebung von OpenRPA	61
Abbildung 18: Prozesskategorien innerhalb einer Prozesslandkarte	64
Abbildung 19: Prozesskategorien und -beispiele im Überblick.....	66
Abbildung 20: Prozesslandkarte bestehend aus Produktlebenszyklus, Prozesskategorien und Technologieschicht.....	67
Abbildung 21: RPA-Klassifikation	75
Abbildung 22: Automatisierungswert sowie Kapazitätseinsparung	80
Abbildung 23: Übersicht über Ermittlungstechniken im Anforderungsmanagement.....	89
Abbildung 24: Modulübersicht der Methodik.....	100
Abbildung 25: Automation Collaboration Platform mit Mensch-Maschine-Schnittstelle.....	117
Abbildung 26: Ablauf- und Prozessbeschreibung Teileanlage	125
Abbildung 27: Entwicklungsbausteine des Automation Agents.....	134
Abbildung 28: Architektur einer möglichen Weiterentwicklung.....	138

Abbildung 29: Ablauf- und Prozessbeschreibung Neutraldaten	145
Abbildung 30: Ablauf- und Prozessbeschreibung Auftragsverarbeitung	150
Abbildung 31: Darstellung einer potenziellen Weiterentwicklung mithilfe von KI.....	155
Abbildung 32: Ablauf- und Prozessbeschreibung Kostenauswertung.....	160
Abbildung 33: Ablauf- und Prozessbeschreibung Altaktenablage	165

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abgrenzung und Einordnung der Literaturrecherche	15
Tabelle 2: Vergleich zwischen der transformativen und koordinativen Sichtweise	23
Tabelle 3: Überblick und Vergleich zwischen den Definitionen des Begriffs Product Lifecycle Management	27
Tabelle 4: Übersicht über die Ansätze zur Bewertung der Prozesseignung und -tiefe	72
Tabelle 5: Scoring-Modell für die RPA-Bewertung	79
Tabelle 6: Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik	93
Tabelle 7: Anwendungsbezogene Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik.....	96
Tabelle 8: Scoring-Modell für die Bewertung von Prozessen	104
Tabelle 9: Dokumentation von Testfällen für Prozessautomatisierungen	110
Tabelle 10: Paarweiser Vergleich der Kriterien	112
Tabelle 11: Bewertung der Kriterien.....	112
Tabelle 12: Organisationen und Prozesse zur Validierung im Überblick	121
Tabelle 13: Prozessbeschreibung Teileanlage.....	123
Tabelle 14: Prozessbeschreibung Neutraldaten.....	144
Tabelle 15: Prozessbeschreibung Auftragsverarbeitung	148
Tabelle 16: Prozessbeschreibung Kostenauswertung	159
Tabelle 17: Prozessbeschreibung Altaktenablage	164
Tabelle 18: Übersicht über die Effizienzgewinne je Anwendungsfall.....	169
Tabelle 19: Zeit- und Kostenersparnisse für die regelmäßig durchzuführenden Prozesse	170
Tabelle 20: Zeit- und Kostenersparnisse für den Prozess Neutraldaten.....	171
Tabelle 21: Zeit- und Kostenersparnisse für den Prozess Altaktenablage	171
Tabelle 22: Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik	173
Tabelle 23: Anwendungsbezogene Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik.....	175

Abkürzungsverzeichnis

BPM	Business Process Management
CAD	Computer Aided Design
CCC	China Compulsory Certification
CRM	Customer Relationship Management
DMS	Dokumentenmanagementsystem
ERP	Enterprise Resource Planning
GPT	Generative Pre-trained Transformer
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LLM	Large Language Model
MB	Mercedes-Benz
MES	Manufacturing Execution System
MRP	Material Requirements Planning
OCR	Optical Character Recognition
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
QM	Qualitätsmanagement
RAG	Retrieval-Augmented Generation
RPA	Robotic Process Automation
SCM	Supply Chain Management
SOAP	Simple Object Access Protocol
VZÄ	Vollzeitäquivalent

1 Einleitung

1.1 Motivation

In zahlreichen Organisationen steigt die Komplexität durch ständige Veränderungen von internen und externen Anforderungen. Im Zuge dessen stehen Organisationen vor der Herausforderung, flexibel auf neue Anforderungen zu reagieren und die zunehmende Produkt- und Prozesskomplexität infolge von verkürzten Produktlebenszyklen, Globalisierung, Marktdiskontinuitäten sowie einer zunehmenden Wettbewerbsdynamik zu beherrschen (Ovtcharova et al., 2025). Mitarbeiter sind häufig für eine Vielzahl von Geschäftsprozessen verantwortlich und müssen zahlreiche manuelle Aufgaben (z. B. Dokumentenüberprüfung, -übertragung, -plausibilisierung, Reporting etc.) durchführen, wohingegen kreative und wertschöpfende Tätigkeiten wie z. B. das Entwickeln innovativer Lösungen häufig vernachlässigt werden. Wertvolle Personalkapazitäten sind daher mit regelbasierten, repetitiven, fehleranfälligen und zeitaufwändigen Aufgaben gebunden, wobei zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit eine Fokussierung auf die Kundenanforderungen und Entwicklung neuer Produkte und Serviceangebote notwendig ist (Aguirre & Rodriguez, 2017).

Zahlreichen Bereichen innerhalb einer Organisation kommt somit aufgrund der steigenden Kundenanforderungen an Liefertreue, Lieferzeit oder Verfügbarkeit eine besondere Bedeutung zu. Zudem erfordert die zunehmende Vernetzung von Organisationen effiziente und abgestimmte Prozesse auch über Organisationsgrenzen hinaus. Automatisierte Geschäftsprozesse sind in diesem Bereich daher von strategischer Bedeutung, um Kundenbedürfnisse zu erfüllen und einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil zu sichern.

In einer Umfrage gaben zudem 56% von rund 27.000 Befragte an, dass der Fachkräftemangel ein Geschäftsrisiko in der nächsten Zeit darstellt (Statista, 2024). Somit wird es für Organisationen zunehmend wichtig, die vorhandene Arbeitskraft sinnvoll und für wertschöpfende Tätigkeiten einzusetzen.

Neben Prozessen an der Produktionslinie bieten Tätigkeiten, die am Computer ausgeführt werden, großes Automatisierungspotenzial, um Geschäftsprozesse effizienter durchzuführen, die Digitalisierung voranzutreiben und Mitarbeiter bei sogenannten Routineaufgaben zu entlasten. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass RPA (Robotic Process Automation) das Potenzial besitzt, regelbasierte Prozesse in zahlreichen Branchen und

Abteilungen zu automatisieren und damit zu verbesserter Produktivität, höherer Genauigkeit, schnelleren und effizienteren Prozessen und folglich einer steigenden Kundenzufriedenheit führt. (Aguirre & Rodriguez, 2017)

Eine Kombination von RPA und Künstlicher Intelligenz (KI) ermöglicht darüber hinaus die Verarbeitung von unstrukturierten Daten und die Automatisierung von nicht regelbasierten Prozessen oder auch komplexeren Abläufen mittels verschiedener Ansätze wie beispielsweise Maschinellem Lernen, Natural Language Processing oder Computer Vision. (Langmann & Turi, 2020)

In Organisationen und bei potenziellen Anwendern fehlt jedoch häufig das Domänenwissen und die Erfahrung, welche Geschäftsprozesse sich zur Automatisierung eignen und wie eine erfolgreiche Planung und Implementierung von Automatisierungslösungen erfolgen kann. Zudem scheitern zwischen 30% und 50% der Automatisierungs- und RPA-Projekte. Die Gründe hierfür sind vielfältig und abhängig von der jeweiligen Organisation und deren Governance. Im Folgenden werden jedoch drei Punkte genannt, die in der vorliegenden Arbeit im Zentrum stehen. In der Literatur existieren zwar Ansätze zur Auswahl von geeigneten Prozessen zur Automatisierung, jedoch werden in der Praxis noch immer ungeeignete Prozesse betrachtet und automatisiert. Dies führt zu enormem Zeitverlust und gefährdet die Akzeptanz von Automatisierungsinitiativen. Zudem werden unerprobte Methodiken eingesetzt, die einer schnellen und effizienten RPA-Einführung entgegenstehen. Hierbei wird häufig over-engineering betrieben und wertvolle Zeit verschwendet, um Dokumentationen und Formalitäten zu erfüllen. Drittens werden Automatisierungsprojekte falsch geplant und umgesetzt – anstatt sich auf die zeitaufwendigen Teile eines Prozesses zu fokussieren werden Sonderfälle und Ausnahmen aufwendig abgestimmt, geplant und automatisiert. Dies führt zu Ineffizienzen und ist für die späteren Benutzer und Beteiligten häufig intransparent. (EY, 2016)

In aktuellen wissenschaftlichen Beiträgen lässt sich somit eine Forschungslücke hinsichtlich einer Methodik erkennen, die beschreibt wie Automatisierungsprojekte in der Praxis systematisch geplant und erfolgreich umgesetzt werden können. Als Methodik wird in dieser Arbeit ein systematisches Vorgehen nach bestimmten Grundsätzen und Regeln bzw. ein folgerichtiges Herangehen an eine Aufgabe verstanden (Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, 2025).

Es wird zudem darauf hingewiesen, dass Organisationen nach EY (2016) häufig das Wissen fehlt, in welchem Bereich einer Organisation die größten Mehrwerte und Effizienzgewinne zu erwarten sind. Trotz zahlreicher theoretischer Ansätze mangelt es an einer Methodik, die Organisationen eine zielgerichtete Orientierung bieten, um typische Fehler zu vermeiden, Ineffizienzen zu reduzieren und Automatisierungsvorhaben erfolgreich zu realisieren. Gleichzeitig jedoch wächst der Bedarf, um Mitarbeiter gezielt von repetitiven Tätigkeiten zu entlasten und deren Einsatz auf wertschöpfende Aufgaben zu fokussieren. In der vorliegenden Arbeit wird neben den Technologien RPA und KI auch die Rolle des Menschen im Kontext der Automatisierung beschrieben. Der Mensch sollte im Zentrum einer Automatisierungsinitiative stehen und nicht durch die Technologien ersetzt, sondern bei den Prozessen unterstützt werden. Die Mitarbeiter werden verstärkt die Rolle des Orchestrators übernehmen, um bestehende Automatisierungslösungen zu überwachen, weiterzuentwickeln und neue Initiativen zu planen und umzusetzen. Nur durch das Zusammenspiel aus Technologie und menschlicher Intelligenz und Steuerung kann das Potenzial von Automatisierungslösungen ganzheitlich ausgeschöpft werden. Hierfür wird in der Arbeit auch das Konzept der Automation Collaboration Platform vorgestellt, erläutert und eingesetzt.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Forschungslücke und des Fehlens einer praxisorientierten, validierten Vorgehensweise zur erfolgreichen Planung und Umsetzung von Automatisierungsprojekten verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, eine Methodik zu entwickeln, die Anwender bei der systematischen Umsetzung von Automatisierungslösungen unterstützt. Die genannten Herausforderungen – von der fehlerhaften Prozessauswahl bis hin zur fehlerhaften Automatisierung – bilden zentrale Probleme und Herausforderungen für den Erfolg von RPA- und KI-Projekten in der Praxis. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, eine Methodik zu entwickeln, die diesen Problemen gezielt entgegenwirkt. Die Methodik soll Organisationen befähigen, passende Prozesse systematisch zu identifizieren, praxisnah zu bewerten und auf dieser Basis Automatisierungslösungen umzusetzen. Durch die Berücksichtigung typischer Fehlerquellen aus bisherigen RPA-Projekten adressiert die Methodik jedoch nicht nur die Prozessauswahl und Einführung, sondern auch die spätere Entwicklung von Automatisierungslösungen. Die vorliegende Arbeit leistet einen konkreten Beitrag zur Schließung der identifizierten Forschungslücke

und stellt eine Methodik bereit, die für Organisationen in der Praxis nutzbar ist. In der hier vorliegenden Arbeit werden somit folgende Forschungsfragen adressiert:

1. Wie können geeignete Prozesse für eine Automatisierung mittels RPA und KI systematisch identifiziert werden?
2. Wie kann die angemessene Automatisierungstiefe bestimmt werden?
3. Welche Zeit- und Kostenersparnisse ergeben sich durch den Einsatz von RPA und KI in den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus?
4. Welche RPA-Automatisierungssoftware sollte eingesetzt werden?

Die Erwartungen an die in der Arbeit beschriebene Methodik sind, dass Organisationen ein effizientes Werkzeug bereitgestellt wird, um Prozesskandidaten, die sich zur Automatisierung eignen, identifizieren zu können (Forschungsfrage 1). Hierbei wird auf bereits in der Literatur vorhandene Ansätze zurückgegriffen, die jedoch häufig einzelne Aspekte ausklammern und eine reine technisch getriebene Bewertung vornehmen. Zwar existiert beispielsweise häufig eine Abschätzung des Prozessvolumens, jedoch werden wirtschaftliche Kriterien wie die Kapazitätseinsparung nicht ausreichend berücksichtigt. Darüber hinaus stellen derartige Bewertungen in der Literatur häufig nur die Ist-Situation dar, ohne eine Zukunftsabschätzung vorzunehmen. Zudem macht die Berücksichtigung von Prozessausnahmen nicht immer Sinn, da ggf. eine geringere Automatisierungstiefe bzw. ausschließliche Automatisierung des Happy-Path¹ trotzdem erhebliche Effizienzgewinne bescheren kann. Dies führt uns zu einem weiteren wichtigen Punkt der Arbeit, da in der Praxis häufig Unsicherheit darüber besteht, wie umfangreich ein Prozess automatisiert werden soll und welche Technologien hierfür eingesetzt werden sollten (Forschungsfrage 2). In der Arbeit werden zudem Automatisierungslösungen in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus untersucht, um eine Aussage über die Generalisierbarkeit der Methodik treffen zu können und die Zeit- und Kosteneinsparungen je Aufgabenbereich bzw. Phase des Produktlebenszyklus zu bewerten (Forschungsfrage 3). Schlussendlich unterstützt die Methodik Organisationen dabei eine passende Automatisierungssoftware auszuwählen, denn in der Praxis sind sowohl proprietäre Software als auch Open Source Softwareanbieter zu finden (Forschungsfrage 4).

¹ Der *Happy Path* wird nach Bernstein (2024) in der Praxis oft beschrieben, als eine Abfolge von Tätigkeiten, die keinerlei Ausnahmen oder Sonderfälle beinhaltet.

Die vorliegende Arbeit wird zusätzlich Querschnittsergebnisse über alle Forschungsfragen liefern, denn es wird neben der Beantwortung der Forschungsfragen schlussendlich eine Methodik entwickelt, die auch als systematisches Vorgehen zur Umsetzung von Automatisierungsprojekten in der Praxis dient.

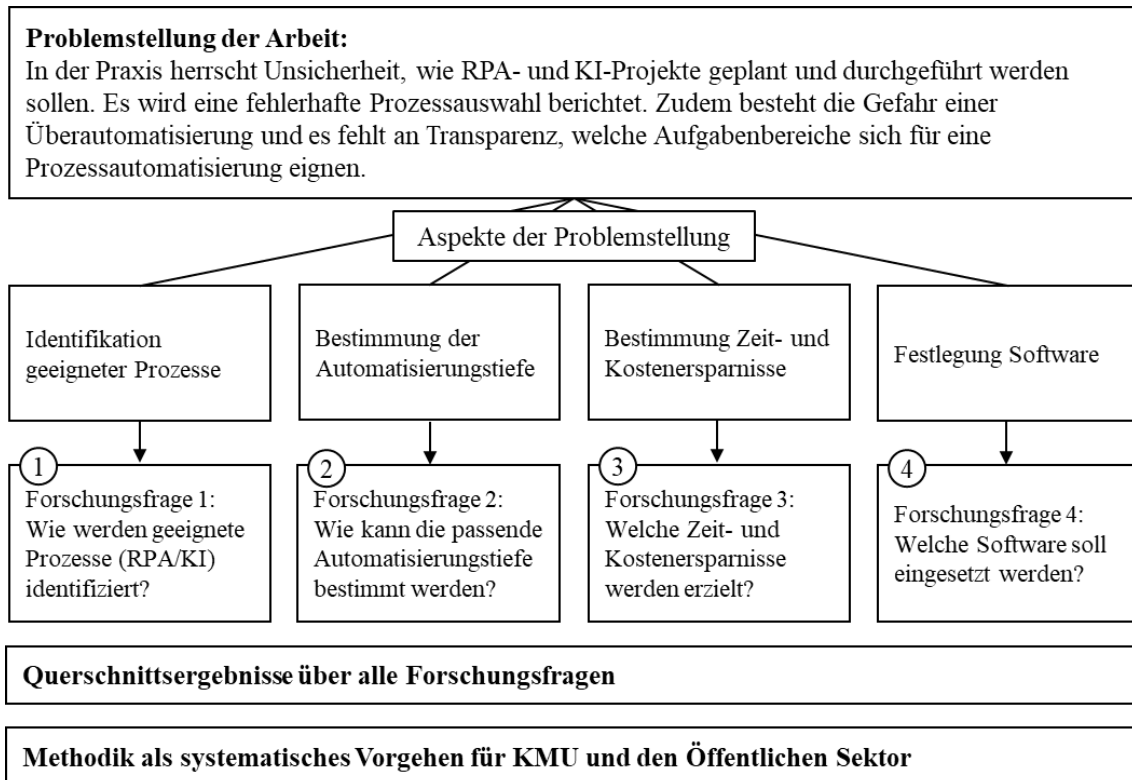


Abbildung 1: Aspekte der Problemstellung und Übersicht der Forschungsfragen
Quelle: Eigene Darstellung

Die Zielsetzung und Problemstellung sowie die beschriebenen Forschungsfragen sind nochmals kompakt in Abbildung 1 beschrieben. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf die Bedürfnisse von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und kleineren Organisationen im Öffentlichen Sektor (Deutschland) z. B. Kleinstädte und Kommunen, die häufig mit überschaubaren finanziellen Mitteln und Personal entsprechende Automatisierungsprojekte bewerkstelligen müssen. Im Rahmen der Arbeit wird eine neue Methodik vorgestellt, die anhand von praxisnahen Anwendungsfällen validiert wird. In Zusammenarbeit mit der Unternehmensberatung agitum und deren Mitarbeiter werden ebenfalls praktische Erfahrungen in die Methodik einfließen gelassen. Die Prozesse werden zudem am bestehenden Produktlebenszyklus verortet, sodass sichergestellt werden kann, dass die Methodik lebenszyklusübergreifend eingesetzt werden kann. Die Anwendungsfälle

stammen aus insgesamt vier verschiedenen Organisationen, die in verschiedenen Branchen tätig sind und unterschiedliche Geschäftsmodelle aufweisen. Zudem befinden sich auch zwei Organisationen im Bereich des Öffentlichen Sektors.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die hier vorliegende Arbeit gliedert sich in verschiedene Abschnitte. In **Kapitel 1** ist zunächst die Motivation, Zielsetzung, Aufbau der Arbeit und der Forschungsansatz beschrieben. Des Weiteren ist in diesem Kapitel die Abgrenzung und die Definition relevanter Annahmen für die weitere Arbeit zu finden. In **Kapitel 2** folgt im Anschluss die Auseinandersetzung mit den Grundlagen und der Definition wichtiger Begrifflichkeiten. Dieses Kapitel legt somit das theoretische Fundament der Arbeit. Im Vordergrund steht die Auseinandersetzung mit Definitionen zum Thema Prozessautomatisierung, um in der Arbeit einer einheitlichen Terminologie zu folgen. Im Zentrum der Arbeit steht die Automatisierung von Geschäftsprozessen, sodass zunächst die Definition des Begriffs Prozess erfolgt. Hierbei werden zwei Sichtweisen definiert und analysiert. Somit erfolgt die Auseinandersetzung, ob ein Prozess einen transformativen oder vielmehr einen koordinativen Charakter besitzt. Die Arbeit wird sich zudem stets an dem Konzept und den Ansätzen aus dem Forschungsbereich des Product Lifecycle Managements (PLM) orientieren, sodass ebenfalls ein genauerer Blick auf die aktuelle Entwicklung und Definitionen in der Literatur rund um das Thema PLM erfolgt. Des Weiteren werden Technologien für eine erfolgreiche Automatisierung von Prozessen wie beispielsweise RPA oder KI eingeführt sowie relevante Begriffe wie Prozesslandkarte beschrieben.

In **Kapitel 3** wird der Stand der Technik in Wirtschaft und Wissenschaft genauer betrachtet. Hierbei wird nochmals Bezug auf die vorhandene Forschungslücke genommen und verschiedene Forschungsbeiträge werden untersucht und diskutiert. Zudem erfolgt die Ermittlung und Dokumentation von relevanten Anforderungen an die in der Arbeit zu entwickelnde Methodik. Die Methodik folgt einem modularen Aufbau, sodass die Anforderungen genau spezifiziert werden.

Kapitel 4 bildet den Kern der vorliegenden Arbeit und beschreibt den Aufbau sowie die Anwendbarkeit der vorgestellten Methodik. Die Methodik ist in verschiedene Module aufgeteilt und die Anwendbarkeit wird anhand von konkreten Anwendungsfällen beschrieben und validiert. Diese Validierung erfolgt somit in **Kapitel 5**. Insgesamt wird die Methodik anhand von vier verschiedenen Organisationen bzw. fünf Anwendungsfällen

untersucht und validiert. Die Organisationen sind im Bereich der öffentlichen Verwaltung und als KMU anzusehen. Schlussendlich erfolgt in **Kapitel 6** die Diskussion der Ergebnisse und die Auswertung der Validierung. In **Kapitel 7** ist schließlich ein Fazit und Ausblick zu finden, um noch offene Themenbereiche und Forschungsgebiete zu adressieren.

1.4 Forschungsansatz

Die vorliegende Arbeit folgt und orientiert sich an dem Forschungsansatz Design Science Research: „Design Science Research (DSR) is a problem-solving paradigm that seeks to enhance human knowledge via the creation of innovative artifacts. Simply stated, DSR seeks to enhance technology and science knowledge bases via the creation of innovative artifacts that solve problems and improve the environment in which they are instantiated.“ (vom Brocke et al., 2020, S. 1).

In der Literatur werden hierbei grundsätzlich verschiedene Disziplinen unterschieden: Häufig werden die Ansätze Behavioral Science Research und Design Science Research verwendet und gegenübergestellt. Ziel des Ansatzes Behavioral Science Research ist es, eine Theorie zu entwickeln bzw. zu überprüfen, die menschliches Verhalten oder gar das Verhalten einer ganzen Organisation erklärt. Die Verhaltensweisen sollen hierdurch nachvollziehbar werden. Im Gegensatz dazu hat der Ansatz des Design Science Research das Ziel, über diese Grenze hinauszugehen und ein neues Artefakt zu erschaffen (Guideline 1). Dieses Artefakt soll ein bestehendes Problem innerhalb einer zu definierenden Domäne zu lösen (Guideline 2). (Hevner et al., 2004)

In der Arbeit stellt somit die zu entwickelnde Methodik das Artefakt dar, das eine Antwort auf die vier Forschungsfragen aus Kapitel 1.2 liefert. Dieses Artefakt hat das Ziel die bereits beschriebene Problemstellung zu erfassen und schlussendlich zu lösen – dies geschieht innerhalb der Domäne und des Themenkomplexes der Prozessautomatisierung. Hevner et al. (2004) beschreiben zudem noch weitere Prinzipien, die im Folgenden ausgeführt und beschrieben werden. Das zu entwickelnde Artefakt muss einen Nutzen stiften und sich auf ein Problem beziehen – demnach ist auch eine Bewertung des Nutzens notwendig (Guideline 3). Darüber hinaus muss das zu lösende Problem durch das Artefakt effizienter oder auch effektiver gelöst werden können als bisher – teilweise lösen Artefakte auch bisher ungelöste Probleme (Guideline 4). In der hier vorliegenden Arbeit soll durch die Methodik bzw. das zu entwickelnde Artefakt die Identifikation geeigneter Pro-

zesse (Forschungsfrage 1) sowie die Bestimmung der Automatisierungstiefe (Forschungsfrage 2) effektiver gelöst werden, um schlussendlich die Erfolgsquote von Automatisierungsprojekten zu erhöhen. In der aktuellen Forschung besteht zudem noch eine Lücke und es herrscht Unsicherheit darüber, in welchen Aufgabenbereichen und Phasen des Produktlebenszyklus die größten Zeit- und Kostenersparnisse durch RPA und KI-Lösungen erreicht werden können (Forschungsfrage 3). Zudem soll das Artefakt eine Aussage darüber treffen, welche Software für eine Automatisierung genutzt werden soll (Forschungsfrage 4).

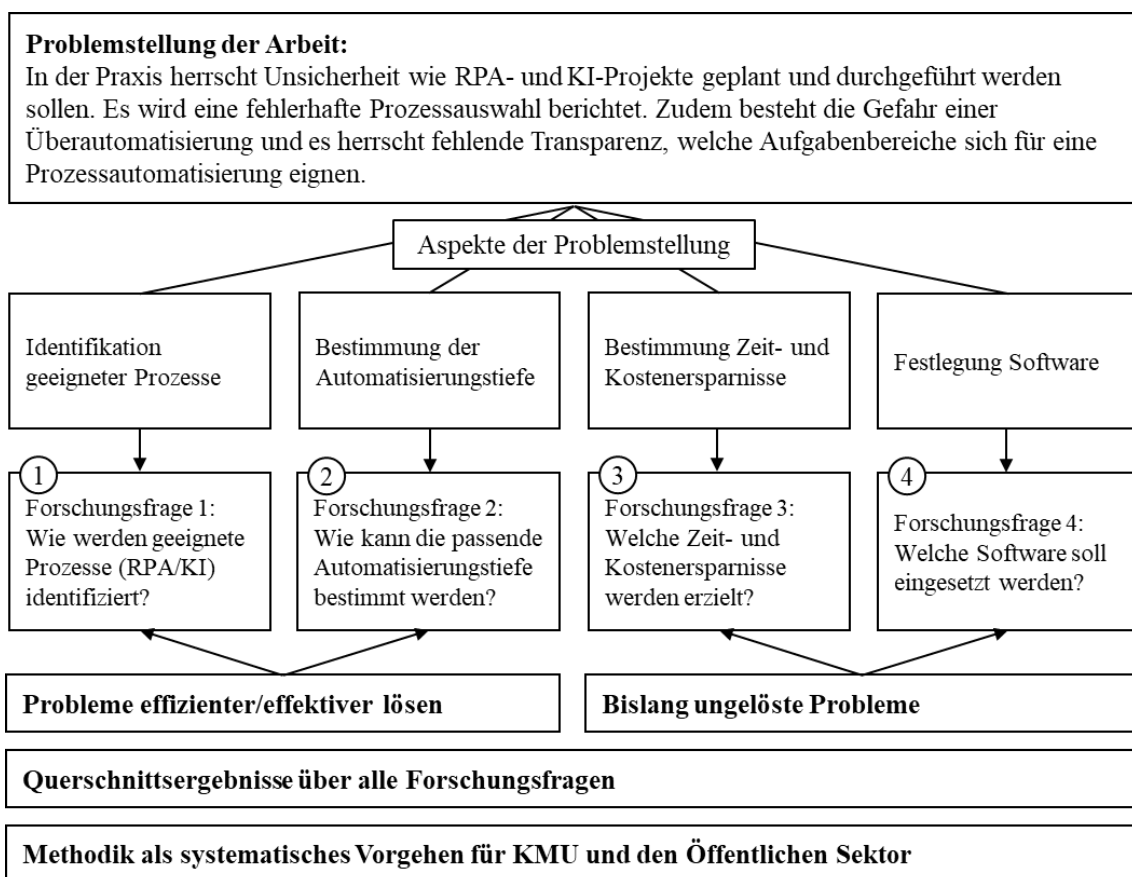


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit und Übersicht über die Zielsetzung des Artefakts bzw. der Methodik
Quelle: Eigene Darstellung

Gemäß Guideline 4 hat das Artefakt sowohl das Ziel, bestehende Probleme effizienter zu lösen (Forschungsfrage 1 und 2) als auch zwei bislang ungelöste Praxisprobleme zu lösen (Forschungsfrage 3 und 4). Die vorliegende Arbeit erhebt zudem den Anspruch, Querschnittsergebnisse über alle Forschungsfragen zu liefern, denn es wird neben der Beantwortung der Forschungsfragen eine Methodik entwickelt, die auch als systematisches Vorgehen für KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor dient. Somit wird

das in der Arbeit vorgestellte Artefakt sowohl auf gelöste als auch auf ungelöste Probleme angewandt (siehe Abbildung 2). In der Literatur existieren zwar für Forschungsfrage 3 und Forschungsfrage 4 einzelne Erkenntnisse und insbesondere Ausführungen für einzelne Aufgabenbereiche und Fachbereiche, jedoch fehlt bislang eine umfassende Analyse für KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor.

Hevner et al. (2004) betonen zudem, dass das Artefakt formal beschrieben sein muss und konsistent dokumentiert werden sollte (Guideline 5). Die zwei letzten Guidelines betonen, dass der Problemraum definiert werden muss und dass ein Artefakt innerhalb eines strukturierten Prozesses entwickelt werden sollte (Guideline 6). Zudem muss das Ergebnis bzw. das Artefakt selbst kommuniziert und publiziert werden, um einem größeren Personenkreis Zugang zu den Ergebnissen zu ermöglichen (Guideline 7).

In der Literatur sind auch noch weitere mögliche Forschungsansätze beschrieben. Nach Hevner et al. (2004) und Whitley und Kite (2012) steht jedoch das Erklären des menschlichen Verhaltens gemäß des Behavioral Science Research Ansatzes im Vordergrund. Jedoch reicht eine beschreibende Erklärung zur Lösung einer konkreten Problemstellung nicht aus, denn in dieser Arbeit geht es nicht darum nachvollziehen zu können, wie sich einzelne Organisationen oder die Beteiligten während eines Automatisierungsprojekts verhalten. Vielmehr steht im Mittelpunkt wie diese handeln und vorgehen sollten, um Prozesse effizient und erfolgreich automatisieren zu können.

Grundsätzlich denkbar wäre auch der Ansatz einzelner Fallstudien gewesen, jedoch werden hierbei häufig Einzelfälle analysiert und konkrete Ausgestaltungen innerhalb einer Organisation untersucht (Heale & Twycross, 2018). Der Fokus der Arbeit liegt jedoch auf der Entwicklung und Validierung einer übertragbaren Methodik. Fallstudien werden zwar im Rahmen der Validierung häufig genutzt, jedoch wären diese allein nicht ausreichend, um eine Methodik zu entwickeln und zu validieren.

Ein weiterer möglicher Ansatz ist Action Research. In diesem Fall wird ein partizipativer und praxisorientierter Ansatz verfolgt, welcher das Ziel hat, gemeinsam mit einer Organisation oder anderen Forschern Probleme zu identifizieren, analysieren und schlussendlich zu lösen. Diesem Ansatz nach soll eine enge Zusammenarbeit mit den ausgewählten Organisationen stattfinden und die Methodik wird im Zuge dessen gemeinsam entwickelt, eingesetzt und validiert (McNiff, 2003). Nach Järvinen (2007) bestehen Gemeinsamkeiten zwischen dem Ansatz des Action Research und des Design Science Research, da beide Ansätze ein Praxisproblem adressieren, einen Nutzen stiften sollen und schlussendlich

eine Evaluation erfolgt. Dem Autor nach sind die beiden Ansätze somit fast deckungsgleich. Action Research generiert Wissen im Gegensatz zum Ansatz des Design Science Research, welcher umfassender zu verstehen ist und es wird eine konkrete Lösung bzw. Artefakt für die Praxis entwickelt, welches mehrfach eingesetzt werden kann.

Die Wahl des Design Science Research Ansatzes folgt somit konsequent aus der Zielsetzung der Arbeit. Schlussendlich soll ein neues, wiederverwendbares Artefakt in Form einer Methodik geschaffen werden, welches eine konkrete Problemstellung der Praxis, die systematische Automatisierung von Prozessen mit RPA und KI, adressiert. Dieser Ansatz erlaubt es, sowohl theoretisch fundiert als auch praxisorientiert zu arbeiten und dabei einen Beitrag zur Lösung realer Herausforderungen zu leisten. Trotz der Eignung des Design Science Research Ansatzes zur Entwicklung eines Artefakts weist auch der in der vorliegenden Arbeit gewählte Ansatz Limitationen auf, die im Folgenden beschrieben werden. So liegt der Schwerpunkt stark auf der Gestaltung und Evaluation eines Artefakts, während soziale, kulturelle oder organisationale Einflussfaktoren wie beispielsweise Veränderungsdynamiken innerhalb von Unternehmen nicht explizit berücksichtigt werden. Aspekte wie Akzeptanz oder Veränderungsbereitschaft können somit nur indirekt abgebildet werden. Diese Einschränkung wird in der vorliegenden Arbeit durch die Auswahl von Organisationen aus unterschiedlichen Branchen und Anwendungsfeldern bewusst berücksichtigt, um die Methodik bei zahlreichen unterschiedlichen Organisationen mit unterschiedlicher Unternehmenskultur anzuwenden. Nach der Darlegung der Grundlagen und der Begründung für den Einsatz des Design Science Research Ansatzes wird im Folgenden die konkrete Anwendung dieses Ansatzes im Rahmen der vorliegenden Arbeit erläutert. In der Literatur existieren verschiedene Umsetzungsmodelle. Besonders hervorzuheben ist hierbei das Prozessmodell von Peffers et al. (2007), das in vielen praxisorientierten Arbeiten Anwendung findet. Die vorliegende Arbeit orientiert sich an diesem sechsstufigen Vorgehensmodell, da es sich adäquat auf die spezifischen Anforderungen der Prozessautomatisierung mit RPA und KI übertragen lässt.

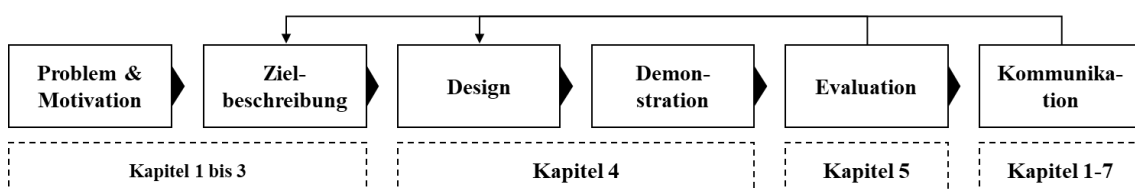


Abbildung 3: Prozessmodell des Design Science Research Ansatzes
Quelle: In Anlehnung an Peffers et al. (2007)

Die sechs Phasen (siehe Abbildung 3): Problemidentifikation und Motivation, Zielbeschreibung, Design bzw. Entwicklung, Demonstration, Evaluation und Kommunikation werden im Rahmen dieser Arbeit jeweils durch konkrete Schritte umgesetzt und sind den einzelnen Kapiteln der Arbeit zugeordnet.

Peppers et al. (2007) beschreiben die einzelnen Phasen in der Publikation ausführlich und geben einen Leitfaden vor, welcher als Grundlage für die vorliegende Arbeit dient. In Phase eins erfolgt zunächst die Definition des Problems und eine Abschätzung bzw. Formulierung des Mehrwerts des zu entwickelnden Artefakts. Die Probleme bzw. Teilprobleme müssen später zudem in Anforderungen an die Methodik überführt werden, um den Mehrwert später zu bewerten bzw. eine Validierung zu ermöglichen. Dies kann jedoch inkrementell erfolgen und die Anforderungen müssen ggf. angepasst oder ergänzt werden. In Phase zwei erfolgt die Festlegung der Ziele, um zu definieren, was das Artefakt leisten muss. Die Zielbeschreibung kann quantitativ oder qualitativ erfolgen. Hieran schließt sich das Design und die Entwicklung des Artefakts basierend auf den Zielen an. Entscheidend ist die Definition der Funktionen und die dahinterliegende Architektur. Es werden hierfür ggf. Ressourcen von externen Partnern benötigt (Programmierungsumgebung, Simulationsumgebung, Entwicklungsumgebung), um die definierten Ziele umzusetzen. In der nächsten Phase wird schließlich das Artefakt genutzt und eingesetzt, um die formulierten Probleme zu lösen. Diese Aktivität kann somit in einer Simulationsumgebung, virtuellen oder realen Umgebung durchgeführt werden. In der vorliegenden Arbeit werden reale Anwendungsfälle in einzelnen Projekten umgesetzt und beschrieben. In der darauffolgenden Evaluationsphase findet die Bewertung der Methodik und des Artefakts statt. Hierfür wird eine quantitative oder qualitative Bewertung vorgenommen. Im Anschluss an die Bewertung kann der Anwender entscheiden, ob Änderungen und Verbesserungen am Artefakt notwendig sind oder, ob die realisierte Lösung die gewünschten Anforderungen erfüllt. Zum Schluss erfolgt die Publikation des Artefakts, sodass die Ergebnisse einem breiteren Publikum zugänglich werden. Das Ziel besteht darin, den Ansatz in der Praxis bekannt zu machen, Feedback zu erhalten und das Artefakt fortlaufend zu verbessern.

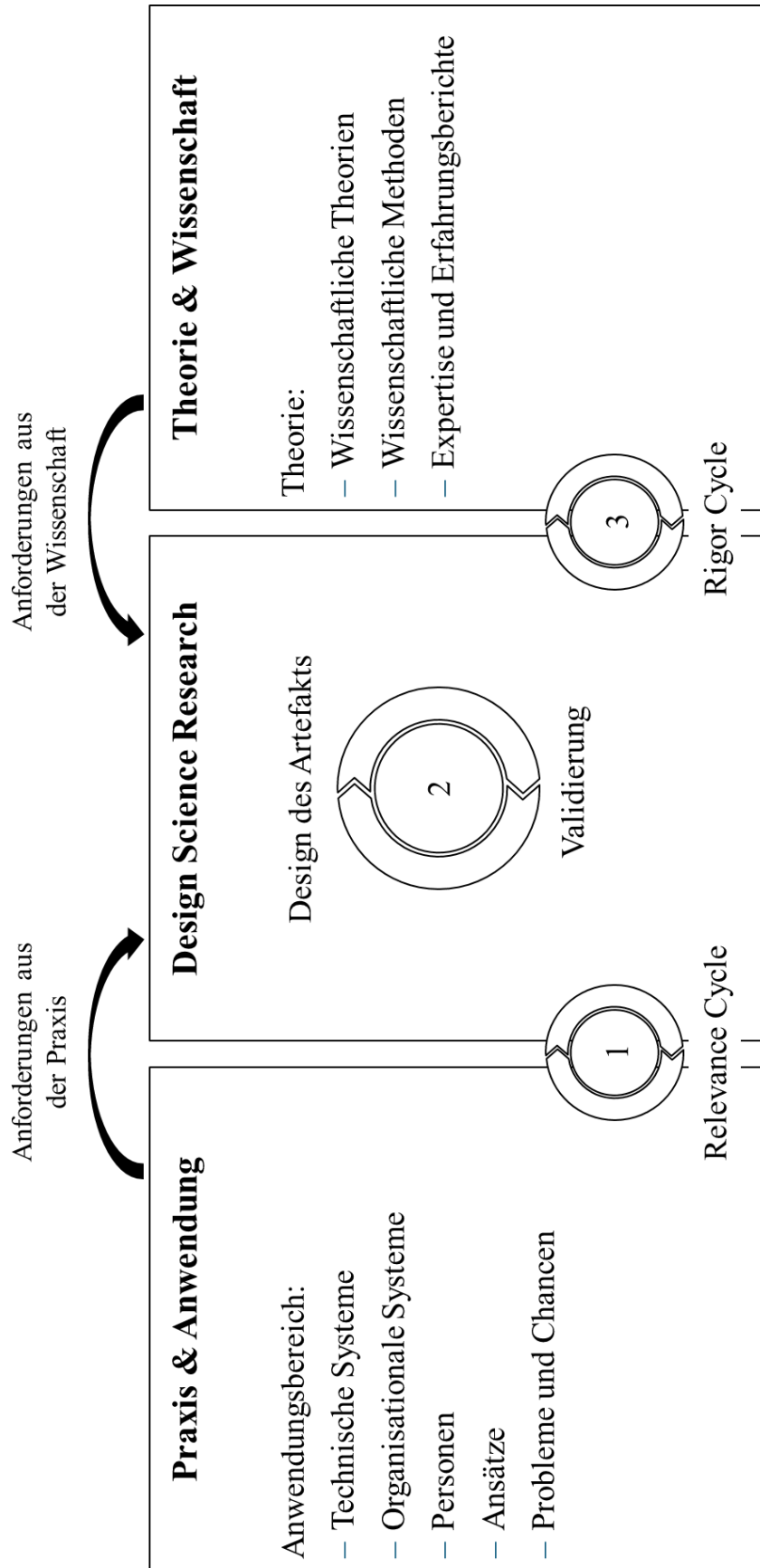


Abbildung 4: Forschungszyklus des Design Science Research
 Quelle: In Anlehnung an Hevner (2007)

Hevner (2007) beschreibt in einer weiteren Publikation die relevanten Forschungszyklen des Design Science Research. In Abbildung 4 sind die einzelnen Zyklen abgebildet und beschrieben. Der Relevance Cycle (1) stellt demnach die Verbindung zwischen dem Anwendungskontext und den Design-Aktivitäten her, indem er Anforderungen aus der Anwendungsumgebung (Environment) aufnimmt und in den Design-Zyklus integriert. Der Rigor Cycle (3) dagegen verknüpft die Design- und Evaluationsaktivitäten mit dem wissenschaftlichen Fundament (Knowledge Base), bestehend aus Theorien, Methoden und domänenspezifischem Wissen. Im Zentrum steht der Design Cycle (2), der durch iterative Schleifen das Konstruieren und Evaluieren von Artefakten und Prozessen ermöglicht. Der Autor betont, dass alle drei Zyklen klar erkennbar und explizit im Design Science Research Projekt integriert sein müssen. Um relevante Theorien für die Arbeit zu gewinnen und Anforderungen aus der Wissenschaft abzuleiten (Rigor Cycle) ist eine fundierte Literaturrecherche unabdingbar.

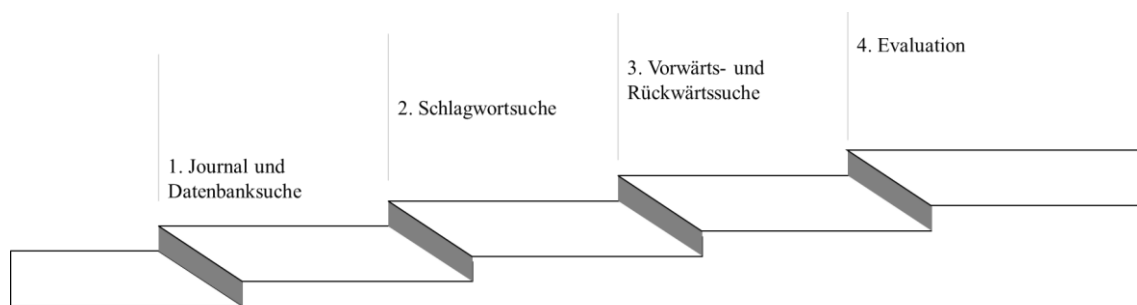


Abbildung 5: Vorgehen bei der Literaturrecherche
Quelle: Eigene Darstellung

Die Literaturrecherche bzw. deren Ergebnisse in Kapitel 2 bilden die Basis der Methodik und folgen ebenfalls einem systematischen Vorgehen, welches in Abbildung 5 beschrieben ist.

Zur Identifikation relevanter wissenschaftlicher Literatur kommt ein mehrstufiges Recherchevorgehen nach Webster und Watson (2002) zum Einsatz. Ziel ist nicht eine chronologische Aufzählung existierender Beiträge, sondern eine systematische Gliederung entlang theoretisch relevanter Konzepte und zentraler Themenbereiche. Im ersten Schritt erfolgt eine gezielte Journalsuche (z. B. MIS Quarterly (MISQ) oder Computers in Industry) sowie Datenbanksuche z. B. Springer, Scopus und IEEE Xplore. Ergänzend werden wissenschaftliche Suchmaschinen wie Google Scholar und akademische Repositorien wie ResearchGate herangezogen, um Vorabpublikationen und graue Literatur zu er-

fassen. Die Auswahl zielt darauf ab, sowohl peer-reviewte Beiträge aus wissenschaftlichen Datenbanken als auch thematisch einschlägige Arbeiten aus offenen Repositorien und akademischen Netzwerken zu erfassen. Auf diese Weise lässt sich eine möglichst umfassende Abdeckung der einschlägigen Literatur zwischen Theorieentwicklung und Anwendungspraxis erzielen. Daran anschließend werden strukturierte Schlagwortsuchen durchgeführt. Dabei kommen boolesche Operatoren (z. B. AND, OR) zum Einsatz, um zentrale Begriffskombinationen wie „robotic process automation“, „intelligent process automation“, „methodology“, „implementation“, „adoption“ sowie „small and medium-sized enterprises“ oder „KMU“ gezielt zu verknüpfen. Die Suchstrings werden iterativ angepasst und verfeinert. Im dritten Schritt findet eine Vorwärts- und Rückwärtssuche statt, um sowohl grundlegende Arbeiten der vergangenen Jahre (über Literaturverzeichnisse) als auch weiterführende aktuelle Veröffentlichungen systematisch zu erfassen. Die finale Auswahl der Literatur erfolgt anhand vordefinierter Kriterien. Berücksichtigt werden Beiträge, die eine erkennbare Relevanz für die Forschungsfragen aufweisen, methodisch nachvollziehbar aufgebaut sind und bevorzugt in anerkannten wissenschaftlichen Journals, Konferenzen o. Ä. zu finden sind. Zusätzlich wird auf Aktualität sowie auf einen expliziten Bezug zur Automatisierungspraxis, insbesondere Anwendbarkeit im Kontext KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor, geachtet. Beiträge, die somit diesen Anforderungen nicht genügen, bleiben unberücksichtigt. Die auf diesem Weg konsolidierte Literaturbasis bildet die Grundlage für die theorie- und praxisgestützte Entwicklung der im weiteren Verlauf dargestellten Methodik.

Charakteristik	Auswahl
Fokus	Forschungsergebnisse Forschungsmethodik Theorie Praxis und Anwendung
Ziel	Integration Kritik Problemidentifikation
Perspektive	Neutral Standpunkt vertreten
Abdeckung der Literaturrecherche	Vollständig Selektiv Repräsentativ Kernliteratur
Organisation	Historisch Konzeptionell Methodik
Zielgruppe	Wissenschaft Experten Organisationen Öffentlichkeit

Tabelle 1: Abgrenzung und Einordnung der Literaturrecherche
Quelle: In Anlehnung an Cooper (1988)

Die Literaturrecherche wird im Folgenden nochmals in Anlehnung an Cooper (1988) eingegrenzt und beschrieben (siehe Tabelle 1). Die gewählten Ausprägungen sind hervorgehoben.

In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus der Literaturrecherche im Bereich der Forschungsergebnisse sowie der theoretischen Ansätze sowie Ansätze aus der Praxis. Cooper (1988) betont, dass verschiedene Schwerpunkte gewählt werden können. Das Ziel der Literaturrecherche ist die Integration bereits vorhandener Methodiken und Ansätze z. B. zur Identifikation geeigneter Prozesse zur Automatisierung. Hierbei wird eine neutrale Perspektive vertreten, wobei auf die Forschungslücken hingewiesen wird. Die Recherche erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern erfüllt die oben beschriebenen Kriterien und ist daher als selektiv zu betrachten. Die durchgeführte Literaturrecherche folgt der Methodik von Webster und Watson (2002). Die Zielgruppe der vorliegenden Literaturrecherche und auch der vorliegenden Arbeit sind Wissenschaftler, Automatisierungsexperten und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor sowie KMU.

1.5 Abgrenzung und Annahmen

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, eine praxisorientierte Methodik zur Automatisierung von Geschäftsprozessen mithilfe von RPA und KI zu entwickeln. Die Methodik wird anhand von KMU sowie Organisationen des Öffentlichen Sektors validiert. KMU im Sinne dieser Arbeit sind gemäß der Definition der European Union (2025) folgende Organisationen:

1. bis zu 250 Beschäftigte,
2. Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. €,
3. oder einer Bilanzsumme von maximal 43 Mio. €.

In der Arbeit werden die im folgenden Abschnitt beschriebenen Annahmen für KMU und Organisationen getroffen. KMU verfügen häufig über eine schlanke Aufbauorganisation, eingeschränkte personelle und technische Ressourcen sowie eine begrenzte Automatisierungserfahrung. Die Durchführung von Automatisierungsprojekten erfolgt dort typischerweise ohne dedizierte Fachabteilung und erfordert daher eine praxiserprobte Methodik. Automatisierungsprojekte werden hierbei häufig dezentral durch die Fachabteilungen oder zentral durch die IT-Abteilung gesteuert. Organisationen des Öffentlichen Sektors, die ebenfalls im Fokus der Arbeit stehen, sind Kommunalverwaltungen und Städte mit bis zu 40.000 Einwohnern. Diese zeichnen sich durch standardisierte Verwaltungsprozesse, eine hohe manuelle Bearbeitungsintensität, oft heterogene Fachverfahren und fragmentierte IT-Landschaften aus.

Höhere Verwaltungsebenen (z. B. Großstädte, Landesministerien, Bundesbehörden) werden in der Methodik nicht explizit adressiert und validiert. Eine Anwendung oder Validierung in Großunternehmen oder in Behörden mit etablierten RPA-Strukturen wie einem Center of Excellence wird im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen. Aussagen zur Übertragbarkeit auf solche Organisationen sind daher Gegenstand weiterer Forschung.

Es wird zudem keine langfristige Validierung der Methodik durchgeführt. Eine vertiefte, systematische Erfolgsmessung über längere Zeiträume hinweg stellt eine sinnvolle Erweiterung für zukünftige Forschung dar.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich darüber hinaus auf die Entwicklung und Anwendung der Methodik. Eine systematische Untersuchung der menschlichen, psychologischen oder kulturellen Wirkungen (Akzeptanz, Veränderungsbereitschaft oder Angst vor

Arbeitsplatzverlust) erfolgt nicht. Derartige Fragestellungen bleiben ebenso wie vertiefte Change-Management-Aspekte außerhalb des Untersuchungsrahmens und können Gegenstand weiterführender Forschung sein.

2 Grundlagen

2.1 Einführung

Um die Grundlagen für die weitere Arbeit zu legen, erfolgt im vorliegenden Abschnitt die Diskussion und Erläuterung relevanter Literatur aus dem Bereich der Prozessautomatisierung und des PLM. Unternehmen und Organisationen investieren bereits seit vielen Jahren technische und personelle Ressourcen in die Automatisierung der Geschäftsprozesse und versuchen die Effizienz zu steigern und Mitarbeiter zu entlasten. Zu diesem Zweck können zahlreiche Tools und Technologien eingesetzt werden wie beispielsweise Workflow-Automatisierungen bis hin zur Schnittstellenprogrammierung, Nutzung von Makrorekordern oder Skripten. In der Praxis werden zahlreiche Technologien, Tools und Ansätze auch in Kombination eingesetzt, um Prozesse zu beschleunigen und Mitarbeiter nachhaltig zu entlasten. Die Automatisierung kann sich auf eine Anwendung beschränken oder auch Prozesse über Organisationsgrenzen hinweg betreffen. Im Fokus der hier vorliegenden Arbeit stehen die beiden Technologien RPA und KI, die in Kombination die Automatisierung von zahlreichen regelbasierten und nicht-regelbasierten Prozessen ermöglichen und Mitarbeiter demnach von zeitaufwendigen und repetitiven Arbeiten entlasten. RPA fokussiert hierbei die Automatisierung von regelbasierten Aufgaben und Tätigkeiten, wobei KI eine Mustererkennung und besonders die Verarbeitung von Dokumenten ermöglicht.

Des Weiteren erfolgt im folgenden Abschnitt die Auseinandersetzung mit Konzepten im Bereich des PLM, da eine Automatisierung von Prozessen nur ganzheitlich und unter Berücksichtigung der Prozesslandschaft erfolgen sollte, um Teilprozesse sinnvoll zu automatisieren und zu optimieren. Darüber hinaus unterstützt PLM bei der Verortung und Beschreibung von Prozessen entlang des Produktlebenszyklus. Die isolierte Automatisierung und Optimierung von Teilprozessen ohne eine fundierte Prozessanalyse und Berücksichtigung der angrenzenden Aufgabenbereiche und übergeordneten und nachfolgenden Prozesse birgt die Gefahr, Automatisierungspotenziale nicht vollständig zu heben und zu realisieren. Zudem ist für die erfolgreiche Durchführung von zahlreichen Geschäftsprozessen z. B. im Bereich des Lieferantenmanagements eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit mittels IT-Systemlösungen notwendig, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

Anpassungs- bzw. Prozesskosten können durch die fehlende Analyse von Prozessen entstehen, wenn deren manueller Arbeitsaufwand durch die Automatisierung steigt. Daher sind Kenntnisse im Bereich des PLM und der dazugehörigen Prozesse für eine erfolgreiche Prozessautomatisierung und -optimierung unabdingbar. In Anlehnung an Webster und Watson (2002) werden die in diesem Kapitel aufgezeigten Konzepte und Sichtweisen mittels einer Konzeptmatrix (siehe z. B. Tabelle 2) veranschaulicht, abgegrenzt und dargestellt.

2.2 Prozess

In dem vorliegenden Kapitel wird nun zunächst der Prozessbegriff genauer beleuchtet. In einer Organisation existieren zahlreiche Prozesse und häufig auch ein unterschiedliches Verständnis des Prozessbegriffs je nach Aufgabenbereich (Entwicklungsprozess- oder Produktionsprozess), Vorerfahrung und Domänenwissens (Betriebswirtschaft, Informatik oder Produktion) und Einsatzgebiet (Verwaltung, Fertigung oder Einkauf). Demnach kann der Prozessbegriff je nach Kontext eine unterschiedliche Bedeutung und Ausprägung haben, wobei häufig bestimmte Gemeinsamkeiten vorliegen, die im folgenden Kapitel herausgearbeitet werden.

In der Literatur existieren ebenfalls verschiedene Beiträge und Definitionen zum Begriff Prozess- und Prozessautomatisierung. Daher erfolgt in diesem Kapitel die Auseinandersetzung und Diskussion verschiedener Definitionen und Ansätze.

Nach DIN IEC 60050-351 ist ein Prozess die Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System. Im Ergebnis wird Materie, Energie oder auch Information umgeformt, transportiert oder abgespeichert (Deutsches Institut für Normung, 2014). Nach Merriam-Webster (2024) kann ein Prozess unterschiedlich definiert werden: „A natural phenomenon marked by gradual changes that lead toward a particular result“, „a continuing natural or biological activity or function“ oder „a series of actions or operations conducing to an end“ (Merriam-Webster, 2024, S. 1).

Geschäftsprozesse dagegen stellen Prozesse in Unternehmen und Organisationen dar, die zur Erreichung der Unternehmensziele dienen: „Geschäftsprozesse sind die zusammenhängenden Folgen von Tätigkeiten, die in Unternehmen zur Erreichung der Unternehmens- bzw. Organisationsziele erledigt werden.“ (Staud, 2001, S. 4). Dies können beispielsweise Freigabe- oder Entwicklungsprozesse für neue Bauteile oder Änderungsprozesse an bestehenden Bauteilen sein, um Kundenanforderungen zu erfüllen und somit

zum Unternehmensziel wie z. B. einem Umsatzziel beizutragen. In der hier vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf der Automatisierung von Geschäftsprozessen in Unternehmen, die am Computer durchgeführt werden und zu den Zielen des Unternehmens beitragen. Im Folgenden werden die Begriffe Geschäftsprozess und Prozess daher synonym verwendet.

In der Literatur wird häufig postuliert, dass in einem Prozess definierte Inputs durch Tätigkeiten und Vorgänge verändert und als Output bereitgestellt werden. Dies können Produkte, Informationen, Entscheidungen oder auch Dienstleistungen sein. Ein Output wird dann folglich weiteren Empfängern übermittelt, um relevante Folgeprozesse anzustoßen (Deutsches Institut für Normung, 2015). Aguilar-Savén (2004) betont ebenfalls, dass Prozesse innerhalb einer Organisation aus mehreren Aktivitäten und einer definierten Struktur bestehen, die sowohl die Reihenfolge als auch Abhängigkeiten beschreibt. Eine Beschreibung von Prozessen dient daher der Analyse und dem gemeinsamen Verständnis einer Organisation und derer Abläufe.

Zairi (1997) beschreibt einen Prozess ebenfalls als Transformation von Inputs zu Outputs und als Ansatz einer Organisation, in dem alle Ressourcen einer Organisation verlässlich, wiederkehrend und konsistent eingesetzt werden, um festgelegte Ziele zu erreichen. Autoren, die ebenfalls dieser transformativen Sichtweise bzw. Prozessverständnis folgen, betonen u. a. auch, dass Prozesse wiederkehrend durchgeführt werden, Ressourcen binden, einen Mehrwert generieren und stets das Ziel verfolgen, Kundenbedürfnisse zu erfüllen: „A correctly designed business process has the voice and perspective of the customer "built in." A process should be designed to produce outputs that satisfy the requirements of the customer.“ (Davenport, 1997, S. 15).

Talwar (1993) betont ebenfalls den transformativen Charakter eines Prozesses. Demnach ist ein Prozess eine Sequenz von vordefinierten Aktivitäten, die ausgeführt werden, um ein definiertes und spezifisches Ziel oder ggf. mehrere Ziele zu erreichen. In Anlehnung an Davenport (1997) sieht auch Talwar (1993) das Ziel eines Prozesses in der Erfüllung der Bedürfnisse von relevanten Stakeholdern. Talwar (1993) differenziert die relevanten Stakeholder jedoch nochmals mittels eines Stufenmodells: Hierbei profitiert Stufe eins direkt von den Prozessen in der Organisation wie z. B. Mitarbeiter, Kunden und Management. Weitere Stakeholder wie beispielsweise Zulieferer auf Stufe zwei oder Shareholder bzw. Analysten auf Stufe drei profitieren indirekt von den Prozessen und zeigen ein größeres Interesse an der Gesamtheit und Stimmigkeit von übergeordneten (Management-)

Prozessen. Nach Richter-von Hagen und Stucky (2004) zeichnen sich Prozesse ebenfalls durch eine Sequenz von Aktivitäten aus, deren Ziel in der Entwicklung von Produkten oder Services für Kunden liegt. Diese Produkte oder Services stiften einen Nutzen bzw. Wert und werden von einem oder mehreren Ereignissen begonnen und beendet. Die Basis für die Prozesse bildet die Organisationsstruktur.

Weitere Autoren postulieren neben dem linearen und des sequentiellen Ablauf, dass Prozesse von Menschen oder Applikationen entweder manuell, semi-automatisiert oder automatisiert ausgeführt werden und durch einen Input sowie verschiedenen Aktivitäten ein gewünschtes Ergebnis (Output) entsteht, welches ein Prozessempfänger erwartet und erhält (Gillot, 2008).

Die transformative Sichtweise stößt jedoch an ihre Grenzen, wenn die Definition von Input und Output bei komplexen Prozessen nicht möglich ist, oder die Koordination anstatt des Outputs im Vordergrund steht (koordinative Sichtweise). Dies ist beispielsweise bei Konstruktions- oder Entwicklungsprozessen denkbar, da hierbei nicht die strikte Input-Output-Regel befolgt wird, sondern Lösungen interdisziplinär, verteilt und einzelne Aktivitäten ggf. auch mehrfach durchgeführt werden. Diese Kritik ist auch in der Literatur zu finden: „Indeed, inputs, flow and outputs may be less clear in service delivery, because of interpretations by actors and unstructured information exchange. In this context, a BP rather refers to coordination towards goal achievement than to a predefined and strict transformation.“ (van Looy et al., 2011, S. 1122).

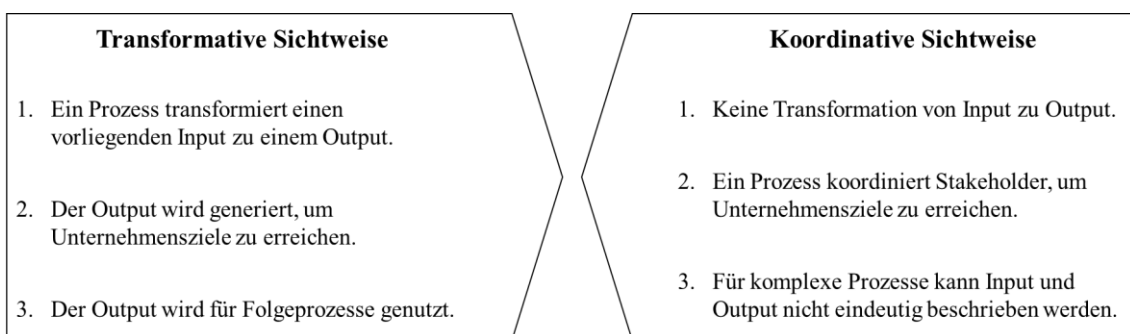


Abbildung 6: Vergleich der transformativen und koordinativen Sichtweise
Quelle: Eigene Darstellung

Ein Vergleich der beiden vorgestellten Sichtweisen ist in Abbildung 6 zu finden. In der hier vorliegenden Arbeit wird der transformativen Sichtweise gefolgt, da RPA und KI hauptsächlich in Prozessen eingesetzt werden, denen Input sowie Output zugrunde liegt. Schließlich werden die beiden Technologien für repetitive und regelbasierte Aufgaben

eingesetzt, mit dem Ziel einen Input wie beispielsweise eine Excel-Tabelle, CSV-Datei, PowerPoint-Folie oder allgemein Unternehmensdaten zu bearbeiten, zu transformieren und bedarfsgerecht bereitzustellen. Die hier vorliegende Arbeit folgt dieser Definition des Prozessbegriffs:

„... a process will be taken to be any sequence of pre-defined activities executed to achieve a pre-specified type or range of outcomes. Ideally, that result should satisfy the diverse set of ‘stakeholders’ who have an interest in the process and its outcome.“ (Talar, 1993, S. 26).

Für Prozesse, die der Koordination und Kollaboration innerhalb einer Organisation dienen – etwa der Zusammenarbeit in Entwicklungsprojekten – werden häufig Business-Software oder Groupware-Lösungen eingesetzt, um Abläufe zu unterstützen, zu beschleunigen und bei Bedarf teilweise zu automatisieren. Groupware vereint unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche verschiedene Anwendungen, die die Zusammenarbeit, auch über zeitliche und räumliche Distanz, unterstützt (httc e.V., 2017, S. 2). Eine bekannte Groupware ist beispielsweise Microsoft Outlook bzw. Microsoft Exchange. Durch die Einführung von Microsoft Copilot können zahlreiche Prozesse innerhalb der Groupware automatisiert und unterstützt werden, da Microsoft Copilot beispielsweise den E-Mail-Verkehr automatisiert zusammenfassen kann, Termineinladungen versenden kann oder gar PowerPoint-Präsentationen nach Vorgaben des Nutzers erstellt. Da auch bei diesen Automatisierungen der Input zu Output transformiert wird, wie z. B. eine Excel-Tabelle mit Diagrammen in eine PowerPoint, verschwimmen die Grenzen zwischen transformativer und koordinativer Sichtweise zunehmend.

Die Prozesse, die mittels RPA und KI automatisiert werden, erfüllen jedoch die Definition der transformativen Sichtweise, sodass in der Arbeit der Definition gefolgt wird, dass ein Prozess einen Input besitzt und nach einer bestimmten Anzahl an Aktivitäten ein Output generiert wird, welcher zur Erreichung der Unternehmens- bzw. Organisationsziele dient. Die Unternehmens- bzw. Organisationsziele können auch enger gefasst und verstanden werden, da ein Freigabeprozess beispielsweise das Ziel verfolgt, eine Bauteiländerung oder die Neuanlage eines Bauteils zu steuern und sicherzustellen. Schlussendlich dient die Freigabe jedoch dazu, dass die Vertriebsabteilung das Produkt verkaufen kann, um einen Umsatz zu erzielen.

Autor	Transformative Sichtweise	Koordinative Sichtweise
Deutsches Institut für Normung (2014)	X	
Merriam-Webster (2024)	X	
Staud (2001)		X
Aguilar-Savén (2004)	X	
Zairi (1997)	X	
Davenport (1997)	X	
Talwar (1993)	X	
Richter-von Hagen und Stucky (2004)		X
Gillot (2008)	X	
van Looy et al. (2011)		X

Tabelle 2: Vergleich zwischen der transformativen und koordinativen Sichtweise
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 2 (Konzeptmatrix) sind nochmals zusammenfassend die entsprechenden Autoren sowie die zugehörigen Sichtweisen zu finden. Bei der Betrachtung wird ersichtlich, dass die meisten Autoren der transformativen Sichtweise folgen.

2.3 Product Lifecycle Management

2.3.1 Definition

In der heutigen wettbewerbsintensiven und von Diskontinuitäten geprägten Welt steht das erfolgreiche Management der Produkte und Prozesse über den gesamten Lebenszyklus im Mittelpunkt einer effektiven Unternehmensstrategie. In diesem Zusammenhang wird häufig von PLM als IT-System, Ansatz oder der PLM-Strategie gesprochen. Der Begriff PLM wird in der Industriepraxis sowie Forschung häufig genutzt, jedoch existiert keine einheitliche Definition. Vielmehr folgen zahlreiche Anwender der Sichtweise, dass PLM ein IT-System darstellt, welches alle Phasen des Produktlebenszyklus unterstützt: „PLM is a system to integrate and manage disparate information, processes, and people from diverse areas – development, marketing, service, and partners – into a unified end-to-end product development strategy. It digitizes and systematizes all necessary information and activities.“ (Krebsbach, 2024).

Auch die kommerziellen Anbieter wie z. B. Siemens oder Oracle bewerben auf den Webseiten PLM-Systeme mit umfangreichen Funktionalitäten (Siemens, 2025), (Oracle, 2025). Folglich ist PLM als ein käufliches Produkt zu verstehen, welches den Informationsfluss über den gesamten Lebenszyklus optimiert.

Dagegen existiert ebenfalls die Sichtweise, dass PLM ein Ansatz bzw. eine Strategie darstellt und in den Bereich des Informationsmanagements fällt. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Definition gefolgt:

„Das Product Lifecycle Management bezeichnet das produktbezogene und unternehmensübergreifende Informationsmanagement und umfasst darüber hinaus die Planung, Steuerung und damit die Kontrolle (Organisation) der zur Erzeugung und ganzheitlichen Verwaltung dieser Daten, Dokumente und Ressourcen erforderlichen Prozesse im gesamten Produktlebenszyklus.“ (Ovtcharova et al., 2025).

Nach CIMdata (2002) verfolgt PLM das Ziel, alle Informationen und Aktivitäten rund um ein Produkt über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg strukturiert zu steuern. Im Vordergrund steht dabei die bereichsübergreifende Zusammenarbeit – von der ersten Idee bis zur Außerdienststellung des Produkts. PLM schafft dafür eine einheitliche Datenbasis, in der Menschen, Prozesse und Systeme miteinander verknüpft werden. Auf diese Weise wird ein konsistenter Informationsfluss sichergestellt, der unternehmensintern wie auch über Organisationsgrenzen hinweg eine effiziente und transparente Produktentwicklung ermöglicht.

Bei der genaueren Betrachtung dieser beiden Sichtweisen zufolge fällt auf, dass es nicht nur um die Integration von Technologien geht, sondern vielmehr von einem umfassenden Ansatz gesprochen wird, der auch Prozesse, Ressourcen etc. einschließt. Den Autoren zufolge stellt PLM weder ein einzelnes noch eine Kombination aus mehreren IT-Systemen dar, sondern muss umfassender verstanden werden.

Weitere Autoren folgen dieser Sichtweise und betonen, dass PLM sich nicht nur auf ein Produkt bezieht, sondern auch bei Bedarf das gesamte Portfolio einer Organisation steuert und koordiniert:

„Product Lifecycle Management (PLM) is the business activity of managing, in the most effective way, a company’s products all the way across their lifecycles; from the very first idea for a product all the way through until it is retired and disposed of. PLM is the management system for a company’s products. It doesn’t just manage one of its products. It manages, in an integrated way, all of its parts and products, and the product portfolio. PLM manages the whole range, from individual part through individual product to the entire portfolio of products.“ (Stark, 2024, S. 1).

Corallo et al. (2013) beschäftigen sich mit einer Vielzahl von Definitionen zum Begriff PLM und vergleichen diese systematisch anhand verschiedener Kriterien. Falls von einem integrierten Ansatz gesprochen wird, dann definieren die Autoren diese Begrifflichkeiten wie folgt: „It means the act of dealing with PLM considering its different related aspects (e.g., information, technology, and strategic points of view).“ (Corallo et al., 2013, S. 4).

Der PLM-Ansatz beschäftigt sich also nicht allein mit IT-Systemen, sondern betrachtet auch Informationen und strategische Gesichtspunkte, um einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen und somit einen Mehrwert für die Organisation zu erbringen. Der Begriff einer Strategie wird in der Publikation dagegen wie folgt definiert: „It is how an organization takes decisions and manages resources to gain and maintain a competitive advantage over a period of time.“ (Corallo et al., 2013, S. 4). Eine Strategie hat also demnach die Absicht, einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen und steht somit ebenfalls für die Entscheidungsfindung und die Verwendung der Ressourcen auf diesem Weg.

PLM Technology Guide ist ein Zusammenschluss von PLM-Experten und definiert PLM wie folgt: „Product lifecycle management or PLM is an all-encompassing approach for innovation, new product development and introduction (NPDI) and product information management from ideation to end of life. PLM Systems as an enabling technology for PLM integrate people, data, processes, and business systems and provide a product information backbone for companies and their extended enterprise.“ (PLM Technology Guide, 2025, S. 1). Diese Definition fokussiert stärker die technischen Aspekte und die Unterstützung bei der Neuentwicklung von Produkten durch PLM. Es bleibt aber unklar, ob PLM als System oder als Ansatz gesehen wird, da beide Begriffe in der Definition genannt werden. Grieves (2006) betont, dass PLM einen integrierten, informationsbasierten Ansatz beschreibt, der Menschen, Prozesse und Technologien miteinander verbindet, um sämtliche Phasen eines Produkts von der Entwicklung über die Fertigung und Nutzung bis hin zur Wartung ganzheitlich zu steuern. Nach Grieves (2006) verfolgt PLM den Lean-Ansatz, um Zeitverschwendung zu reduzieren und Ineffizienzen zu beseitigen. Abramovici (2007) definiert PLM ebenfalls als integrierten Ansatz, der IT-Systeme einsetzt und verschiedene Unternehmen und Phasen des Produktlebenszyklus adressiert.

Andere Autoren gehen in der Definition stärker auf die Vorteile von PLM ein: „As such, PLM enables manufacturing organizations to obtain competitive advantages by creating better products in less time, at lower cost, and with fewer defects than ever before. In

summary, PLM not only provides process management throughout the entire product lifecycle, but also enables effective collaboration among networked participants in product value chain, which distinguishes it from other enterprise application systems, such as enterprise resource planning (ERP), supply chain management (SCM), customer relationship management (CRM), etc.“ (Ming et al., 2008, 154f).

Eine andere Sichtweise und Definition hebt hervor, dass PLM ein System ist, welches Geschäftsprozesse unterstützt: „Product lifecycle management (PLM) takes a systems perspective to facilitate the efficient use, dissemination, creation, and change of product related information through representations that efficiently capture product semantics to optimize business processes and system integrations spanning multiple phases of the product lifecycle.“ (Rangan et al., 2005, S. 227).

Schuh et al. (2008) postulieren, dass PLM zwei Aspekte vereint, die für Organisationen von Interesse sind: „Product lifecycle management (PLM) innovates as it defines both the product as a central element to aggregate enterprise information and the lifecycle as a new time dimension for information integration and analysis. Because of its potential benefits to shorten innovation lead-times and to reduce costs, PLM has attracted a lot of attention at industry and at research.“ (Schuh et al., 2008, S. 210).

Auch Schuh et al. (2008) folgen somit der Ansicht, dass PLM als Strategie und Ansatz zu verstehen ist.

Autor	IT-System	Strategie & Ansatz
Krebsbach (2024)	X	
Siemens (2025)	X	
Oracle (2025)	X	
Ovtcharova et al. (2025)		X
CIMdata (2002)		X
Corallo et al. (2013)		X
Stark (2024)		X
PLM Technology Guide (2025)	X	X
Abramovici (2007)		X
Grieves (2006)		X
Ming et al. (2008)		X
Rangan et al. (2005)	X	
Schuh et al. (2008)	X	

Tabelle 3: Überblick und Vergleich zwischen den Definitionen des Begriffs Product Lifecycle Management
Quelle: Eigene Darstellung

Ein Überblick über die verschiedenen Definitionen und die Sichtweisen zum Begriff PLM ist in Tabelle 3 zu finden. Folgt man der Sichtweise, dass PLM als Strategie zu verstehen ist, ergibt sich zudem die Frage, wie PLM im Kontext des strategischen Managements zu verorten ist. Für Top-Manager von schnell wachsenden und komplexen Unternehmen wurde es während der 1950 und 1960er Jahre schwieriger, sowohl die Kontrolle über alle Prozesse zu behalten als auch Entscheidungen zu koordinieren. Es wurden verschiedene Werkzeuge benötigt, um Ziele und Aufgaben zuverlässig zu definieren. Prognoseverfahren sollten hierbei helfen, wichtige mögliche wirtschaftliche Entwicklungen zu zeigen, um beispielsweise Marktnachfragen, Umsatzerlöse und Kosten besser abschätzen zu können. (Grant & Nippa, 2006)

Dieser Planungshorizont betrug in der Regel nicht mehr als 5 Jahre (Hungenberg, 2012). Es entstand somit zunächst das Konzept der langfristigen Unternehmensplanung, um mit einer grundlegenden Planungsmethodik wichtige wirtschaftliche Entwicklungen abzuschätzen. Der Wandel von der Planung hin zu dem häufig verwendeten Begriff des strategischen Managements ist u. a. durch die Zunahme von Marktturbulenzen für Organisationen zu erklären. (Schreyögg, 1999)

Hungenberg (2012) beschreibt den Wandel zum strategischen Management ähnlich. Das Umfeld eines Unternehmens ändert sich zu schnell und ist von Diskontinuitäten geprägt. Eine Fortschreibung der Vergangenheit oder ein langer Planungshorizont sind in diesem

Umfeld nicht mehr zuverlässig. Ein genauerer Blick auf die Umwelt des Unternehmens und in die Zukunft wird daher wichtiger. Somit ist der Übergang von der langfristigen Unternehmensplanung zur strategischen Planung entscheidend, um der Änderungsdynamik Rechnung zu tragen. Das strategische Management ist dann schließlich die Antwort auf einen weiteren, beschleunigten Wandel in der Umwelt und die Erkenntnis, dass die Implementierung der Strategie ebenfalls ein wichtiger Baustein ist.

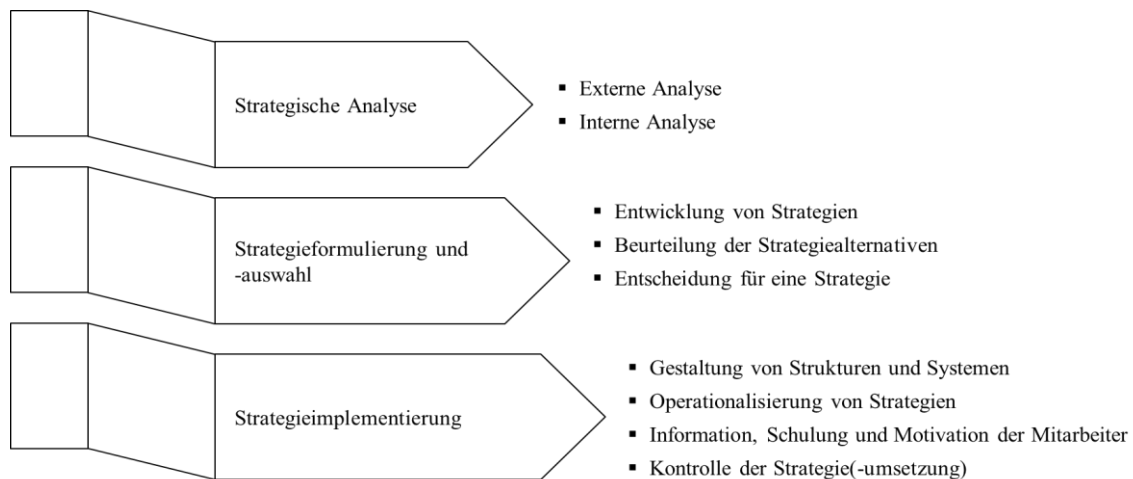


Abbildung 7: Darstellung des Prozesses des strategischen Managements
Quelle: In Anlehnung an Hungenberg (2012)

Ein Strategieprozess enthält nach Hungenberg (2012) drei entscheidende Phasen, die in Abbildung 7 dargestellt sind. In der ersten Phase stehen im Rahmen einer externen Analyse die Chancen und Risiken im Vordergrund, die es zu untersuchen gilt. Im Rahmen der internen Analyse dagegen werden Stärken und Schwächen analysiert. Darauf aufbauend erfolgt die Entwicklung einer oder auch mehrerer Strategien sowie die Entscheidung für eine Strategie, die den langfristigen Unternehmenserfolg sichern sollte. Schlussendlich wird diese Strategie implementiert, Strukturen und Systeme geschaffen sowie die Mitarbeiter motiviert und geschult. PLM stellt somit einen Baustein in der zweiten und dritten Phase im Rahmen der Strategieformulierung, -auswahl und -implementierung dar. Die Sichtweise, dass PLM einen Ansatz und eine Strategie darstellt, ist umfassender und betont, dass PLM kein käufliches Produkt, sondern vielmehr eine betriebsspezifische Umsetzung von PLM erfordert. Selbstverständlich spielen vorhandene IT-Systemlösungen im PLM-Ansatz eine entscheidende Rolle, da produktrelevante Daten und Informationen durch derartige IT-Systemlösungen verwaltet werden und den Anwendern bedarfs-

gerecht zur Verfügung stehen. Diese IT-Systemlösungen stellen jedoch lediglich technische Werkzeuge dar, um den PLM-Ansatz betriebspezifisch umsetzen zu können. Darüber hinaus geht es im PLM-Ansatz auch um die Prozesse, die eine Zusammenarbeit zwischen Fachbereichen, Unternehmen oder externen Organisationen regeln. Dies ist jedoch häufig nicht nur durch ein IT-System zu erreichen, da verschiedene Organisationen am Markt historisch gewachsene IT-Strukturen besitzen und ein umfassender Ansatz zur Etablierung stabiler und resilienter Prozesse für eine Zusammenarbeit notwendig ist. In der hier vorliegenden Arbeit wird der Sichtweise gefolgt, dass PLM ein Ansatz und zugleich eine Strategie darstellt, die mittels IT-Systemlösungen betriebspezifisch zu planen und zu implementieren sind. Folglich stellt PLM kein IT-System oder käufliches Produkt dar, sondern ergibt sich aus einer Vielzahl von Technologien, IT-Systeme, Prozessen, Ressourcen und unter Berücksichtigung der betriebspezifischen Rahmenbedingungen. Der integrative Ansatz von PLM zielt daher darauf ab, den gesamten Lebenszyklus eines Produkts von der Konzeption über die Entwicklung und Produktion bis hin zur Markteinführung und schließlich der Ausmusterung zu steuern und erfolgreich zu managen. In den jeweiligen Phasen des Produktlebenszyklus sind zahlreiche Aufgaben durchzuführen, um das Produkt erfolgreich auf dem Markt zu platzieren, Weiterentwicklungen anzustoßen und schlussendlich die Ausmusterung oder Wiederverwendung erfolgreich zu gestalten.

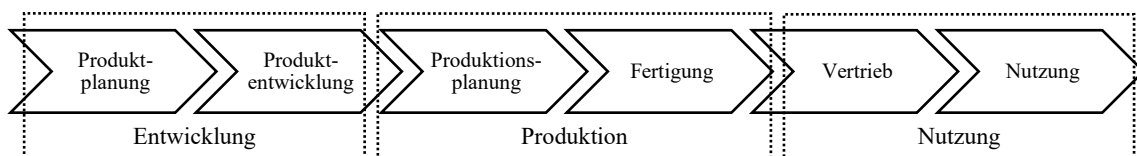


Abbildung 8: Der Produktlebenszyklus im Überblick
Quelle: In Anlehnung an Ovtcharova et al. (2025)

In Abbildung 8 ist eine beispielhafte Darstellung eines Produktlebenszyklus zu finden. In den jeweiligen Phasen des Produktlebenszyklus werden verschiedene Prozesse (Konstruktion, Validierung, Qualitätsprüfung etc.) durchgeführt, die dafür sorgen, dass ein Produkt entwickelt, produziert und schließlich genutzt werden kann. Es wird betont, dass ein Produkt sowohl ein materieller/physischer Gegenstand (tangible) sein kann wie z. B. ein Flugzeug, Auto oder Computer oder auch immateriell (intangible) wie z. B. eine Software oder ein Service (Stark, 2024).

Jedoch sind auch hier Zwischenformen und Kombinationen möglich, sodass ein Produkt und Service in Kombination angeboten werden. In der aktuellen Forschung spricht man

in diesem Fall von einem Produkt-Service-System. Der Ansatz hat u. a. das Ziel, die Umweltauswirkungen und -belastungen zu reduzieren, indem ein Nutzen durch einen Service anstatt mittels eines Produkts bereitgestellt wird. Unternehmen können durch Produkt-Service-Systeme zusätzlichen Wert für die Nutzer schaffen, neue Märkte erschließen und Kundenbedürfnisse besser verstehen. (Mont, 2002)

Die Notwendigkeit eines PLM-Ansatzes für Organisationen ergibt sich aus unterschiedlichen Herausforderungen. Zahlreiche Prozesse z. B. ein Freigabeprozess für Bauteiländerungen, Entwicklungsfreigaben, Budgetanpassungen etc. werden in Unternehmen häufig dokumentiert und abgestimmt, jedoch in verschiedenen Fachbereichen unterschiedlich gelebt. Hierdurch entstehen Informationsbrüche und Intransparenzen während der Zusammenarbeit über Fachbereiche hinweg. Organisationen besitzen zudem zahlreiche Daten, Informationen und Wissen über ihre Produkte und die damit verbundene Prozesse. Diese sind jedoch häufig nicht nur in einem IT-System gespeichert, sondern werden vielmehr über mehrere IT-Systeme hinweg gespeichert. PLM kann hierbei die Anwender unterstützen, sodass Daten, Informationen und Wissen konsistent über die verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus bedarfsgerecht bereitgestellt werden. Hierdurch wird verhindert, dass Konstrukteure mit Daten und Dokumenten arbeiten, die nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen. (Ovtcharova et al., 2025)

Die Verwendung von veralteten Daten und Dokumenten kann zudem dazu führen, dass relevante interne Richtlinien, Compliance-Anforderungen sowie externe Anforderungen nicht in ausreichendem Maße oder gar zu spät berücksichtigt werden. Vertragsstrafen, rechtliche oder finanzielle Konsequenzen bis hin zu behördlichen Restriktionen sowie Einfuhrbeschränkungen für wichtige Absatzmärkte können die Folge sein. PLM kann demnach ineffiziente Prozesse in Organisationen vermeiden, indem Abstimmungen und Informationsflüsse effizient gesteuert werden. Dies führt zu einer Kosten- sowie Zeiterparnis und hat zudem positive Auswirkungen auf die Entwicklungszeit (Time-to-Market). Insgesamt kann das Fehlen eines effektiven PLM-Ansatzes die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens erheblich beeinträchtigen. Die genannten Ausführungen und Risiken verdeutlichen, dass eine durchdachte PLM-Strategie zu implementieren ist, um die Abläufe effizient zu steuern, die Qualität zu sichern und die Marktanforderungen vollumfänglich zu erfüllen. Die Kombination von PLM mit Technologien zur Automatisierung von Prozessen verspricht großes Potenzial, um wertvolle Zeit einzusparen (Kreuzwieser et al., 2021). Die Verbesserung und Automatisierung von Prozessen im Rahmen eines

PLM-Ansatzes ist somit von entscheidender Bedeutung, weil diese maßgeblich die Effizienz, Qualität und Wettbewerbsfähigkeit einer Organisation beeinflussen.

Bei der Betrachtung der Definitionen fällt zudem auf, dass drei verschiedene Konzepte des PLM-Ansatzes unterschieden werden sollten. Zum einen besteht das Konzept, welches sich auf das einzelne Produkt (Produktausprägung) fokussiert. Dies beinhaltet die Steuerung des Lebenszyklus einer einzigen Ausprägung z. B. eines physischen Guts wie einem Kraftfahrzeug. Diesem Konzept nach steuert die PLM-Strategie den Lebenszyklus dieses einen Fahrzeugs von der Entwicklung über die Nutzung bis hin zur Verschrottung. Selbstverständlich ist auch eine Weiterverwendung in Form eines Re-Purposing möglich, sodass die Produktinstanz weiter existiert (Fahrzeug z. B. als Ausstellungsstück in einem Museum), jedoch nicht mehr den ursprünglichen Zweck erfüllt. Re-Purposing steht in diesem Fall dafür, einen neuen Verwendungszweck für ein Produkt zu finden: „to find a new use for an idea, product, or building.“ (Cambridge University Press & Assessment, 2024).

Ein zweites Konzept bezieht sich nicht auf eine einzelne Produktausprägung, sondern auf die Produktkonzeption. Demnach steht die Steuerung und das Management des Lebenszyklus der Produktkonzeption (z. B. Modellreihen) im Vordergrund und nicht der einzelnen Produktausprägung (z. B. einzelnes Kraftfahrzeug). Eine Organisation muss demnach zunächst das PLM der Produktkonzeption definieren und implementieren, um im Anschluss auch einzelne Produktausprägungen über den gesamten Produktlebenszyklus steuern zu können. Im Gegensatz dazu können Produktausprägungen länger existieren als die Produktkonzeption. Dies ist beispielsweise der Fall, falls ein Kraftfahrzeug auch noch längere Zeit nach dem Auslaufen der Produktion- oder gar der Ersatzteilbevorratung dieser Modellreihe existiert und genutzt wird.

Das dritte Konzept bezieht sich auf die Produktgesamtheit, da hierbei alle von der Organisation angebotenen Güter (z. B. Kraftfahrzeug, Zweiräder) oder Dienstleistungen (z. B. Cloud-Dienste, Wartungsverträge etc.) adressiert werden und eingeschlossen sind. PLM hat somit die Aufgabe, das Portfolio über den gesamten Produktlebenszyklus zu steuern und Informationsflüsse zu gewährleisten. In jedem Fall enthält die Produktgesamtheit die einzelnen Produktkonzeptionen sowie auch die aktuell verfügbaren und angebotenen Produktausprägungen am Markt. In der Arbeit werden Anwendungsfälle und Prozesse betrachtet, die sich auf die Produktgesamtheit beziehen und Informationsflüsse sicherstellen.

2.3.2 Systemlösungen

Die vorliegende Arbeit folgt der Sichtweise, dass PLM kein käufliches Produkt darstellt, sondern vielmehr betriebspezifisch umzusetzen ist. Dies geschieht in der Praxis häufig durch IT-Systeme, die spezifisch geplant und implementiert werden. Die folgenden IT-Lösungen stehen im Vordergrund und finden auch Anwendung in den in der Arbeit vorgestellten Anwendungsfällen:

1. Product Data Management (PDM)
2. Enterprise Resource Planning (ERP)
3. Supply Chain Management (SCM)
4. Customer Relationship Management (CRM)
5. Manufacturing Execution System (MES)

Zudem besteht die Zielsetzung von PLM darin, lokale Geschäftsabläufe zu einem durchgehenden Geschäftsprozesssystem zu entwickeln und neue Anwendungsfelder durch die Nutzung von innovativen Technologien zu ermöglichen. Demnach existiert Handlungsbedarf durch eine Integration von drei wichtigen Komponenten: Prozesse, Ressourcen sowie Daten und Informationen (Ovtcharova et al., 2025). In der hier vorliegenden Arbeit stehen die Prozesse sowie deren Automatisierung im Vordergrund, wobei ein Grundverständnis über die Begrifflichkeiten Daten und Informationen sowie Ressourcen notwendig erscheint und daher an dieser Stelle eingeführt wird.

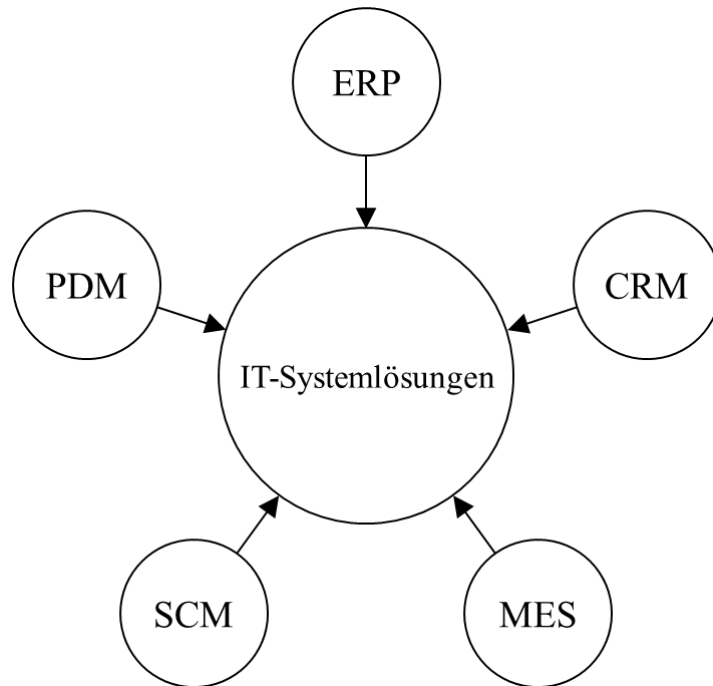


Abbildung 9: IT-Systemlösungen im Überblick
Quelle: Eigene Darstellung

Der Kern eines PLM-Ansatzes bilden die bereits beschriebenen und in Abbildung 9 aufgelisteten Systemlösungen, die auch maßgeblich bei der täglichen Arbeit und Durchführung von Prozessen angewendet werden.

Die genannten IT-Systemlösungen unterstützen relevante Prozesse in einer Organisation und tragen somit zu den übergeordneten Unternehmenszielen bei. Die folgenden Ausführungen zu den einzelnen Systemlösungen basieren auf Ovtcharova et al. (2025). PDM-Systeme sind für die Verwaltung und Archivierung von Produktdaten verantwortlich wie z. B. Zeichnungen, Sachmerkmale oder gar Stücklisten.

Häufig werden am Markt angebotene Lösungen als PLM-Systeme bezeichnet, wobei diese i. d. R. lediglich PDM-Systeme darstellen. Der PLM-Ansatz hat sich zudem Ende der 90er Jahre maßgeblich aus einer Erweiterung von PDM-Systemen entwickelt. Im Gegensatz zum PLM-Ansatz fokussiert ein PDM-System jedoch die frühen Phasen des Produktlebenszyklus (Entwicklung und Konstruktion). (Eigner, 2009)

PDM-Systeme bilden somit eine Schnittstelle in Richtung der CAX-Systeme und des ERP-Systems, wobei sich die PDM-Systeme aus drei verschiedenen Richtungen entwickelt haben, die im Folgenden vorgestellt werden.

Zum einen entwickelte sich der Bedarf aus dem Dokumentenmanagementsystem (DMS). Unter einem Dokument wird meist ein „elektronisches Dokument“ verstanden, welches

i. d. R. als geschlossene Einheit schwach oder unstrukturierte Informationen speichert (Eigner, 2009). Weitere Definitionen betonen darüber hinaus, dass Dokumente häufig noch physisch auf Papier vorhanden sind: „a paper or set of papers with written or printed information, especially of an official type.“ (Cambridge University Press & Assessment, 2024, S. 1). In der Literatur sind noch weitere Merkmale von Dokumenten zu finden:

„A document is a transitional and changing object defined within a precise stage of the project life cycle. Generally, a document is related to many elaborated documents of the project documentary database. A document has one or many authors. It is described by general attributes such as a code, an index, a designation, a date of creation and a list of its authors. Ideally, a list of document versions also keeps track of any amendments made to the document during its lifecycle.“ (Meziane & Rezgui, 2004, S. 20).

Demnach verändern sich Dokumente im Zeitverlauf entlang des Produktlebenszyklus und es entstehen Abhängigkeiten zwischen einzelnen Dokumenten, die von mehreren Autoren erstellt oder auch verändert werden können. Nach Sprague (1995) werden Dokumente in Organisationen zahlreich eingesetzt z. B. in Form von Verträgen, Reports, Handbüchern, E-Mails, Videos, Transkripten, Protokollen oder auch Memos. Diese Dokumente werden häufig in einem ganzen Organisationsnetzwerk geteilt, verwendet, bauen auch teilweise auf anderen Dokumenten auf und werden permanent von verschiedenen Benutzern betrachtet und verändert.

Wird beispielsweise ein Lastenheft in Word erstellt, stellt die entsprechende Datei das Dokument dar, das ein Objekt wie etwa ein Produkt beschreibt. Nach einer Änderung kann dieses Dokument verändert und wieder freigegeben werden. Nach Ovtcharova et al. (2025) beschreiben Dokumente ebenfalls Produkte, jedoch wird ergänzend festgehalten, dass Dokumente eine Einheit aus Daten bzw. Informationen und einem Datenträger darstellen und auch in physischer Form vorliegen können wie z. B. ein Tonmodell oder Stereolithographiemodelle. Gewöhnlich werden Produkte oder Produktkomponenten daher durch mehrere Dokumente beschrieben wie z. B. Zeichnungen (JT), Bilder (JPEG), Grafiken (GIF). Die Erstellung von Dokumenten geschieht in heutigen Organisationen i. d. R. über Software wie z. B. Computer Aided Design (CAD), Programmierumgebungen, Word oder Excel etc., die durch Mitarbeiter bedient werden.

Unabhängig davon, ob Dokumente physisch oder systemseitig erstellt werden, müssen diese gespeichert und archiviert werden. Sprague (1995) betont darüber hinaus, dass Dokumente einen Mehrwert für eine Organisation stiften – entweder direkt durch die Erzielung eines Umsatzes (z. B. für einen Zeitungsverlag) oder gemeinsam mit einem Produkt (z. B. Handbücher, Anleitungen, Konzepte oder Anforderungsdokumente). Es gibt auch noch weitere Abstufungen, da beispielsweise Unternehmensberater, Notare, Rechtsanwälte häufig Beratungsleistungen erbringen, diese jedoch zur Manifestation auch Dokumente nutzen. Zudem stiften Dokumente generell für alle Organisationen einen Mehrwert, da hierdurch der Informationsfluss unterstützt wird. Beispielsweise ist es leichter, Anforderungen zu notieren, als diese lediglich mündlich zu überliefern. (Sprague, 1995)

DMS unterstützen Organisationen bei der kurz- und mittelfristigen Ablage sowie Archivierung von Akten – entweder in Papierordnern (bei nicht codierbaren Informationen) oder es erfolgt die digitale Speicherung auf Festplatten. DMS stellen jedoch noch weitere Funktionen bereit wie z. B. die Texterkennung oder auch semantische Analyse von Dokumenten, um diese den zugehörigen Geschäftsvorfällen oder -prozessen zuzuordnen oder am richtigen Speicherort abzulegen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die Qualität der Dokumente einen bestimmten Mindeststandard erfüllt, da ansonsten keine sichere Extraktion der relevanten Werte möglich ist. Schlussendlich werden durch DMS sowohl Kosten, Zeit als auch (physischer) Platz bzw. Raum gespart und die Suche nach den geeigneten Dokumenten wird erheblich vereinfacht. Zahlreiche Prozesse in Unternehmen basieren auf DMS wie z. B. Altaktenablage oder Rechnungsablage. (Leimeister, 2015)

Rückblickend entwickelten sich PDM-Systeme aus dem CAD-System, da das Problem bestand, mit einer großen Anzahl an Produktdaten umgehen zu müssen und diese zu verwalten. CAD-Systeme unterstützen Organisationen bei der Konstruktion und Entwicklung von Produkten und Produktkomponenten, wobei die zunehmende Komplexität, Regulatorik und die Individualisierung von Kundenwünschen zu einer Zunahme der Produktdaten führt. (Ovtcharova et al., 2025)

PDM-Systeme gingen zudem aus den ERP-Systemen hervor, die in vielen Organisationen zu den häufig genutzten Systemen zählen. PDM-Systeme werden fortlaufend weiterentwickelt und beispielsweise durch KI verbessert, indem Fehler in den Daten automatisch identifiziert und behoben werden. Das PDM-System wechselt somit die Rolle von der Verwaltung zur Prozessgestaltung und -verbesserung mittels integrierte KI-Lösungen. (Riesener et al., 2022)

ERP-Systeme gehören zu den bekannten IT-Systemlösungen in der Industrie:

„... ERP is a set of highly integrated applications, which can be used to manage all the business functions within the organization. ERP is comprised of a commercial software package that promises the seamless integration of all the information flowing throughout the company, including financial, accounting, human resources, supply chain, and customer information.“ (Yen et al., 2002, S. 338).

ERP-Systeme erfüllen heute zahlreiche Funktionen in verschiedenen Aufgabenbereichen und unterstützen die Mitarbeiter bei der Prozessdurchführung: „Gartner defines enterprise resource planning (ERP) as the ability to deliver an integrated suite of business applications. ERP tools share a common process and data model covering broad and deep end-to-end processes like those found in finance, HR, distribution, manufacturing, service and the supply chain.“ (Gartner, 2025a, S. 1).

Die Entstehung von ERP-Systemen geht historisch zurück bis in die 1960er Jahre, als sogenannte Material Requirements Planning (MRP) Systeme eingesetzt wurden, um den Bedarf an Rohstoffen, Zukaufteilen etc. abzuleiten und zu steuern. Damit einhergeht der Wandel weg von der verbrauchs- hin zur bedarfsorientierten Materialdisposition (Wannenwetsch & Nicolai, 2004). In den 1970er Jahren folgten weitere Funktionen wie beispielsweise Kapazitätsplanung sowie Terminplanung und es entstand der Begriff Manufacturing Resource Planning (MRP II). Zudem wurden weitere Bereiche integriert wie Beschaffung, Fertigung und Lager. Im gleichen Zeitraum erfolgte zunehmend die Datenverarbeitung im Rechnungswesen, die aufgrund gesetzlicher Vorschriften notwendig wurde. Diese beiden Entwicklungszweige trafen schlussendlich aufeinander, sodass Anfang der 1990er Jahre der Begriff ERP entstand. (Sarferaz, 2023)

ERP-Systeme nutzen verschiedene Module wie z. B. Materialwirtschaft, Finanzrechnung, Controlling oder Logistikmodule. Der Fokus von PDM-Systemen liegt in der Entwicklung und in den Entstehungsprozessen, wohingegen ERP-Systeme die Produktion adressieren. Schnittmenge besteht jedoch bei den Materialstammdaten oder auch der Stücklistenverwaltung. (Arnold et al., 2011)

In der industriellen Praxis sind zahlreiche Systemlösungen zu finden: Zu den Marktführern gehört unter anderem Oracle, Microsoft, SAP oder auch Infor (SAP, 2022). KMU setzen jedoch heutzutage häufig auf kleinere Systemlösungen und teilweise auch Open

Source Anbieter wie z. B. Odoo. Kleinere Open Source Anbieter haben häufig Kostenvorteile, wohingegen die Marktführer mit zahlreichen Funktionen und einem ausgereiften Schnittstellenmanagement überzeugen können, beispielsweise in Richtung RPA-Anbietern wie UiPath.

In der Wirtschaft bestehen zwischen Unternehmen wechselseitige Abhängigkeiten – etwa zwischen Händlern und Zulieferern von Rohmaterialien. Auf der Gegenseite stehen die Kunden, die die Lieferung von Gütern oder die Erbringung von Dienst- bzw. Serviceleistungen erwarten. Der Begriff SCM wird in der wissenschaftlichen Literatur uneinheitlich verwendet (Janvier-James, 2011). Es empfiehlt sich zunächst, den zugrunde liegenden Begriff der Supply Chain näher zu betrachten.

„...a supply chain is defined as a set of three or more entities (organizations or individuals) directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and/or information from a source to a customer.“ (Mentzer et al., 2001, S. 4).

Die Supply Chain umfasst stets mehrere Organisationen, da sie sowohl die Nachfrageseite (Kunden) als auch die Angebotsseite in Form von Zulieferern einbezieht. Je nach Organisationsform kann die Ausprägung der Wertschöpfungskette unterschiedlich komplex sein: Während etwa ein KI-Beratungs- oder Softwareunternehmen typischerweise nur eine begrenzte Zahl an (Software-) Zulieferern benötigt, gestaltet sich die Supply Chain in produzierenden Unternehmen in der Regel deutlich vielschichtiger und umfangreicher. Nach Mentzer et al. (2001) lässt sich SCM in drei Kategorien einteilen: als Managementphilosophie, als deren praktische Umsetzung und als eine Menge von Managementprozessen. Es herrscht jedoch weitestgehende Einigkeit, dass sich SCM mit der Wertschöpfungskette beschäftigt und diese versucht optimal zu organisieren: „as the systemic, strategic coordination of the traditional business functions and the tactics across these business functions within a particular company and across businesses within the supply chain, for the purposes of improving the long-term performance of the individual companies and the supply chain as a whole.“ (Mentzer et al., 2001, S. 18). SCM lässt sich demnach als ein Konzept oder Managementansatz verstehen, welcher auf die systemische und strategische Koordination traditioneller Unternehmensfunktionen sowie deren taktische Ausgestaltung abzielt sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch unternehmensübergreifend entlang der gesamten Lieferkette. Ziel ist es, durch eine integrierte Abstimmung von

Prozessen und Ressourcen die langfristige Leistungsfähigkeit der einzelnen Unternehmen ebenso wie der gesamten Supply Chain nachhaltig zu verbessern. Dabei steht nicht die isolierte Verbesserung einzelner Teilbereiche im Vordergrund, sondern ein ganzheitlicher, auf Kooperation und Effizienz ausgerichteter Ansatz.

Der Begriff CRM dagegen bezeichnet die konsequente, strategische Ausrichtung eines Unternehmens auf die Gestaltung und Pflege von Kundenbeziehungen über alle Phasen des Lebenszyklus hinweg. Im Zentrum steht das Ziel, langfristige, profitable Kundenbindungen aufzubauen und durch ein vertieftes Verständnis kundenbezogener Daten sowohl die Kundenzufriedenheit als auch den Unternehmenserfolg nachhaltig zu steigern. Dabei handelt es sich bei CRM nicht nur um eine technologische Lösung, sondern um ein ganzheitliches Managementkonzept, das Organisationen, Prozesse, Informationssysteme und Kommunikationskanäle integriert. Moderne Ansätze umfassen operative, analytische und kollaborative Komponenten. Operatives CRM unterstützt die Automatisierung kundenbezogener Geschäftsprozesse wie Vertrieb, Marketing und Service. Analytisches CRM nutzt Kundendaten zur Erkenntnisgewinnung etwa für Segmentierungen oder prädiktive Analysen. Kollaboratives CRM wiederum fördert die abteilungs- und kanalübergreifende Kundeninteraktion, insbesondere im Kontext digitaler Touchpoints. (Ovtcharova et al., 2025)

Mit dem Fortschreiten der Digitalisierung gewinnt CRM zunehmend an strategischer Bedeutung. Typische Prozesse umfassen eine Vielzahl kundenbezogener Aktivitäten, die auf eine systematische Gestaltung der Kundenbeziehung über den gesamten Kundenlebenszyklus abzielen. Dazu zählt etwa das Lead-Management, bei dem potenzielle Kunden identifiziert, bewertet und in strukturierte Vertriebsprozesse überführt werden. Im Anschluss daran greifen Prozesse wie das Angebots- und Auftragsmanagement, welche die Erstellung, Übermittlung und Nachverfolgung von Angeboten sowie die Abwicklung von Kundenaufträgen ermöglichen. Auch das Beschwerde- und Reklamationsmanagement stellt einen zentralen Bestandteil dar, da es die strukturierte Bearbeitung von Kundenanliegen fördert und zur Stärkung der Kundenzufriedenheit beiträgt. Technologische Entwicklungen wie KI erweitern die Möglichkeiten, Kundenverhalten präzise zu analysieren und in Echtzeit auf individuelle Bedürfnisse einzugehen.

MES ist dagegen ein IT-System, welches zur Überwachung, Steuerung und Auswertung von Produktionsprozessen in Echtzeit eingesetzt wird. MES verbindet die Managementebene eines Unternehmens mit dem tatsächlichen Geschehen in der Fertigung. Ziel eines MES ist es, Abläufe auf dem Shopfloor effizienter, transparenter und besser steuerbar zu machen. Ein MES sammelt beispielsweise Daten von Maschinen sowie Anlagen, verfolgt Produktionsaufträge, überwacht Materialflüsse und kontrolliert die Einhaltung von Qualitätsvorgaben. Damit ermöglicht es Unternehmen, schnell auf Störungen zu reagieren, Stillstandzeiten zu minimieren und die Produktion besser an aktuelle Anforderungen anzupassen. (Ovtcharova et al., 2025)

Ein typischer MES-Prozess ist die Auftragsverfolgung. Hierbei erfasst das System in Echtzeit, welcher Produktionsauftrag aktuell an welcher Station bearbeitet wird und in welchem Fertigungsschritt er sich befindet. Dadurch können Durchlaufzeiten besser geplant und Engpässe frühzeitig erkannt werden. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil ist die Erfassung von Betriebs- und Maschinendaten. Hierbei werden beispielsweise Laufzeiten, Stillstände oder Störungen automatisch von den Maschinen übermittelt. Darüber hinaus ermöglicht das MES eine lückenlose Materialverfolgung. Es wird genau dokumentiert, welche Materialien in welcher Charge eingesetzt werden und wie diese im Produktionsprozess weiterverarbeitet werden. Dies ist insbesondere in qualitätskritischen Branchen von großer Bedeutung. Auch die Qualitätskontrolle ist eng mit dem MES verbunden. Prüfpläne und Qualitätsdaten werden direkt im System hinterlegt und im laufenden Prozess erfasst. So lassen sich Abweichungen sofort erkennen und entsprechende Maßnahmen einleiten. Insgesamt sorgen diese Prozesse dafür, dass Unternehmen ihre Produktion nicht nur effizient, sondern auch nachvollziehbar und qualitätsgesichert gestalten können. (SAP, 2025)

2.4 Automatisierung

Heutzutage wird der Begriff Automatisierung in unterschiedlichen Domänen und Anwendungsbereichen verwendet. In der vorliegenden Arbeit stehen Prozesse im Vordergrund, die am Computer durchgeführt werden. Hierbei werden die in dem vorangegangenen Kapitel erläuterten IT-Systemlösungen (PDM, ERP, SCM, CRM und MES) eingesetzt. Mitarbeiter in Organisationen führen häufig manuelle und repetitive Prozesse am Computer aus, in dem diese beispielsweise Daten aus dem PDM-System in das ERP-System über-

tragen oder in mühevoller händischer Arbeit Kundendaten von Papier in das CRM überführen. In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe Automatisierung und Prozessautomatisierung synonym verwendet – wobei an dieser Stelle nochmals hervorzuheben ist, dass Prozesse am Computer im Fokus stehen und keine physischen Tätigkeiten und deren Automatisierung wie z. B. Montagetätigkeiten oder physische Qualitätskontrollen beleuchtet werden.

In der Literatur wird der Begriff der Automatisierung unterschiedlich definiert. Einigkeit besteht jedoch darin, dass eine Automatisierung im engeren Sinne dazu beiträgt, dass der durchzuführende Prozess nicht mehr ausschließlich von einem Menschen durchgeführt werden muss:

„an automated system is one in which a process is performed by a machine without the direct participation of a human worker. Automation is implemented using a program of instructions combined with a control system that executes the instructions.“ (Groover, 2015, S. 20).

Weitere Definitionen betonen ebenfalls, dass der Mensch während eines automatisierten Prozesses nicht mehr unmittelbar tätig werden muss: „...die Einrichtung und Durchführung von Arbeits- und Produktionsprozessen in einer Weise, dass der Mensch für ihren Ablauf nicht unmittelbar tätig zu werden braucht, sondern alle Prozesse (einschließlich ihrer Steuerung, Regelung und teilweise auch Kontrolle) selbsttätig erfolgen.“ (Bundeszentrale für politische Bildung, 2025).

Über die rein technische Perspektive hinaus lässt sich der Begriff Automatisierung jedoch auch im Sinne einer organisatorischen Fähigkeit verstehen. Organisationen, die in der Lage sind, Prozesse zu identifizieren, zu analysieren und mithilfe geeigneter Technologien effizient zu automatisieren, besitzen eine strategisch relevante Fähigkeit.

Grundsätzlich wird der Begriff Fähigkeit häufig auch synonym zu anderen Begrifflichkeiten eingesetzt. Der oft verwendete Begriff der Ressource eines Unternehmens umfasst beispielsweise im weiteren Sinne alle Bereiche, die die Stärke eines Unternehmens ausmachen. Darunter fallen auch andere Begriffe wie Kompetenzen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und finden Verwendung in der Literatur. (Hinterhuber & Friedrich, 1997) Zudem kann festgehalten werden, dass der Begriff Automatisierung sich auch auf eine Fähigkeit einer Organisation beziehen kann, da die Fähigkeit der Prozessautomatisierung die Stärke

eines Unternehmens beeinflusst (z. B. Reaktionsgeschwindigkeit auf Kundenanfrage durch automatisierten Kundensupport oder automatische Lead-Generierung mittels Automatisierung).



Abbildung 10: Bestimmungsfaktoren für einen strategischen Wert einer Fähigkeit
Quelle: In Anlehnung an Hinterhuber und Friedrich (1997)

Um festzustellen, ob die Fähigkeit der Automatisierung einen strategischen Wert besitzt, können verschiedene Bestimmungsfaktoren herangezogen werden, die in Abbildung 10 dargestellt sind. Der Begriff der Dauerhaftigkeit wird in diesem Zusammenhang wie folgt definiert: „Die Dauerhaftigkeit einer Fähigkeit gibt an, ob und über welchen Zeitraum diese Wert stiftet und wie schnell dieser aufgebraucht wird.“ (Hinterhuber & Friedrich, 1997, S. 995).

In der Arbeit wird der Auffassung gefolgt, dass die Fähigkeit zur Automatisierung einen nachhaltigen Mehrwert stiftet. Organisationen, die über diese Fähigkeit verfügen, sind in der Lage, fortlaufend Prozesse zu identifizieren, zu analysieren und durch technische Lösungen effizient zu automatisieren. Dabei wird typischerweise nicht nur eine einzelne Lösung implementiert, sondern ein kontinuierlicher Ablauf etabliert. Dieser Prozess geht mit dem Aufbau von internem Know-how einher, da Mitarbeiter sich regelmäßig mit Au-

tomatisierungstechnologien auseinandersetzen. Die daraus entstehenden Automatisierungslösungen können über längere Zeiträume betrieben werden, sofern ihre Wartung sichergestellt ist. Zudem entsteht kein physischer Verschleiß, wodurch sich ihre Langlebigkeit erhöht. Aufgrund ihres systematischen Charakters kann die Fähigkeit zur Automatisierung auch auf andere Abteilungen, Geschäftsbereiche oder Tochterunternehmen übertragen werden. Damit ist auch die Mobilität dieser Fähigkeit gegeben. Die Imitierbarkeit ist eingeschränkt, insbesondere wenn Automatisierungswissen intern eingesetzt und nicht nach außen sichtbar wird. Die Imitierbarkeit der Fähigkeit zur Automatisierung hängt zudem stark vom zugrunde liegenden Wissen und der organisatorischen Einbettung ab. Je komplexer und individueller die Umsetzung, desto schwerer ist sie für Wettbewerber nachzuvollziehen. Zwar könnten einzelne Automatisierungsprojekte durch externe Anbieter ersetzt werden, doch die zugrunde liegende Fähigkeit der Organisation, Automatisierungen systematisch, flexibel und langfristig selbst zu gestalten, ist nur schwer substituierbar. Eine vollständige externe Substitution führt häufig zu Abhängigkeiten, ggf. einer fehlenden Lernkurve und reduziertem strategischen Handlungsspielraum, jedoch unter Umständen auch zu einer schnelleren Projektrealisierung. Damit weist die Fähigkeit zur Automatisierung trotz technischer Alternativen eine geringe Substituierbarkeit im strategischen Sinne auf. Insgesamt erfüllt die Fähigkeit zur Automatisierung wesentliche Kriterien strategischen Werts, denn die Fähigkeit zur Automatisierung ist dauerhaft, mobil, schwer imitierbar und nur ineffizient substituierbar. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Fähigkeit zur Automatisierung auch einen strategischen Wert für eine Organisation besitzt.

2.4.1 Robotic Process Automation

In der Praxis werden Prozesse mit verschiedenen Technologien automatisiert und verbessert. Häufig werden in einer Organisation auch mehrere Technologien eingesetzt und kombiniert, um Mitarbeiter von manuellen Tätigkeiten zu entlasten. RPA besitzt großes Entlastungspotenzial für Mitarbeiter, da Prozesse mit geringem Aufwand und in kurzer Zeit automatisiert werden können. Im Folgenden wird der Begriff RPA definiert und es werden grundsätzliche Anwendungsfälle und Prozesse aufgezeigt, die von RPA profitieren können.

Häufig wird der Begriff RPA mit Robotern assoziiert, die an einer Produktionslinie manuelle Arbeitsvorgänge durchführen und den Menschen hierbei entlasten. Die RPA-Technologie adressiert jedoch sich wiederholende, zeitaufwendige Aufgaben, die von Menschen am Computer ausgeführt werden (M. C. Lacity & Willcocks, 2016).

In der Literatur existieren zahlreiche Definitionen des Begriffs RPA. IEEE Corporate Advisory Group betont, dass es sich bei einer RPA-Lösung, um eine Softwarelösung handelt, die den Menschen imitiert: „A preconfigured software instance that uses business rules and predefined activity choreography to complete the autonomous execution of a combination of processes, activities, transactions, and tasks in one or more unrelated software systems to deliver a result or service with human exception management.“ (IEEE Corporate Advisory Group, 2017, S. 1). Das Institute for Robotic Process Automation definiert RPA ebenfalls als Software-Lösung:

„Robotic process automation (RPA) is the application of technology that allows employees in a company to configure computer software or a “robot” to capture and interpret existing applications for processing a transaction, manipulating data, triggering responses and communicating with other digital systems.“ (Institute for Robotic Process Automation, 2019, S. 1).

In der Literatur wird zudem hervorgehoben, dass RPA-Lösungen wie ein Mensch auf der Benutzeroberfläche arbeiten und bestehende IT-Systeme hierbei unangetastet bleiben (van der Aalst et al., 2018). RPA können somit ohne Backend-Programmierungen und auch ohne umfangreiche Programmierkenntnisse entwickelt und implementiert werden (Aguirre & Rodriguez, 2017), (M. Lacity & Willcocks, 2016).

In der Literatur können zudem zwei Sichtweisen voneinander abgegrenzt werden: Zum einen wird postuliert, dass RPA-Lösungen ausschließlich regelbasierten Abläufen folgen, während andere Autoren beschreiben, dass RPA-Lösungen mit Daten trainiert werden und flexible sowie komplexe Prozesse ausführen können (Syed et al., 2020).

In dem hier vorliegenden Beitrag wird der Definition gefolgt, dass RPA eine Softwarelösung darstellt, die regelbasierte, zeitaufwendige und manuelle Aufgaben übernimmt und den Menschen bei seiner Arbeit entlastet. Hierbei arbeitet eine RPA-Lösung auf dem sogenannten Frontend und imitiert den Menschen bei Tätigkeiten am Computer, wobei im Gegensatz zu traditionellen Business Process Management (BPM)-Lösungen keine oder

geringere Programmierkenntnisse sowie kein Schnittstellenmanagement erforderlich sind.

Anzumerken bleibt jedoch, dass RPA-Anwender – in Abhängigkeit der Komplexität des zu automatisierenden Geschäftsprozesses – ebenfalls ein technisches Grundverständnis und Einarbeitung in die jeweilige Softwareumgebung benötigen. Dies wird im weiteren Verlauf der Arbeit anhand der Anwendungsfälle sichtbar. (Kreuzwieser et al., 2021)

RPA erfreut sich in den vergangenen Jahren zunehmender Beliebtheit und wird heute in verschiedenen Branchen und Unternehmen eingesetzt. In einer empirischen Erhebung wurden 400 Entscheider von Unternehmen aus den USA, dem Vereinigten Königreich, Frankreich und Deutschland mit mindestens 50 Mitarbeitern befragt. Hierbei wurde die Anwendung und Verbreitung von RPA-Lösungen untersucht. Demnach setzen bislang lediglich 33% der Unternehmen RPA-Lösungen ein und 31% beabsichtigen den Einsatz in den kommenden zwölf Monaten. Die größten Chancen werden demnach im Bereich Customer Experience gesehen, da 39% der Befragten von einem positiven Effekt der Prozessautomatisierung in diesem Unternehmensbereich ausgehen. (ABBYY Software Ltd., 2020)

Gemäß einer empirischen Erhebung von PwC nutzen über 54% der Unternehmen in der DACH-Region bereits RPA zur Prozessautomatisierung. Jedoch kann noch nicht von einer verbreiteten Technologie gesprochen werden, denn 58% der Unternehmen, die diese Technologie anwenden, setzen erst einen bis fünf Roboter zur Automatisierung ein. Über 57% der Unternehmen, die diese Technologie bisher nicht nutzen, haben sich laut PwC dagegen noch nicht mit RPA beschäftigt. RPA-Lösungen werden entsprechend der Datenerhebung von PwC hauptsächlich im Bereich Controlling, Berichterstellung sowie Qualitätssicherung eingesetzt und erfreuen sich dort großer Beliebtheit. (pwc, 2020)

Abschließend wird angemerkt, dass RPA von BPM abzugrenzen ist. Nach Gillot (2008) ist BPM als Disziplin anzusehen, welche insgesamt vier Achsen besitzt, die im folgenden Abschnitt kurz beschrieben werden. The „modeling of the process“ steht für die Beschreibung beispielsweise durch ein Diagramm oder eine Prozessbeschreibung. „The automation of the processes“ bezeichnet die Automatisierung von automatisier- und integrierbaren Prozessbestandteilen. Dagegen steht die dritte Achse „The management of the processes“ für die Steuerung des Lebenszyklus eines Prozesses und deren Status. „Optimization“ fokussiert die Verbesserung des Ablaufs und Messung bzw. Bewertung der Performance eines Prozesses. RPA kann somit ein wichtiger Baustein im BPM darstellen, ist

jedoch nicht damit gleichzusetzen, da BPM weiter gefasst wird und beispielsweise auch die Modellierung des Prozesses beinhaltet.

Um eine RPA-Lösung zu entwickeln, sind Softwarelösungen bzw. Entwicklungsumgebungen notwendig wie z. B. UiPath, Blue Prism, Automation Anywhere, Workfusion, OpenRPA und weitere Anbieter. Nach Gartner (2025b) werden UiPath, Blue Prism und Automation Anywhere am häufigsten genutzt und von den Nutzern am besten bewertet. Diese Plattformen stellen nicht nur Entwicklungsumgebungen bereit, sondern bieten auch eine technische Infrastruktur, mit der automatisierte Prozesse zuverlässig ausgeführt, überwacht und skaliert werden können. Die Entwicklung, Verwaltung und Durchführung einer RPA-Lösung basieren typischerweise auf mehreren miteinander verbundenen Komponenten. Deren Zusammenspiel ist entscheidend für die Effizienz, Skalierbarkeit und Wartbarkeit der gesamten Automatisierungslösung.

2.4.2 Künstliche Intelligenz

Historisch lässt sich der Ursprung des Begriffs KI auf das Jahr 1956 zurückführen, als John McCarthy, Marvin Minsky, Alan Newell und Herbert Simon im Rahmen des Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence den Grundstein für die begriffliche und konzeptionelle Fundierung legten. (Gethmann et al., 2022)

Bereits im zugehörigen Workshop-Proposal formulierten die Teilnehmer der Konferenz die grundlegende Vision von KI: „...a truly intelligent machine will carry out activities which may best be described as self-improvement.“ (McCarthy et al., 1955, S. 3).

Die Fachliteratur weist bislang keine einheitliche Definition des Begriffs KI auf. Buxmann und Schmidt (2019) führen dies beispielsweise auf die große Bandbreite der Anwendungsgebiete sowie auf die Schwierigkeit zurück, den Begriff Intelligenz präzise zu definieren.

Trotz unterschiedlicher Akzentuierungen in den Definitionen lassen sich zentrale Gemeinsamkeiten identifizieren. Häufig wird die Fähigkeit betont, aus Erfahrung zu lernen, sich fortlaufend zu verbessern und komplexe Problemstellungen zu lösen. So definiert die International Organization for Standardization KI als: „a branch of computer science that creates systems and software capable of tasks once thought to be uniquely human. It enables machines to learn from experience, adapt to new information, and uses data, algorithms and computational power to interpret complex situations and make decisions with

minimal human input.“ (International Organization for Standardization, 2025, S. 1). In ähnlicher Weise beschreiben weitere Autoren KI als:

„...die Fähigkeit von Computersystemen, auf sie zugeschnittene Aufgaben selbsttätig zu lösen, die aufgrund ihrer Komplexität bislang menschliche Fähigkeiten erforderten.“ (Gethmann et al., 2022, S. 8).

Die Autoren Gethmann et al. (2022) betonen darüber hinaus, dass es sich dabei nicht um ein tatsächliches Besitzen menschlicher Fähigkeiten wie Sehen, Hören oder Fühlen handelt, sondern um deren Nachbildung bzw. Imitation. Zudem wird in lexikalischen Definitionen der Aspekt der Imitation hervorgehoben: „...the capability of computer systems or algorithms to imitate intelligent human behavior.“ (Merriam-Webster, 2025, S. 1).

Für die vorliegende Arbeit, die den Einsatz von KI in der Prozessautomatisierung untersucht, wird der Definition von Gethmann et al. (2022) gefolgt. Diese erscheint insbesondere deshalb adäquat, weil die Definition den Fokus auf die autonome Bearbeitung komplexer Aufgaben legt, die bisher durch den Menschen manuell ausgeführt werden. Die Anwendungsdomäne und die Definition sind somit passend zu der vorliegenden Arbeit. In der Literatur wird der Themenbereich KI zudem in verschiedene Teilgebiete unterteilt.

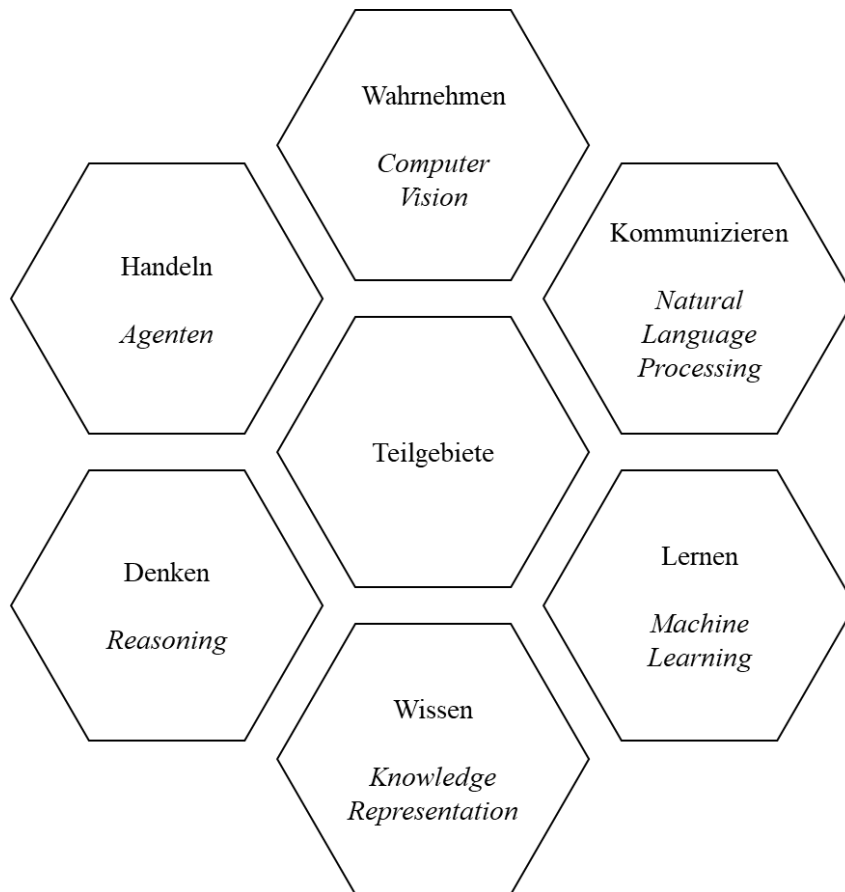


Abbildung 11: Teilgebiete der KI
 Quelle: In Anlehnung an Gethmann et al. (2022)

Im Folgenden werden die Teilgebiete, die in Abbildung 11 dargestellt sind, beschrieben. Die Ausführungen basieren entsprechend auf Gethmann et al. (2022). Das Teilgebiet Wahrnehmen bzw. Computer Vision beschäftigt sich mit der Verarbeitung von Bildern. Mithilfe von Computer Vision werden beispielsweise Merkmale oder Anomalien auf Bildern identifiziert. An dieser Stelle erfolgt der Hinweis, dass Computer Vision in der vorliegenden Arbeit und bei den Anwendungsfällen relevant ist, da zahlreiche Automatisierungslösungen auf Computer Vision angewiesen sind, um beispielsweise Informationen aus Zeichnungen zu extrahieren oder nicht unmittelbar auszulesende Bildelemente zu erfassen. Das Teilgebiet Natural Language Processing adressiert die Verarbeitung von natürlicher Sprache. Ein Beispiel ist die Verarbeitung von Sprachbefehlen oder die Sprachgenerierung (z. B. Apple Siri). Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass in einer Vielzahl computerbasierter Prozesse Informationen aus Dokumenten extrahiert werden müssen. Entsprechend kommen häufig Verfahren zum Einsatz, die auf das Erkennen und

Auslesen von Inhalten aus Text- und Bildquellen spezialisiert sind. Dabei nimmt Computer Vision im Bereich der Bilderkennung sowie Natural Language Processing im Bereich des Sprachverständnisses eine zentrale Rolle ein.

Im Teilgebiet Lernen findet häufig Machine Learning Anwendung, welches auf Grundlage vorhandener Datensätze Muster erkennt und daraus Vorhersagen ableitet. RPA baut häufig auf Methoden aus dem Bereich der KI und speziell Verfahren des Machine Learning auf beispielsweise in der Rechnungsverarbeitung (Mendling et al., 2018).

Knowledge Representation dagegen bezeichnet jenes Teilgebiet der KI, das sich mit der strukturierten und expliziten Modellierung von Wissen befasst. Ein prominentes Anwendungsbeispiel ist der Google Knowledge Graph, der als semantische Informationsquelle Infoboxen generiert, die kontextabhängig zu entsprechenden Suchanfragen eingeblendet werden.

Reasoning dagegen bezeichnet das Teilgebiet, das sich mit der Ableitung neuer Erkenntnisse aus vorhandenem Wissen befasst. Es geht also darum, aus einer Menge bekannter Fakten, Regeln oder Wahrscheinlichkeiten logisch konsistente Schlüsse zu ziehen oder Entscheidungen zu treffen. Dies soll auch möglich sein, falls nicht alle Informationen vollständig oder eindeutig vorliegen.

Planen ist vielmehr ein Teilgebiet der KI, das Handlungsschritte zur Zielerreichung optimiert. In komplexen Anwendungen kommen KI-Agenten zum Einsatz, die verschiedene Teilgebiete wie Computer Vision, Natural Language Processing und Machine Learning integrieren. Diese KI-Agenten sind fähig, auch autonom Prozesse durchzuführen und Lösungen auf verschiedene Problemstellungen zu entwickeln.

Dabei stehen in der Phase der Prozessanalyse und Identifikation vorwiegend Methoden aus dem Bereich des Process Mining im Vordergrund. Mittels Process Mining werden datengetriebene Prozessabläufe aufgezeichnet und Optimierungspotenziale aufgezeigt. Process Mining unterstützt dabei, Flaschenhälse aufzudecken und die Priorisierung von zu automatisierenden Prozessen festzulegen (Geyer-Klingeberg et al., 2018). Methoden des Process Mining und RPA gehen häufig Hand in Hand. Zudem kooperieren Anbieter aus dem Bereich RPA und Process Mining bereits, um die Identifikation geeigneter Prozesse zu erleichtern (van der Aalst et al., 2018).

Weitere, auch klassische Verfahren des Maschinellen Lernens, die im Zusammenhang mit RPA zum Einsatz kommen, zielen oft auf eine Verstetigung und somit kontinuierliche Verbesserung der Prozesse ab. Notwendig wird dies insbesondere dann, wenn Teile der

Prozesseingangsgrößen nicht planbaren Unsicherheiten unterliegen und eher musterbasiert als nach klar definierten Regeln in Erscheinung treten (z. B. Bestellverarbeitung, Rechnungsauslesung etc.). Der Einsatz von lernenden Verfahren ermöglicht, dass potenziell auftretende Sonderfälle ebenfalls nachhaltig berücksichtigt werden können (van der Aalst et al., 2018). Damit eine RPA-Lösung unterbrechungsfrei arbeiten kann, ist es wichtig, dass die für die Ausführung des Prozesses relevanten Informationen und Benutzerschnittstellen erwartungsgemäß zur Verfügung stehen. Dabei kann es sich um Konfigurationsdateien, aber auch um Ein- bzw. Ausgabedateien wie z. B. E-Mail, Excel-Dateien etc. handeln (Schuler & Gehring, 2018). Um an die relevanten Informationen zu gelangen, müssen häufig Dokumente und Bildschirminformationen ausgelesen werden, die in einem vorher definierten Datenformat (beispielsweise als PDF) oder als eingescanntes Bild vorliegen. Diese Dokumente besitzen Strukturen und Muster, welche mittels Verfahren aus dem Bereich des Dokumentenverständnisses (Document Understanding) erkannt und zugeordnet werden können. Gu et al. (2021) stellen beispielsweise mit UniDoc ein Pretraining Framework für das Dokumentenverständnis vor, welches basierend auf Transformer-Architekturen eine Vielzahl an Aufgaben aus dem Feld des Dokumentenverständnisses unterstützt. Relevante Bereiche (Regions of Interest) im Dokument oder in der Applikation können somit automatisch erkannt und mit Hilfe von optischen Referenzbereichen oder -punkten, sogenannten Ankern, zusätzlich flexibel definiert werden. Die in den Regionen befindlichen Informationen und Zeichenfolgen können anschließend mittels Bild- und Texterkennung bzw. Optical Character Recognition (OCR) mit einer hohen Präzision ausgelesen werden. Bereits in den 60er Jahren kamen OCR Technologien zum Einsatz (Mori et al., 1992).

Heutzutage werden zudem Deep-Learning Architekturen eingesetzt, welche bereits im Bereich der Bilderkennung große Erfolge verzeichnen konnten. Hierzu zählen unter anderem Convolutional Neural Networks, Recurrent Neural Networks, Long Short-Term Memory, Attention- sowie Transformer-Architekturen, um auf bereits vortrainierte, neuronalen Netze aufzubauen. Solche Architekturen sind besonders dienlich, sobald handschriftlich festgehaltene Informationen aus eingescannten Dokumenten auszulesen sind (Memon et al., 2020). Die ausgelesenen Daten gilt es weiter zu plausibilisieren, um fehlerhaft ausgelesene Daten auszuschließen oder im Bedarfsfall rückfragebedürftige Eingabegrößen zu dokumentieren und an einen verantwortlichen Personenkreis zu melden.

Um die extrahierten Informationen an den richtigen Stellen in der Benutzeroberfläche eingeben zu können, werden ebenfalls Verfahren aus dem Bereich der Bilderkennung eingesetzt.

In jüngerer Zeit gewinnen sogenannte Large Language Models (LLMs) wie Generative Pre-trained Transformer (GPT) zunehmend an Bedeutung in der Prozessautomatisierung. Diese auf Transformer-Architekturen basierenden Modelle ermöglichen eine semantisch tiefgreifende Analyse und Verarbeitung unstrukturierter Texte, beispielsweise in E-Mails, Angeboten oder Verträgen. In Kombination mit RPA bieten sich neue Automatisierungsmöglichkeiten, etwa durch die automatische Klassifikation von Anfragen, die Generierung von Antworttexten oder die Zusammenfassung von Dokumenten. Ein zentraler Meilenstein in der Entwicklung moderner Sprachverarbeitungssysteme war die Veröffentlichung der Transformer-Architektur durch Vaswani et al. (2017). Die Autoren stellen ein neuartiges Modell vor, das auf sogenannte Aufmerksamkeitsmechanismen (Attention) setzt. Dieses Prinzip erlaubt es dem Modell, bei der Verarbeitung eines Wortes in einem Satz flexibel zu bestimmen, welche anderen Wörter in welchem Maß relevant sind. Damit wird der Kontext, in dem ein Wort steht, wesentlich differenzierter berücksichtigt als in früheren Verfahren. Es werden somit Beziehungen zwischen den Wörtern identifiziert und Abhängigkeiten aufgedeckt. Die Besonderheit des Transformer-Ansatzes liegt darin, dass auf klassische rekurrente Strukturen – wie sie bis dahin in neuronalen Netzen üblich waren – verzichtet wird. Stattdessen wird der gesamte Satz gleichzeitig verarbeitet, was nicht nur effizienter ist, sondern auch die Verarbeitung längerer Textzusammenhänge erleichtert. Dieses Modellierungsprinzip hat sich als außerordentlich leistungsfähig erwiesen und bildet heute die Grundlage für eine Vielzahl sogenannter LLMs. Einem Sprachmodell ist es somit möglich, den Kontext einer Anfrage zu verstehen und zielgerichtet zu antworten. Große Sprachmodelle wie GPT oder Bidirectional encoder representations from transformers basieren direkt auf der von Vaswani et al. (2017) entwickelten Architektur. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf riesigen Textmengen vortrainiert werden und in der Lage sind, sehr komplexe sprachliche Aufgaben zu lösen wie etwa das Verfassen zusammenhängender Texte, das Beantworten von Fragen oder das Übersetzen zwischen Sprachen. Die Leistung dieser Modelle beruht nicht nur auf ihrer Größe, sondern auch auf dem Prinzip, Sprache als Muster im Kontext zu verstehen und diese Muster auf neue Situationen zu übertragen (Vaswani et al., 2017).

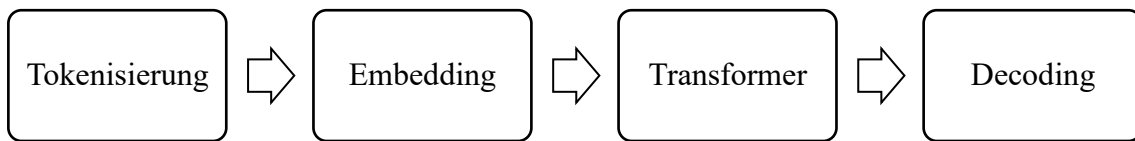


Abbildung 12: Ablauf der Textverarbeitung eines LLMs
 Quelle: In Anlehnung an Vaswani et al. (2017)

In Abbildung 12 ist der Ablauf der Text- bzw. Inputverarbeitung eines Sprachmodells dargestellt. Zunächst erfolgt die Tokenisierung und damit die Zerlegung des Inputs in kleine Einheiten (Token). Im Anschluss werden die einzelnen Tokens in Embeddings umgewandelt, wobei Embeddings numerische Vektoren darstellen, die somit die Semantik repräsentieren. Ähnliche Token sind somit auch im Vektorraum näher beieinander. Im dritten Schritt erfolgt dann die Verarbeitung der Embeddings und es wird versucht, das nächste Token vorherzusagen. In diesem Verarbeitungsschritt wird für jedes potenziell folgende Token die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der es als nächstes Element im generierten Text erscheinen könnte. Dank der in der Transformer-Architektur integrierten Self-Attention-Mechanismen fließen dabei sämtliche zuvor generierte Token in die Berechnung ein. Auf diese Weise wird der gesamte bisherige Kontext des Textes berücksichtigt. Als letztes werden Dekodierungsstrategien eingesetzt, um schlussendlich das nächste Token, basierend auf der berechneten Wahrscheinlichkeit, auszuwählen. (Vaswani et al., 2017), (Shi et al., 2024)

Die Verwendung großer Sprachmodelle wie ChatGPT findet in der Praxis breite Anwendung und wird durch kontinuierliche Modellverbesserungen sowie zunehmende Leistungsfähigkeit weiter forciert. Ein wesentlicher Entwicklungsschritt stellt die Integration sogenannter Retrieval-Augmented-Generation-Methoden (RAG) dar, welche es ermöglichen, externe Dokumente mittels KI zu durchsuchen und relevante bzw. genauere Informationen gezielt zu extrahieren. Dies geschieht, indem Sprachmodelle mit externen Wissensspeichern (typischerweise Vektordatenbanken) gekoppelt werden, welche zuvor indizierte Textrepräsentationen enthalten. (Lewis et al., 2020), (Masterman et al., 2024)

Eine Herausforderung bei der Anwendung von RAG besteht nach Lewis et al. (2020) jedoch in der Notwendigkeit der strukturierenden Vorverarbeitung der zu analysierenden Datenquellen. Komplexe Tabellenstrukturen, wie sie etwa in Excel-Dateien mit verbundenen Zellen, verschachtelten Kopfzeilen oder unterschiedlichen Layouts auftreten, lassen sich oft nur eingeschränkt automatisiert verarbeiten. Dies führt nicht selten zu unvoll-

ständigen oder verzerrten Textrepräsentationen im Vektorraum, was wiederum in fehlerhaften oder irreführenden Antworten des Sprachmodells resultieren kann. Darüber hinaus limitiert die Notwendigkeit, längere Dokumente in kleinere Segmente (Chunks) aufzuteilen, nicht nur die Kohärenz der rekonstruierten Informationen, sondern kann auch zu einem Verlust semantischer Bezüge zwischen den einzelnen Chunks führen. Dieser Effekt wird verstärkt durch die begrenzte Kontextfenstergröße der Sprachmodelle, wodurch nicht beliebig viele Textsegmente gleichzeitig in die Antwortgenerierung einbezogen werden können.

Eine weitere Entwicklung, die sich zunehmender Beliebtheit erfreut, sind sogenannte KI-Agenten oder auch KI-Agentensysteme.

„In particular, agentic systems have a notion of planning, loops, reflection and other control structures that heavily leverage the model’s inherent reasoning capabilities to accomplish a task end-to-end. Paired with the ability to use tools, plugins, and function calling, agents are empowered to do more general-purpose work.“ (Masterman et al., 2024, S. 1).

KI-Agentensysteme stellen Nutzern somit nicht nur Informationen zur Verfügung, sondern führen konkrete Aufgaben (Mailbearbeitung, Bestellverarbeitung etc.) auch selbstständig aus. KI-Agenten unterscheiden sich also von klassischen Chatbots oder generativen Sprachmodellen dadurch, dass sie nicht nur auf Anfragen reagieren, sondern konkrete Aufgaben autonom ausführen können. KI-Agentensysteme können somit ähnliche Aufgaben wie klassische RPA-Lösungen ausführen, wobei die RPA-Lösung einer festen Regel folgt und ein KI-Agentensystem im Stande ist, komplexere Aufgaben wie z. B. die Interpretation von E-Mailtexten durchzuführen und Kontextinformationen zu erfassen.

2.5 Automation Collaboration Platform

Nach der Einführung der Begrifflichkeiten RPA und KI gilt es nun, das Zusammenspiel der beiden Technologien herauszuarbeiten und die notwendigen Komponenten einer Automatisierungslösung zu beschreiben. In der Arbeit wird hierfür der Begriff Automation Collaboration Platform genutzt, welche im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

Dabei wird insbesondere auf die Funktion und Bedeutung der einzelnen Elemente wie dem Roboter, der Entwicklungsumgebung sowie dem Orchestrierungssystem eingegangen.

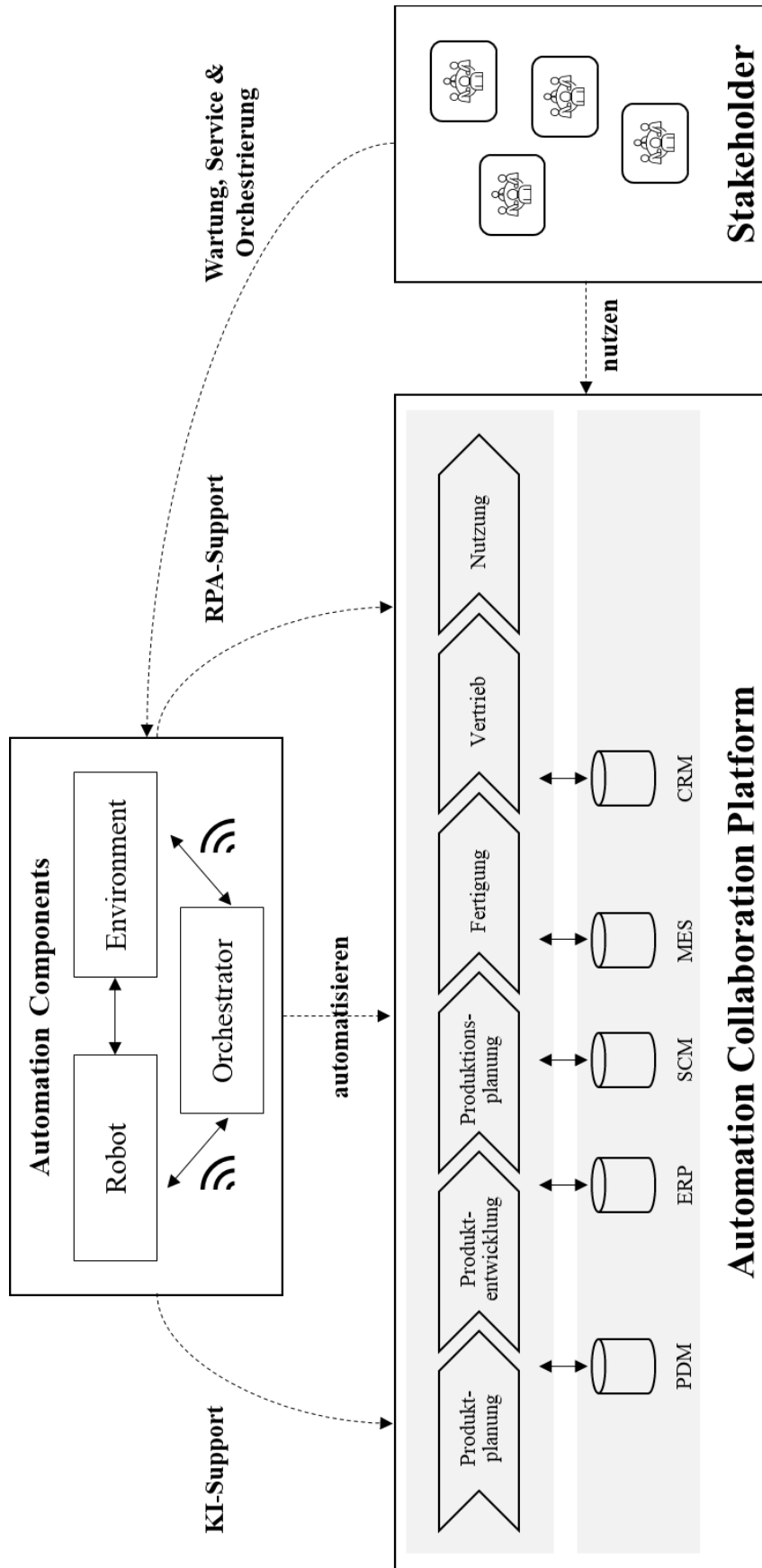


Abbildung 13: Komponenten einer RPA-Lösung
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 13 ist das Konzept der Automation Collaboration Platform zu finden. Eine Automatisierungslösung besteht grundsätzlich aus drei Komponenten (Automation Components), durch deren Zusammenspiel eine Prozessautomatisierung ermöglicht wird. Je nach Anwendungsfall und Randbedingungen innerhalb einer Organisation kann auf eine oder mehrere der Komponenten verzichtet werden, wobei der sogenannte **Robot** notwendig ist, um Prozesse bzw. Tätigkeiten automatisiert auszuführen. Somit stellt der Roboter den Kern einer Automatisierungslösung dar. Roboter führen wie bereits beschrieben die automatisierten Aufgaben in der Praxis aus und entlasten den Menschen (E-Mails schreiben, Dokumente verarbeiten etc.). Ein Roboter kann eine reine RPA-Lösung zur Automatisierung von regelbasierten Tätigkeiten darstellen oder mit KI kombiniert werden, um beispielsweise komplexe Dokumente, Rechnungen oder handschriftliche Formulare zu verarbeiten. Der Roboter wird in einer Entwicklungsumgebung (**Environment**) implementiert und durch einen **Orchestrator** gesteuert. Automation Components können im Verbund RPA-Support oder auch KI-Support für die Stakeholder und deren Prozesse innerhalb der Automation Collaboration Platform anbieten. Die Automation Collaboration Platform beinhaltet die relevanten IT-Systemlösungen und adressiert den gesamten Produktlebenszyklus und die damit verbundenen Prozesse. Diese dort ausgeführten Prozesse helfen in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus und nutzen bestehende IT-Systemlösungen (ERP, SCM, CRM etc.). Darüber hinaus werden einzelne Stakeholder wie beispielsweise Entwickler oder ein Prozessverantwortlicher die Automation Components steuern, überwachen, orchestrieren oder anpassen. Andere Stakeholder werden die Automation Collaboration Platform lediglich nutzen wie z. B. einzelne Sachbearbeiter, externe Partner, Behörden, Zertifizierungspartner oder das Management, um Ergebnisse der Prozessausführung zu erhalten.

Grundsätzlich wird bei den Automatisierungslösungen zwischen zwei Varianten unterschieden: Attended Robots (überwachte Roboter) und Unattended Robots (unüberwachte Roboter). Attended Robots werden i. d. R. auf den Arbeitsplätzen der Mitarbeiter betrieben und unterstützen diese bei der Ausführung bestimmter Aufgaben direkt an deren virtuellen Maschinen. Sie werden manuell gestartet oder durch bestimmte Aktionen ausgelöst und benötigen eine Interaktion mit dem Benutzer. Unattended Robots hingegen agieren unüberwacht und unabhängig vom Menschen, meist im Hintergrund auf virtuellen Maschinen oder Servern. Sie eignen sich besonders für wiederkehrende, regelbasierte

Backoffice-Prozesse und können rund um die Uhr arbeiten und somit auch außerhalb regulärer Arbeitszeiten. In beiden Szenarien werden die Roboter durch den Orchestrator überwacht und verwaltet. (UiPath, 2025)

Ein Orchestrator hat die Aufgabe vorhandene Automatisierungslösungen innerhalb einer Organisation zu managen und zu verwalten und weist beispielsweise die auszuführenden Prozesse einzelnen Maschinen (Virtuelle Maschinen, Laptops, Desktop-PCs) zu. Zudem können im sogenannten Orchestrator auch relevante Kennzahlen abgerufen werden wie z. B. die Anzahl der durchgeführten Prozessausführungen, die Anzahl der fehlerhaften Prozessdurchläufe sowie grundsätzliche Daten zur Auslastung der einzelnen Maschinen. Innerhalb des Orchestrators werden durch den Menschen verschiedene Einstellungen vorgenommen, um Prozesse zu organisieren, zu verwalten und schlussendlich die Automatisierungslösung zu überwachen. Darüber hinaus übernimmt der Orchestrator auch Aufgaben im Bereich der Zugriffs- und Lizenzverwaltung. Hierbei können beispielsweise individuelle Rollen- und Rechtekonzepte für die Stakeholder eingerichtet werden, um sicherzustellen, dass Mitarbeiter nur auf für sie relevante Prozesse zugreifen können. Besonders in größeren Organisationen mit mehreren Abteilungen oder verteilten Standorten ist diese Funktionalität essenziell, um Transparenz und Sicherheit zu gewährleisten. Auch die Planung und Terminierung von automatisierten Prozessen – beispielsweise durch Zeitsteuerung oder Ereignisauslösung – erfolgt über den Orchestrator. Alle durch den Menschen bzw. Entwickler veröffentlichten Prozesse sind zudem im Orchestrator zu finden. Zu jedem Prozess existiert ein Name, Typ, Versionen und ggf. weitere relevante Informationen. Innerhalb einer Organisation können selbstverständlich auch noch weitere Unterteilungen und Abgrenzungen vorgenommen werden z. B. nach Abteilungen. Somit sehen Mitarbeiter und Prozessverantwortliche eines Fachbereichs lediglich die für Sie relevanten Prozesse und haben keinen Zugriff auf abteilungsfremde Prozesse. Der Orchestrator ist für die Lizenzverwaltung zuständig und erteilt einzelnen Benutzern die Berechtigung, Prozesse automatisiert auszuführen oder die Entwicklungsumgebungen zu nutzen. Grundsätzlich wird unterschieden in Entwicklungslizenzen, Testlizenzen, produktive Roboterlizenzen. In Abhängigkeit des Softwareanbieters sind selbstverständlich

weitere Lizenztypen möglich. Falls kein Orchestrator zur Verfügung steht, ist auch eine direkte Veröffentlichung möglich. (OpenIAP, 2025)

In diesem Fall wird der Prozess direkt aus der Entwicklungsumgebung veröffentlicht und auf dem Computer angezeigt. Die Entwicklungsumgebung und der Roboter sind in diesem Fall miteinander verknüpft und beide auf einer Maschine installiert. Die Entwicklungsumgebung kann auch auf einer anderen Maschine installiert sein, sodass der lauffähige Code direkt auf eine andere Maschine übertragen wird. In diesem Fall findet die Entwicklung getrennt von der ausführenden Umgebung statt. Im Folgenden werden die Komponenten nochmals anhand von UiPath (2025) und OpenIAP (2025) erläutert und beschrieben. Es wird hervorgehoben, dass die Entwicklungsumgebungen über alle Softwareanbieter hinweg große Ähnlichkeiten aufweisen.

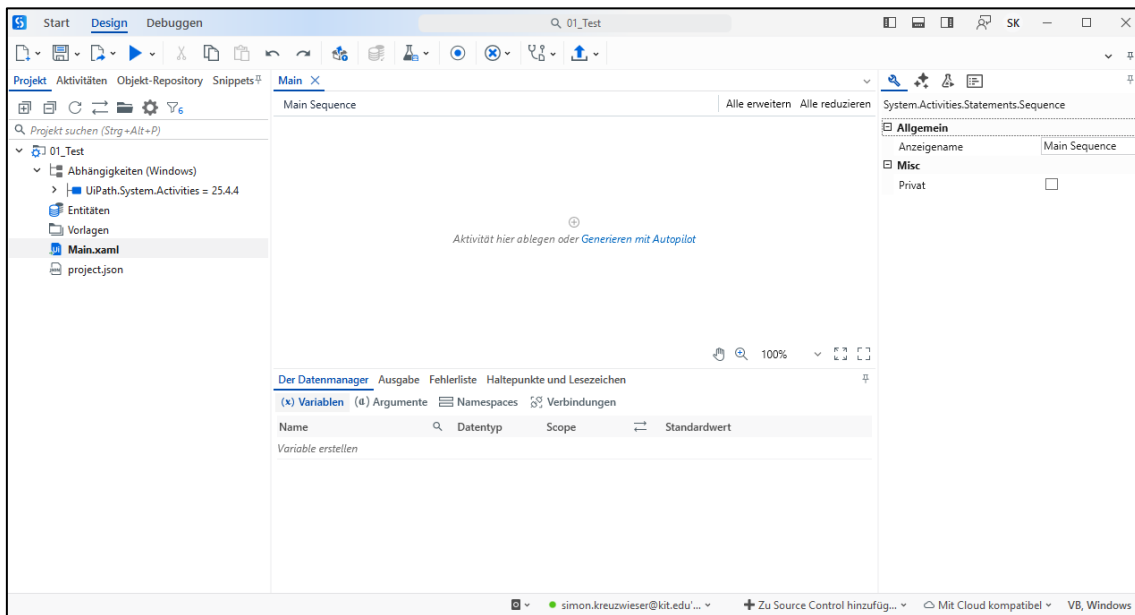


Abbildung 14: Entwicklungsumgebung einer RPA-Software
Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 14 ist eine Entwicklungsumgebung des Softwareanbieters UiPath abgebildet. Hierbei fällt auf, dass die Entwicklungsumgebung geordnet und übersichtlich dargestellt wird. In der Kopfleiste sind unter anderem folgende wichtige Funktionen zu finden: Speicherung, Prozessstart, Veröffentlichung oder auch die Aufnahmefunktion. Der Benutzer kann somit ohne Programmierkenntnisse in kurzer Zeit Prozesse aufnehmen, indem der Rekorder-Knopf bestätigt wird, um im Anschluss dann die notwendigen Klicks auf dem Bildschirm durchzuführen.

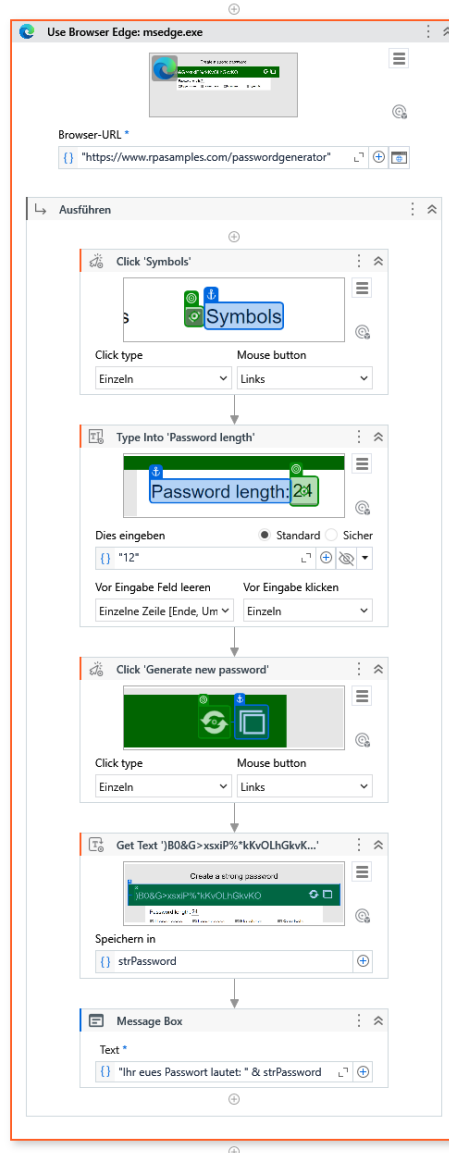


Abbildung 15: Beispielprozess von UiPath
Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 15 ist ein einfacher Beispielsprozess zu finden, der im Folgenden beschrieben wird. In diesem Prozess wird ein Browser geöffnet, um ein Passwort generieren zu lassen. Nachdem der Roboter die Webseite aufgerufen hat, wird das Feld aktiviert, sodass ein zu generierendes Passwort auch Sonderzeichen bzw. Symbole enthält. Schlussendlich wird die Passwortlänge definiert, das Passwort in einer Variable gesichert und auf dem Bildschirm ausgegeben. Der Benutzer kann dieses somit direkt in seiner Anwendung verwenden. Die Programmierung einer Automatisierungslösung erfolgt i. d. R. entweder durch die Verwendung der Aufnahmefunktion oder durch die Nutzung der Aktivitäten auf der linken Bildschirmseite.

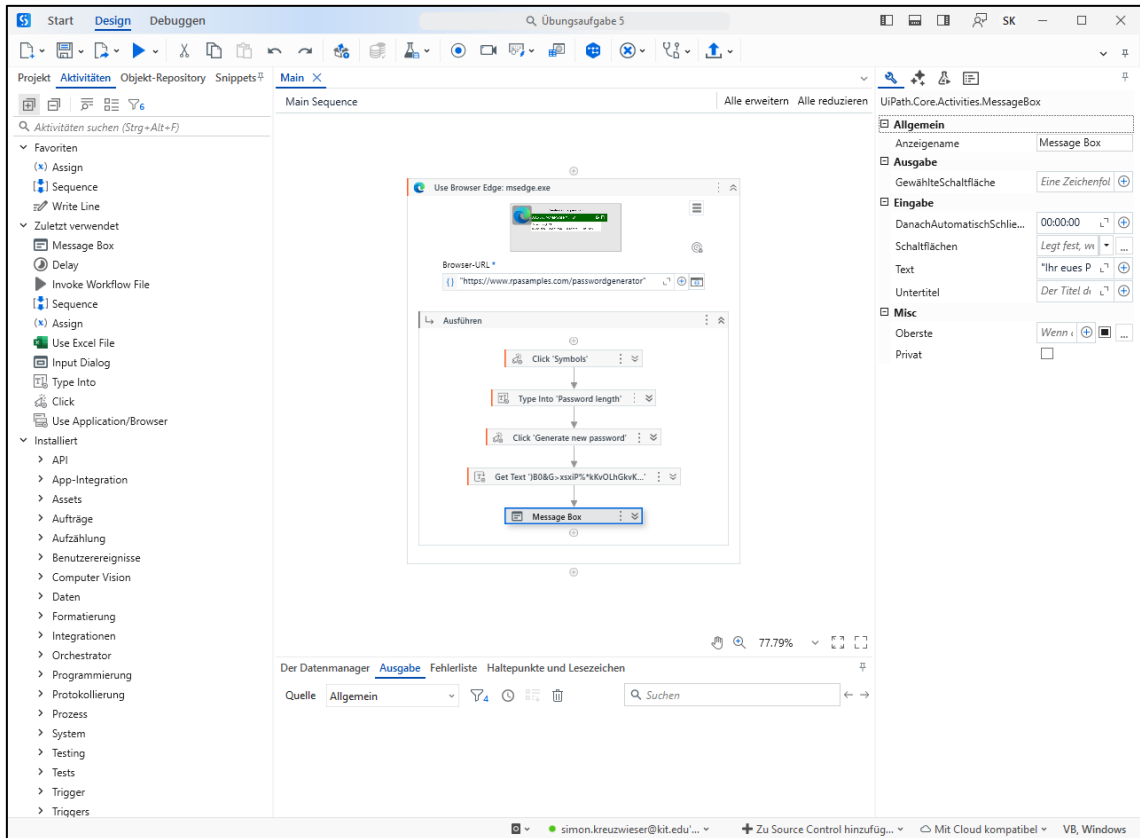


Abbildung 16: Übersicht über Aktivitäten in einer RPA-Software
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 16 ist die Benutzeroberfläche von UiPath Studio dargestellt, wobei insbesondere der Aktivitätenbereich auf der linken Seite von Bedeutung ist, welcher das zentrale Element für die Modellierung von Automatisierungsprozessen darstellt. UiPath stellt eine Vielzahl vordefinierter Aktivitäten bereit, die es ermöglichen, Prozesse modular, visuell und logisch strukturiert aufzubauen. Diese Aktivitäten lassen sich grundsätzlich in verschiedene Kategorien einteilen. Nachfolgend sind einige wichtige Gruppen aufgelistet:

- Benutzeroberflächen-Interaktionen: Hierzu zählen Aktivitäten wie Click, Type Into, Select Item oder Get Text, mit denen Benutzeroberflächen gezielt automatisiert gesteuert werden können. Sie ermöglichen die Interaktion mit Desktop- oder Webanwendungen, z. B. das Ausfüllen von Formularen oder das Navigieren durch Menüs.

- Datenverarbeitung und -manipulation: Diese Aktivitäten dienen der Verarbeitung von Daten, z. B. dem Auslesen, Filtern, Transformieren oder Speichern von Informationen. Typische Beispiele sind Assign, Add Data Row, Remove Data Row oder Filter Data Table.
- Steuerungsstrukturen: Hierunter fallen logische Elemente wie If, Switch, While, Do While oder For Each, mit denen Entscheidungslogiken und wiederholende Abläufe umgesetzt werden.
- Systeminteraktionen: Diese ermöglichen die Interaktion mit dem Dateisystem, mit Microsoft Excel, Microsoft Outlook oder anderen Systemdiensten, z. B. Read Range, Write Range, Send Outlook Mail Message, Start Process oder Read Text File.
- Datenbankbindung: UiPath bietet spezielle Aktivitäten für die Anbindung und Abfrage von relationalen Datenbanken z. B. über Structured Query Language. Dies ermöglicht eine direkte Kommunikation mit Datenbanken innerhalb des Automatisierungsprozesses.
- Protokollierung und Fehlerbehandlung: Zur Nachvollziehbarkeit und Fehlersuche stehen Aktivitäten wie Log Message, Write Line oder Try Catch zur Verfügung. Diese helfen, Prozesse robust zu gestalten und Ausnahmen gezielt zu behandeln.
- Programmierschnittstellen-Aufrufe: Für die Kommunikation mit externen Systemen über standardisierte Schnittstellen stehen sogenannte Application Programming Interface Calls zur Verfügung. Damit können Daten systemübergreifend übertragen werden, wenn diese für den Prozess notwendig sind.

Die Vielzahl und Flexibilität der Aktivitäten erlaubt es, Prozesse unterschiedlichster Komplexität effizient zu modellieren. Dies reicht von einfachen Aufgaben wie dem Kopieren von Dateien bis hin zu komplexen End-to-End-Prozessketten mit systemübergreifenden Schnittstellen und dem Einsatz von KI, da auch Schnittstellen zu bekannten Sprachmodellen zur Verfügung stehen wie z. B. ChatGPT.

Neben der marktführenden UiPath-Lösung wird im Rahmen dieser Arbeit auch die Open Source Plattform OpenRPA betrachtet. OpenRPA ist eine Alternative, welche Organisationen eine flexible und quelloffene Möglichkeit bietet, Prozesse zu automatisieren. Im Gegensatz zu proprietären Systemen basiert OpenRPA auf Open Source, wodurch der

Quellcode einsehbar und anpassbar ist. Die Plattform eignet sich insbesondere für Organisationen, die eine kostengünstige Alternative mit hoher Anpassungsfähigkeit suchen und dabei gleichzeitig auf offene Standards setzen möchten.

Die Architektur von OpenRPA ist modular aufgebaut und wird durch verschiedene miteinander verbundene Komponenten ergänzt. Eine zentrale Rolle spielt dabei OpenFlow, eine Open Source Plattform zur Prozess- und Orchestrierungssteuerung. OpenFlow ermöglicht es, komplexe Abläufe über mehrere Systeme hinweg zu koordinieren und dient gleichzeitig als Integrationsplattform für verschiedene Automatisierungstools und externe Systeme. In Kombination mit OpenRPA entsteht dadurch ein leistungsfähiges Framework zur Umsetzung einfacher wie auch komplexer Automatisierungslösungen.

Ein weiteres zentrales Element ist OpenCore, das als Hintergrunddienst die Kommunikation zwischen verschiedenen Systemkomponenten ermöglicht. OpenCore stellt Funktionen wie Authentifizierung, Benutzer- und Rechteverwaltung, Event-Handling sowie die Verbindung zu externen Datenquellen oder -diensten bereit. Es bildet damit das technische Rückgrat der OpenRPA-Umgebung und stellt sicher, dass die verschiedenen Elemente wie Roboter, Workflows und Systemintegrationen konsistent miteinander agieren. Die Entwicklungsumgebung von OpenRPA orientiert sich stark an etablierten Tools wie UiPath. Auch hier werden Prozesse in einer grafischen Oberfläche modelliert, wobei Drag-and-Drop-Elemente, Aktivitätenbibliotheken und logische Kontrollstrukturen wie Bedingungen und Schleifen zur Verfügung stehen. Unterstützt werden sowohl einfache Interaktionen mit Benutzeroberflächen (z. B. Mausklicks, Tastatureingaben) als auch die Integration mit Datenbanken oder Websdiensten. Die Oberfläche ist übersichtlich gestaltet und ermöglicht es auch Nutzern ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse, Automatisierungen zu modellieren und zu testen.

Insgesamt stellt OpenIAP (2025) mit seinen Komponenten OpenRPA, OpenFlow und OpenCore ein leistungsfähiges, skalierbares und transparentes Framework dar, das sich insbesondere für KMU oder öffentliche Einrichtungen eignet, die auf offene Technologien setzen und ihre Automatisierung unabhängig von proprietären Lizenzmodellen gestalten möchten.

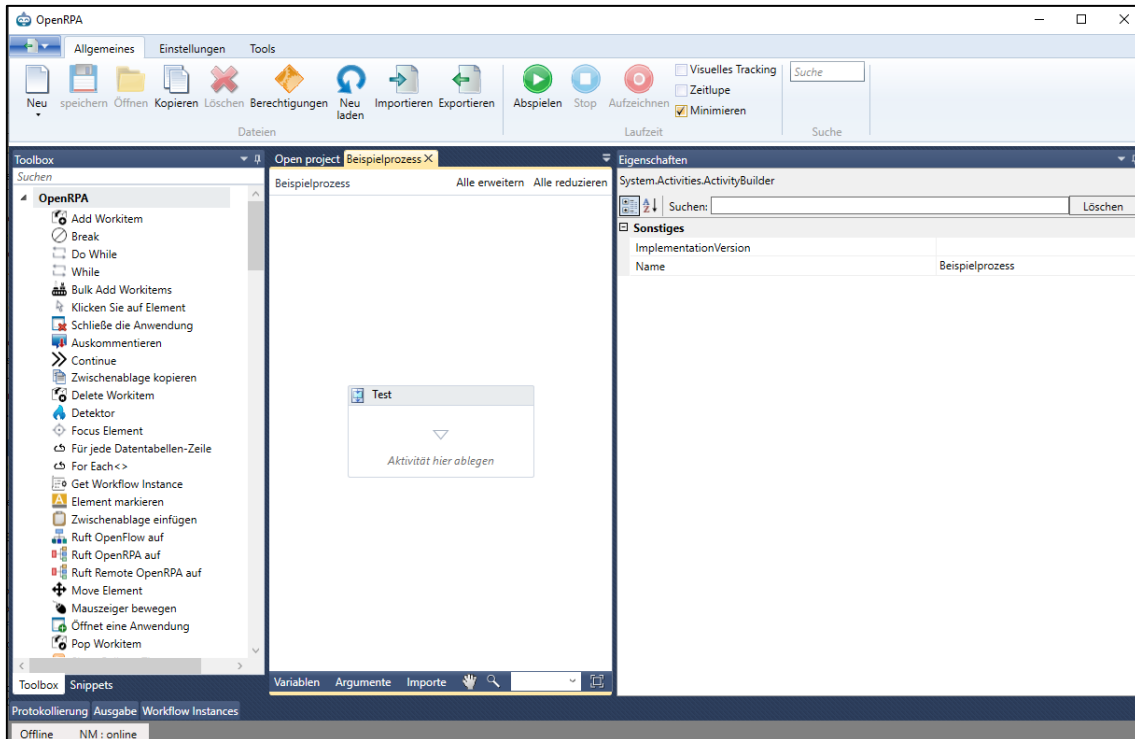


Abbildung 17: Entwicklungsumgebung von OpenRPA
Quelle: Eigene Darstellung

Die Benutzeroberfläche von OpenRPA ist in Abbildung 17 dargestellt und ähnelt wie beschrieben in ihrem Aufbau stark derjenigen von UiPath. Auf der linken Seite befindet sich das Aktivitätenfenster, in dem alle verfügbaren Aktionen aufgelistet sind. Diese Aktivitäten können per Drag-and-Drop in den zentralen Arbeitsbereich gezogen werden, in dem der eigentliche Prozess grafisch modelliert wird. Die Entwicklung der Workflows erfolgt visuell und orientiert sich an den Prinzipien sequentieller Prozessmodellierung. Rechtsseitig werden jeweils die Eigenschaften der ausgewählten Aktivität angezeigt und konfiguriert – beispielsweise Selektoren, Dateipfade, Parameter oder Bedingungen. Im unteren Bereich der Entwicklungsumgebung ist das Ausgabefenster eingebettet, in dem während der Ausführung Rückmeldungen, Fehler oder Warnungen protokolliert werden. Technisch basiert OpenRPA auf dem Windows Workflow Foundation Framework von Microsoft. Dieser Aufbau ist vergleichbar mit UiPath und ermöglicht eine strukturierte Darstellung der Prozesslogik. Ergänzend dazu kann OpenRPA mit dem Backend-System OpenFlow kombiniert werden. OpenFlow übernimmt wie bereits beschrieben Aufgaben wie die zentrale Orchestrierung, Benutzerverwaltung, Protokollierung, Zeitplanung und das Event-basierte Starten von Prozessen und ähnelt damit funktional dem Orchestrator. Im Jahr 2024 übernahm OpenCore die Funktionen von OpenFlow, wobei die Begriffe in der Community häufig synonym verwendet werden. Obwohl OpenRPA als Open Source

Lösung weniger umfassend dokumentiert ist und die Benutzerführung nicht so intuitiv wie bei kommerziellen Tools gestaltet ist, bietet es eine solide technische Basis. Die Plattform erlaubt zudem die Integration individueller Erweiterungen zum Beispiel durch eigene Python- oder JavaScript-Komponenten. Für KMU und kleinere Organisationen kann OpenRPA somit eine flexible und wirtschaftliche Option darstellen, insbesondere wenn keine umfangreichen Lizenzkosten getragen werden sollen und eine höhere Flexibilität gewünscht ist. (OpenIAP, 2025)

2.6 Prozesslandkarte

Nach der Einführung der grundlegenden IT-Systemlösungen sowie den Technologien stellt sich die Frage, welche Prozesse konkret von den Systemen bzw. Technologien unterstützt werden können und wie diese innerhalb einer Organisation verortet werden können. Es bleibt festzuhalten, dass IT-Systemlösungen dazu dienen, Prozesse in einer Organisation durchzuführen, zu unterstützen oder diese effizienter zu gestalten. Eine Prozessdurchführung ohne die Verwendung von IT-Systemlösungen erscheint heute nicht mehr denkbar, da manuelle oder papierbasierte Prozesse zu viel Zeit benötigen und die Wettbewerbsfähigkeit nicht sichergestellt werden kann.

Zur erfolgreichen Automatisierung oder allgemein zur Verbesserung von Prozessen ist es entscheidend, den Betrachtungsgegenstand bzw. Scope festzulegen und Maßnahmen bedarfs- und zielgerecht definieren zu können. Zudem müssen klare Verantwortlichkeiten, Aufgaben und Kompetenzen festgehalten werden. Hierfür wird in der Praxis häufig die Darstellung von sogenannten Prozesslandkarten genutzt, die in diesem Kapitel erläutert werden, wobei diese sich häufig unterscheiden und organisationsspezifisch geplant, entwickelt und genutzt werden. Zudem unterliegen diese Prozesslandkarten einem stetigen Wandel und werden je nach Anwendungsbereich und Aufgaben in einer Organisation angepasst. Das Top-Management wird sich vermehrt mit den Unternehmenszielen und den übergeordneten Prozessen wie z. B. Order-to-Cash beschäftigen.

„Order to Cash umfasst das gesamte System zur Auftragsabwicklung. Es beginnt, sobald ein:e Kund:in etwas bestellt. Was davor liegt, hat mit Branding, Marketing oder Vertrieb zu tun. Es ist wichtig zu wissen, dass Branding, Marketing und Vertrieb nicht sofort beendet sind, wenn jemand eine Bestellung aufgibt. Aber ihre Kernaktivitäten fallen in die Kundenbeziehung, die vor dem Order-to-Cash-Zyklus liegt.“ (Salesforce, 2024).

Die Logistik-Abteilung dagegen wird sich wohl vermehrt mit Kommissionierung, Versandprozessen etc. auseinandersetzen, wohingegen eine IT-Abteilung sich auf die Bereitstellung relevanter IT-Services und IT-Infrastrukturen fokussiert.

Innerhalb einer Organisation gibt es daher zahlreiche Prozesse in unterschiedlichen Geschäftsbereichen bzw. Abteilungen, die ermittelt, dokumentiert, geprüft und verwaltet werden müssen. Häufig erfolgt dies mittels geeigneter IT-Systemlösungen oder mittels verschiedener Prozessmodellierungssprachen. Jeder Stakeholder innerhalb einer Organisation hat ein unterschiedliches Verständnis von Prozessen und deren Dokumentation bzw. Durchführung. Es bleibt festzuhalten, dass Prozesse zwar in einer Prozesslandkarte dokumentiert werden können, jedoch ohne direkte Auswirkung auf die tatsächliche Durchführung eines Prozesses innerhalb einer Organisation entsprechend der Prozessbeschreibung. Im Idealfall werden dokumentierte Prozesse vollständig umgesetzt und auch von allen relevanten Stakeholdern gelebt. In der Praxis ist jedoch auch zu beobachten, dass Stakeholder die entsprechenden Prozesse abweichend von der vorliegenden Prozessbeschreibung durchführen. Dies führt in Abhängigkeit von dem Grad der Abweichung zu Inkonsistenzen, Prozessfehlern und zu fehlender Compliance. Dies wird in der Forschung auch häufig als Business Process Compliance bezeichnet, wobei dieser Begriff häufig auf die Einhaltung von externen Normen und Spezifikationen abzielt. (Ghose & Koliadis, 2007)

Weitere Autoren wie van der Aalst (2005) bezeichnen diese Tätigkeit als conformance testing und delta analysis, um den Abstand beziehungsweise die Abweichung des Ist-Prozesses vom Soll-Prozess zu ermitteln und zu dokumentieren. Der Autor postuliert, dass hierzu in der Praxis häufig Process Mining eingesetzt wird, um mittels sogenannter digitaler Fußabdrücke, Systemlogs und dokumentierter business events (Vorgängen) Abweichungen zu ermitteln und schlussendlich Inkonsistenzen, Prozessfehler und Verbesserungspotenziale zu heben. Generell lassen sich Prozesse innerhalb einer Prozesslandkarte verorten, um ein Ordnungssystem herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

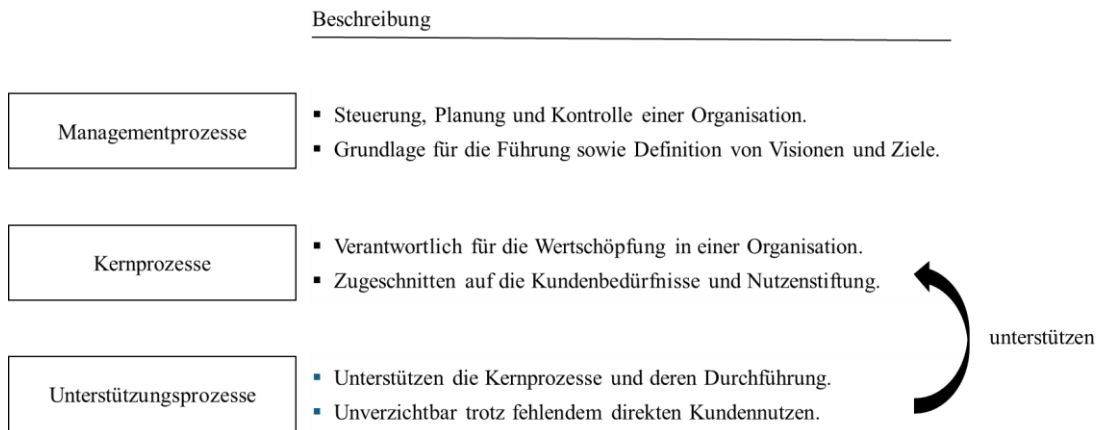


Abbildung 18: Prozesskategorien innerhalb einer Prozesslandkarte
 Quelle: In Anlehnung an Becker et al. (2012)

Grundsätzlich findet eine Unterscheidung in Managementprozesse, Kernprozesse und Unterstützungsprozesse statt (siehe Abbildung 18). In der Praxis ist die Unterscheidung nicht immer trennscharf, wobei bestimmte Eigenschaften den Kategorien zugeordnet werden können.

Die folgenden Ausführungen basieren auf Becker et al. (2012). Managementprozesse beinhalten die Aktivitäten, die sich mit der Steuerung, Planung und Kontrolle einer Organisation befassen. Sie bilden die Grundlage für die strategische und operative Führung und sorgen dafür, dass die gesetzten Ziele der Organisation mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen erreicht werden können. Der Fokus liegt hierbei auf der Festlegung von Visionen und Zielen, der Entwicklung von Strategien und der Steuerung der Organisation im Allgemeinen. Die Prozesse sollen den langfristigen Erfolg der Organisation gewährleisten und stellen häufig das Rahmenwerk für das Top-Management. Managementprozesse werden häufig zyklisch wiederholt und durchlaufen verschiedene Phasen. Managementprozesse sind beispielsweise die strategische Unternehmensführung oder die Zukunftsplanung, die mit der langfristigen Definition von Zielen und Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung ersterer einhergeht. Relevant ist z. B. das Controlling, welches sicherstellt, dass die Organisation wirtschaftlich und effizient produziert bzw. Waren verkauft. Ein weiteres Beispiel ist das Risikomanagement, das potenzielle Bedrohungen identifiziert und den Umgang mit bekannten und unbekanntem Risiken plant und steuert. Zusammengefasst stellen Managementprozesse die Rahmenbedingungen, in denen die übrigen Prozesse einer Organisation durchgeführt werden können. Die Managementpro-

zesse sind i. d. R. von strategischer Bedeutung und zielen auf die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit ab wie z. B. durch die Schaffung eines wahrnehmbaren Kundennutzens. (Becker et al., 2012)

Die Kernprozesse einer Organisation sind diejenigen Abläufe, die direkt zur Wertschöpfung beitragen und den Hauptzweck der Organisation erfüllen. Die Prozesse sind direkt auf den Kunden gerichtet und stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Produkten oder Dienstleistungen, die eine Organisation ihren Kunden anbietet. Ein Kernprozess könnte beispielsweise die Produktentwicklung sein, bei der neue Produkte konzipiert und zur Marktreife gebracht werden. Ebenso zählt die Fertigung oder Erbringung von Dienstleistungen zu den Kernprozessen, da hier der eigentliche Wert geschaffen wird, den der Kunde honoriert bzw. finanziell entlohnt. Weitere Beispiele umfassen den Vertrieb und die Auftragsabwicklung, bei denen die Produkte oder Dienstleistungen zum Kunden gelangen. Kernprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass sie den direkten Kontakt zum Kunden beinhalten und einen messbaren Beitrag zur Erfüllung der Kundenbedürfnisse leisten. (Häberle, 2008)

Unterstützungsprozesse sorgen dafür, dass Kernprozesse effizient und effektiv ausgeführt werden. Sie liefern die notwendigen Ressourcen, Infrastrukturen oder Dienstleistungen, die für den Betrieb der Kernprozesse erforderlich sind. Ein Beispiel für einen Unterstützungsprozess ist das Personalmanagement oder die Buchhaltung. Diese Prozesse stellen sicher, dass die Organisation über qualifizierte Mitarbeiter verfügt, die in den Kernprozessen tätig sind bzw. diese verwalten und dass die Buchführung einwandfrei umgesetzt wird. Ebenso fällt der IT-Support in diese Kategorie, der die technologische Infrastruktur bereitstellt und deren reibungslosen Betrieb sicherstellt. Weitere typische Unterstützungsprozesse umfassen die Instandhaltung von Anlagen oder die Beschaffung von Materialien und Dienstleistungen. Obwohl Unterstützungsprozesse keinen direkten Kundennutzen erzeugen, sind sie unverzichtbar, da sie Kernprozessen die notwendigen Rahmenbedingungen bieten. Ohne unterstützende Tätigkeiten könnten Kernprozesse nicht in der gewünschten Qualität und Effizienz durchgeführt werden, sodass die Wettbewerbsfähigkeit nicht gegeben ist. (Wirtschaftslexikon, 2024)

Es bleibt jedoch anzumerken, dass eine Organisation, die ausschließlich IT-Dienstleistungen anbietet, Prozesse zur Sicherstellung der technologischen Infrastruktur der eigenen Kunden wahrscheinlich als Kernprozess betrachten würde und weniger als Unterstüt-

zungsdienstleistung. Dieses Beispiel zeigt, dass die Zuordnung der Prozesse betriebspezifisch und individuell erfolgt und es keinen vorgefertigten Katalog oder gar Tabelle gibt, die eine Zuordnung zu einer Prozesskategorie ohne Zweifel leisten kann.

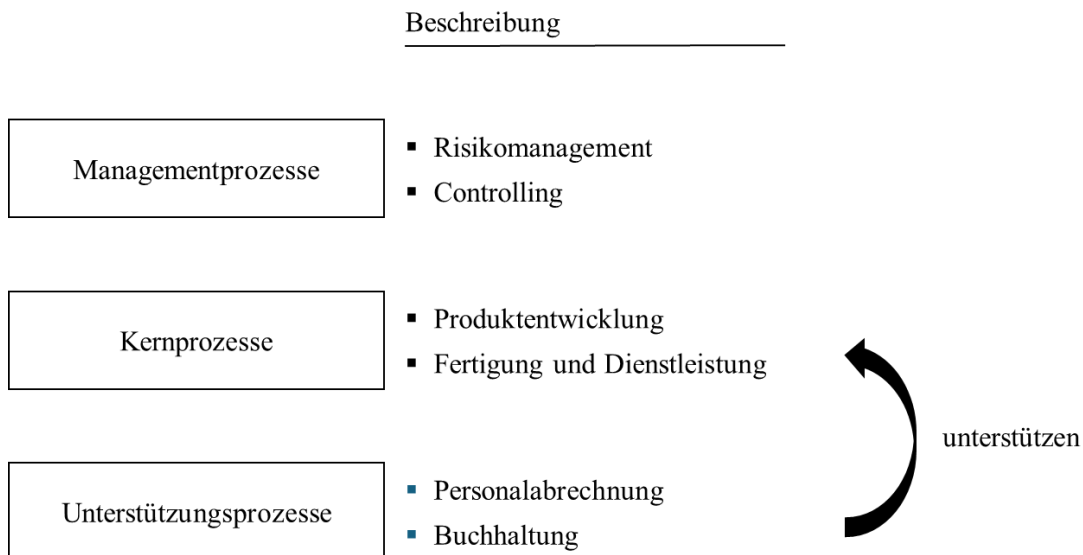


Abbildung 19: Prozesskategorien und -beispiele im Überblick
Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 19 ist eine beispielhafte Darstellung bzw. Auflistung von Prozessen zu finden, die klassischerweise in die Kategorien Managementprozesse, Kernprozesse und Unterstützungsprozesse eingliedert werden.

In der hier vorliegenden Arbeit steht jedoch nicht die alleinige Dokumentation von Management-, Kern- und Unterstützungsprozessen im Vordergrund, sondern die Automatisierung derartiger Prozesse mithilfe von RPA und KI. Prozesse können und sollten nicht ausschließlich anhand der zuvor eingeführten Prozesskategorien klassifiziert und voneinander abgegrenzt werden. Ebenso bietet der Produktlebenszyklus sowie die Zuordnung zu eingesetzten IT-Systemlösungen geeignete Kriterien zur Prozessabgrenzung. In der im Folgenden vorgestellten Prozesslandkarte wird ersichtlich, dass Prozesse anhand des Lebenszyklus und auf der Ebene der IT-Systemlösungen verordnet werden können. Die in dieser Arbeit noch einzuführenden Anwendungsfälle orientieren sich an dem vorliegenden Framework. Das Konzept der Prozesslandkarte bildet die Basis für die folgenden Betrachtungen und Diskussionen in den weiteren Kapiteln.

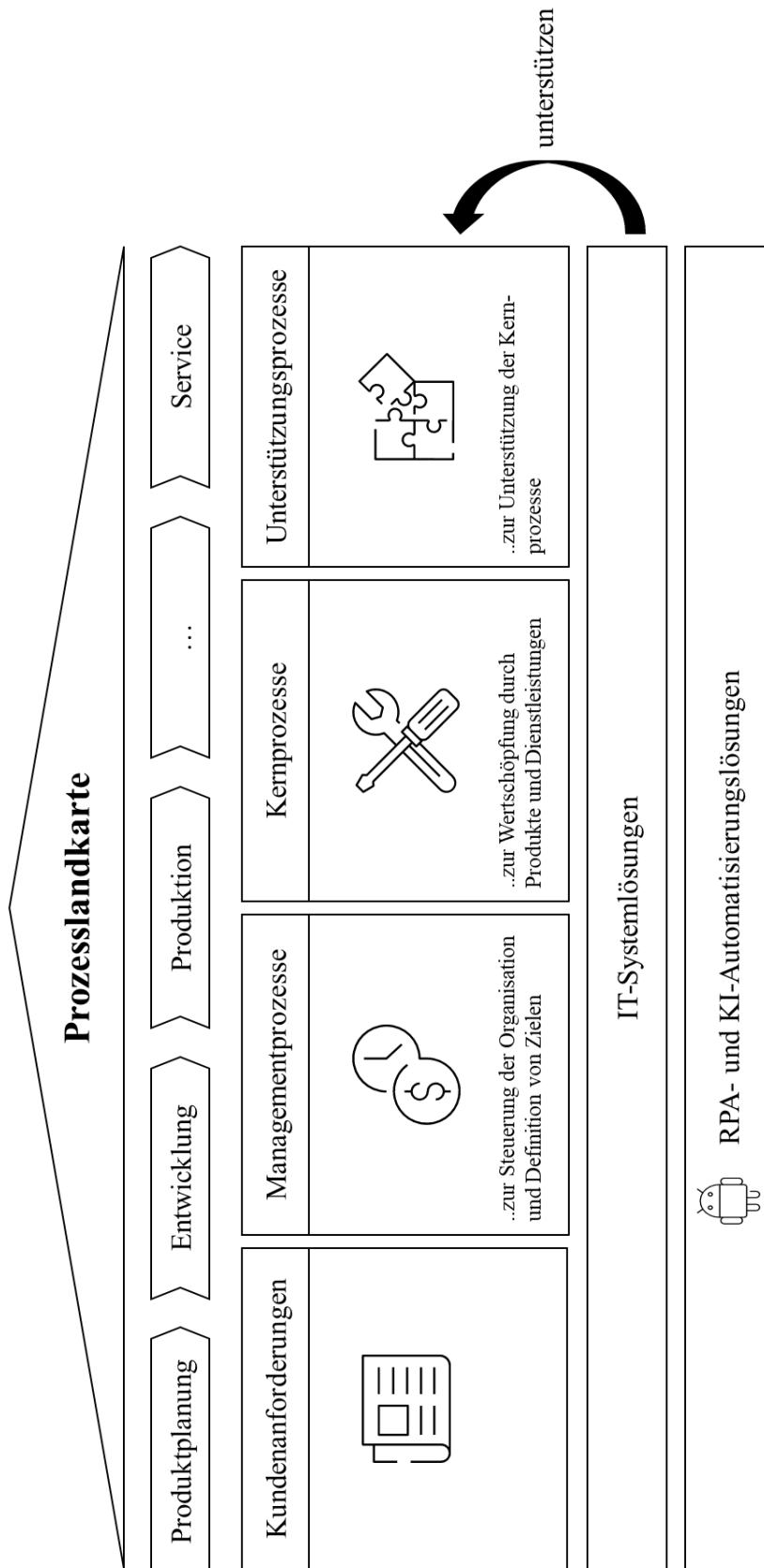


Abbildung 20: Prozesslandkarte bestehend aus Produktlebenszyklus, Prozesskategorien und Technologieschicht
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 20 ist ersichtlich, dass der bereits eingeführte Produktlebenszyklus aus Kapitel 2.3.1 mit den Prozesskategorien aus diesem Kapitel kombiniert wird.

Zudem sind im unteren Abschnitt des Frameworks die Technologiebausteine bzw. -layer (IT-Systemlösungen sowie RPA/KI-Layer) integriert, die ebenfalls in Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.4.1 beschrieben sind. Anhand der Prozesslandkarte wird ersichtlich, dass die Prozesse einer Organisation im Mittelpunkt stehen und den Ausgangspunkt in der Prozesslandkarte bilden. Die aufgeführten Prozesse werden heutzutage nicht mehr analog und auf Papier durchgeführt, sondern häufig mit Unterstützung von sogenannten IT-Systemlösungen wie beispielsweise PDM, ERP, MES, SCM oder CRM-Systemen. Selbstverständlich sind in Organisationen auch noch zahlreiche weitere IT-Systemlösungen im Einsatz wie z. B. Buchhaltungssoftware, Software zur Reklamationsverarbeitung, individuelle Lösungen zur Dokumentation von Qualitätsvorfällen oder Forecasting-Tools. Die Bandbreite an individuellen Lösungen ist groß, sodass das hier vorgestellte Framework keinen Anspruch auf Vollständigkeit auf der Ebene der Technologiebausteine erhebt.

Es bleibt festzuhalten, dass die Basis und der Mittelpunkt des Frameworks bzw. der Prozesslandkarte aus den kategorisierten Prozessen besteht, wobei diese Prozesse bestimmte Anforderungen erfüllen, sodass die Unternehmensziele erreicht werden können. Prozesse können durch IT-Systemlösungen unterstützt werden, wobei bestimmte Tätigkeiten durch eine Automatisierungslösung wie beispielsweise eine RPA- oder KI-Lösung durchgeführt werden können. Die eingeführte Prozesslandkarte dient der späteren Verortung der betrachteten und automatisierten Prozesse.

2.7 Zusammenfassung

Das vorliegende Kapitel legt die Grundlage für die weitere Auseinandersetzung mit der Prozessautomatisierung. In der Diskussion einschlägiger Literatur wird deutlich, dass unterschiedliche Auffassungen zu den einzelnen Begriffen existieren. Der Prozessbegriff wird in **Kapitel 2.2** differenziert betrachtet. Ausgehend von einem transformativen Verständnis wird der Auffassung gefolgt, dass Prozesse als strukturierte Abfolge von Aktivitäten aus einem Input einen Output generieren. Gleichzeitig wird eingeräumt, dass bei komplexen, kreativen oder kollaborativen Abläufen auch eine koordinative Perspektive angebracht sein kann.

Zur Verortung der einzelnen Prozesse entlang des Produktlebenszyklus erfolgt die Auseinandersetzung mit dem Begriff PLM in **Kapitel 2.3**. Im Bereich PLM herrscht in der

Literatur Uneinigkeit darüber, ob es sich um ein IT-System oder einen strategischen Managementansatz handelt. Die Arbeit folgt der differenzierten Sichtweise, dass PLM als ganzheitlicher Ansatz zur Steuerung des gesamten Produktlebenszyklus zu verstehen ist, wobei IT-Systeme wie PDM, ERP oder CRM lediglich unterstützende Werkzeuge darstellen. Ein effektiver PLM-Ansatz adressiert zudem organisationale Schnittstellen, fördert die bereichsübergreifende Zusammenarbeit und trägt entscheidend zur Sicherstellung von Datenkonsistenz, Effizienz und Time-to-Market bei.

In **Kapitel 2.4** sind Ausführungen zu den Begriffen RPA und KI zu finden. RPA eignet sich insbesondere zur Automatisierung repetitiver, regelbasierter Tätigkeiten, während KI zusätzliche Potenziale in der Verarbeitung unstrukturierter Informationen z. B. in Dokumenten ermöglicht.

Das vorgestellte Konzept der Automation Collaboration Platform dient der Veranschaulichung des Zusammenspiels zwischen Stakeholder und den zu nutzenden Technologien und ist in **Kapitel 2.5** zu finden. Eine Automatisierungslösung besteht demnach aus den drei Komponenten Robot, Orchestrator, Environment (Automation Components) und steht im Austausch mit der Automation Collaboration Platform, die eine Verbindung zu den Stakeholdern ermöglicht. Hervorgehoben wird, dass es zahlreiche Stakeholder in Organisationen gibt, wobei einzelne Stakeholder die Automation Collaboration Platform lediglich nutzen und andere die Automation Components überwachen und steuern.

Abschließend erfolgt die Einordnung der Prozesse in **Kapitel 2.6** im Rahmen einer Prozesslandkarte entlang der Kategorien Managementprozesse, Kernprozesse und Unterstützungsprozesse, wie sie in der Literatur etabliert sind. Diese Struktur bildet die konzeptionelle Grundlage für die Verortung der Anwendungsfälle in **Kapitel 5** im weiteren Verlauf der Arbeit.

3 Stand der Technik

3.1 Einführung

Die Automatisierung von Geschäftsprozessen gilt wie bereits beschrieben als zentraler Hebel zur Effizienzsteigerung, Kostensenkung und Entlastung von Mitarbeitern. Insbesondere RPA hat sich als Technologie etabliert, die es ermöglicht, wiederkehrende, regelbasierte Tätigkeiten zuverlässig zu automatisieren.

Obwohl der Nutzen in zahlreichen Szenarien und Fallstudien dargestellt und dokumentiert ist, wird RPA in der unternehmerischen Praxis bislang nicht in dem Maße eingesetzt, wie es technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll wäre. Viele Organisationen beschränken sich auf Pilotprojekte, während die breite Anwendung auch über Unternehmensgrenzen hinweg häufig ausbleibt. Zahlreiche RPA-Initiativen scheitern zudem oder führen nur zu begrenztem Nutzen aufgrund der falschen Prozess- oder Softwareauswahl. Diese Punkte werden in dem hier vorliegenden Kapitel herausgearbeitet und diskutiert. (EY, 2016)

Ein wesentlicher Grund dafür liegt in der Unsicherheit auf Seiten der Anwender. Oft ist unklar, welche Prozesse sich für eine Automatisierung eignen, welche Werkzeuge bzw. Technologien eingesetzt werden sollen und wie tief die Automatisierung reichen sollte. In der Praxis wird häufig der Annahme gefolgt, dass ein Prozess nur dann als erfolgreich automatisiert gilt, wenn er vollständig durchlaufen werden kann – was jedoch zu aufwendigen, schwer wartbaren Lösungen führt, die wirtschaftlich häufig nicht tragfähig sind. Die Frage nach der angemessenen Automatisierungstiefe wird weder in Unternehmen noch in der wissenschaftlichen Literatur systematisch adressiert. (EY, 2016) Zudem wird der Grad der Standardisierung bei der Identifikation von Prozessen berücksichtigt. Dies führt jedoch bei einer niedrigen Punktezahl ggf. zu einer Ablehnung eines Prozesses, der sich grundsätzlich zur Automatisierung mittels KI eignen würde. Zudem existieren zwar zahlreiche methodische Vorschläge zur Auswahl geeigneter Prozesse, diese sind jedoch oft komplex, theorielastig oder vernachlässigen einige Kriterien wie z. B. das künftige Prozessvolumen. Eine praxisnahe, anpassbare und validierte Methodik, die sowohl methodisch fundiert als auch unmittelbar anwendbar ist, fehlt bislang. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die zunehmende Integration von KI in Automatisierungslösungen, die teilweise bei der Prozessidentifikation unberücksichtigt bleibt. Während die technischen Möglichkeiten – insbesondere durch große Sprachmodelle – sich stetig weiterentwickeln, herrscht

auf Seiten der Organisationen Unsicherheit im Umgang mit KI. Ebenso mangelt es an einer Entscheidungsgrundlage für die Auswahl geeigneter Softwarelösungen zur Automatisierung. Organisationen stehen vor der Wahl zwischen Open Source Tools und marktführenden Systemen wie z. B. UiPath. Ein systematischer Vergleich fehlt ebenso wie praxisnahe Handlungsempfehlungen. Im folgenden Kapitel erfolgt daher die Auseinandersetzung mit der Forschungslücke und der Formulierung von Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik. Insbesondere wird darauf eingegangen, welche Ansätze in der aktuellen Forschung bereits existieren und welche Forschungslücken noch bestehen.

3.2 Prozesseignung und -tiefe

In der Literatur sind verschiedene Ansätze zur Bewertung der Prozesseignung im Hinblick auf einen Einsatz von Automatisierungstechnologien zu finden, welche im Folgenden erläutert und bewertet werden. Darüber hinaus werden die Ansätze voneinander abgegrenzt, um Unterschiede aufzuzeigen und näher zu beleuchten. Des Weiteren wird auf mögliche Lücken hingewiesen und es werden somit relevante Anforderungen herausgearbeitet und beschrieben.

Autor	Ansatz	Anwendungsbereich
Leshob et al. (2018)	Es wird ein Ansatz empfohlen, der aus vier Schritten besteht: <ol style="list-style-type: none"> 1. Bestimmung RPA-Eignung 2. Evaluation RPA-Potenzial 3. Evaluation RPA-Relevanz 4. Klassifizierung RPA 	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen.
Langmann und Turi (2020)	Es werden Kriterien definiert, die entsprechend bewertet werden: <ol style="list-style-type: none"> 1. Minimalkriterien 2. Zusatzkriterien 3. Sonderkriterien 	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen mit Fokus auf Rechnungswesen und Controlling.
Wanner et al. (2019)	In drei Schritten wird die Bewertung der Prozesse vorgenommen, um die Prozesseignung festzustellen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Automatisierungspotenzial bestimmen 2. Profitabilität bestimmen 3. Ökonomischer Wert bestimmen 	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen.
Huang und Vasarhelyi (2019)	Es wird ein Framework zur erfolgreichen RPA-Implementierung vorgestellt. Gemäß Phase eins des Frameworks erfolgt die Procedure Selection. Hierbei werden RPA-Kriterien bewertet, Datenkompatibilität geprüft und die Komplexität bewertet.	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen mit Fokus auf Accounting.
M. Lacity und Willcocks (2016)	Zu automatisierende Prozesse sollen definiert bzw. strukturiert sein, einen repetitiven Charakter aufweisen und einen hohen Reifegrad besitzen.	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen. Die Publikation gibt Organisationen einen Überblick über drei relevante Kriterien.
Farinha et al. (2023)	Die Publikation identifiziert in einem kombinierten Verfahren aus systematischer Literaturrecherche und Delphi-Befragung 32 zentrale Kriterien zur Bewertung von Prozessen für RPA-Anwendungen. Besonders gewichtet werden Machbarkeit, Prozessbeschreibung sowie die Qualität der Ein- und Ausgabedaten.	Generalistischer Ansatz über alle Organisationen. Die Publikation gibt Organisationen einen Überblick über relevante Kriterien.

Tabelle 4: Übersicht über die Ansätze zur Bewertung der Prozesseignung und -tiefe
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 4 ist eine Übersicht der Ansätze zur Bewertung der Prozesseignung und -tiefe zu finden.

Leshob et al. (2018) schlagen einen vierstufigen Ansatz vor, der zunächst die RPA-Eignung bestimmt. Hierfür werden die beiden Kriterien Maturity und Standardization herangezogen. Der Business Analyst, der die Bewertung des Prozesses in der Praxis vornimmt, soll demnach feststellen, ob der Prozess stabil und die Ergebnisse vorhersagbar bzw. deterministisch sind. Die Stabilität des Prozesses soll anhand von zwei Fragen bewertet werden. Zum einen, ob alle Beteiligte des Prozesses stets den gleichen Output erwarten bzw. in der Zielerreichung übereinstimmen und ob die Interaktionen mit der IT-Systemlösungen spezifiziert und vorhersagbar sind. Die Standardisierung dagegen wird anhand von weiteren Kriterien bewertet. Es wird postuliert, dass ein Prozess aus verschiedenen Schritten und Aufgaben besteht und diese geordnet durchgeführt werden. Das Maß der Standardisierung wird daher wie folgt bewertet:

„...ensure that activities are performed in the same way in all branches of the organization“ (Leshob et al., 2018, S. 47).

Darüber hinaus gilt ein Prozess als standardisiert, wenn die vier Sichten auf einen Prozess nach Curtis et al. (1992) bestimmt werden können und ähnlich bewertet werden. Die funktionale Sicht beschreibt die auszuführenden Aktivitäten sowie ihre Abhängigkeiten. Ergänzend dazu liefert die dynamische Sicht Informationen über die zeitliche Abfolge und Steuerungsabhängigkeiten zwischen den Aktivitäten. Die organisationale Sicht legt fest, wer welche Prozessaktivitäten an welchem Ort innerhalb der Organisation ausführt und über welche Kommunikationswege dies geschieht. Schließlich umfasst die informative Sicht die Beschreibung der im Prozess genutzten oder erzeugten Entitäten wie etwa Objekte oder Produkte. Nach Leshob et al. (2018) wird es durch die Analyse der verschiedenen Sichten möglich, einen Prozess zu beschreiben z. B. mittels Business Process Model and Notation. In einer zweiten Phase wird schließlich das RPA-Potenzial bestimmt, welches zwischen 0 und 1 liegt.

$$\text{Pot}(P_n) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Pot}(A_{p_i})}{n} \quad (1)$$

Kalkuliert wird das RPA-Potenzial durch die Betrachtung von einzelnen Aktivitäten A_p des Prozesses P . Diese weisen ein RPA-Potenzial auf, falls eine manuelle Interaktion mit einer IT-Systemlösung benötigt wird und hierfür klare Anweisungen bzw. Regeln existieren.

tieren. Der Wert bzw. das Potenzial des gesamten Prozesses P ergibt 1, wenn alle n Aktivitäten einer Regel folgen und es eine manuelle Interaktion mit IT-Systemlösungen gibt. An dieser Stelle kann hervorgehoben werden, dass es entgegen dem Ansatz sinnvoll sein kann, einzelne Aktivitäten auszuklammern und dem Menschen zur Bearbeitung zu überlassen. Zudem werden die einzelnen Aktivitäten weder mit einer Zeitdauer, Komplexität noch der Fehleranfälligkeit bewertet. Schließlich kann der Fall vorkommen, dass nur wenige Aktivitäten mit einem RPA-Potenzial $Pot(A_p) = 1$ bewertet werden, diese jedoch einen großen Zeitaufwand mit sich bringen. Das RPA-Potenzial wird dann ggf. als zu niedrig eingeschätzt.

Im Anschluss an die Bewertung des RPA-Potenzials wird die RPA-Relevanz bestimmt. Hierfür wird das Volumen der Transaktionen bestimmt (Häufigkeit der Prozessdurchführung) und der Grad der Komplexität bewertet. An dieser Stelle wird hervorgehoben, dass die Komplexität auch durch die Zeitdauer bestimmt wird, die für die Durchführung des Prozesses benötigt wird.

„The volume of transactions of an activity is defined as the average number of transactions performed by the activity per day. The degree of complexity is based on the average time an employee takes to complete the activity.“ (Leshob et al., 2018, S. 48).

Schließlich findet mittels einer Matrix eine Bewertung des Transaktionsvolumens und der Komplexität statt. Zur Bestimmung des Transaktionsvolumens wird zunächst die Anzahl aller monatlich durch die Beteiligten ausgeführten Transaktionen ermittelt und anschließend durch 30 dividiert, um einen durchschnittlichen Tageswert zu erhalten. Anhand einer aus der Literatur adaptierten Relevanzskala wird dieser Wert sodann klassifiziert: Liegt er unter 30, gilt das Transaktionsvolumen als niedrig; bewegt er sich zwischen 30 und 145, wird es als moderat eingestuft; bei Werten über 145 spricht man von einem hohen Transaktionsvolumen.

Die Komplexität einzelner Aktivitäten dagegen wird durch die durchschnittliche Bearbeitungsdauer festgestellt. Beträgt die Ausführungszeit weniger als vier Minuten, wird die Komplexität als gering angesehen; liegt sie zwischen vier und dreißig Minuten, gilt sie als moderat; Aktivitäten mit einer durchschnittlichen Dauer von über dreißig Minuten werden als komplexer eingestuft. Diese zweidimensionale Bewertung dient insbesondere

dazu, Prozesse hinsichtlich ihres Automatisierungspotenzials systematisch zu analysieren, wobei sich insbesondere solche Prozesse als besonders geeignet für RPA erweisen, die ein hohes Transaktionsvolumen bei gleichzeitig hoher Komplexität aufweisen. Die Berechnung ist in Formel (2) zu finden. Die RPA-Relevanz $Rel(P_n)$ ergibt sich somit aus der Betrachtung der einzelnen Aktivitäten und deren Relevanz $Rel(Ap_i)$.

$$Rel(P_n) = \frac{\sum_{i=1}^n Rel(Ap_i)}{n} \quad (2)$$

Im letzten Schritt des vorgestellten Verfahrens erfolgt die Klassifikation eines Prozesses hinsichtlich seiner Eignung für RPA. Diese Bewertung basiert auf zwei zuvor ermittelten Größen: dem RPA-Potenzial (d. h. dem Anteil automatisierbarer Aktivitäten) und der RPA-Relevanz (d. h. einer Kombination aus Transaktionsvolumen und Prozesskomplexität). Beide Werte liegen normiert im Bereich von 0 bis 1.

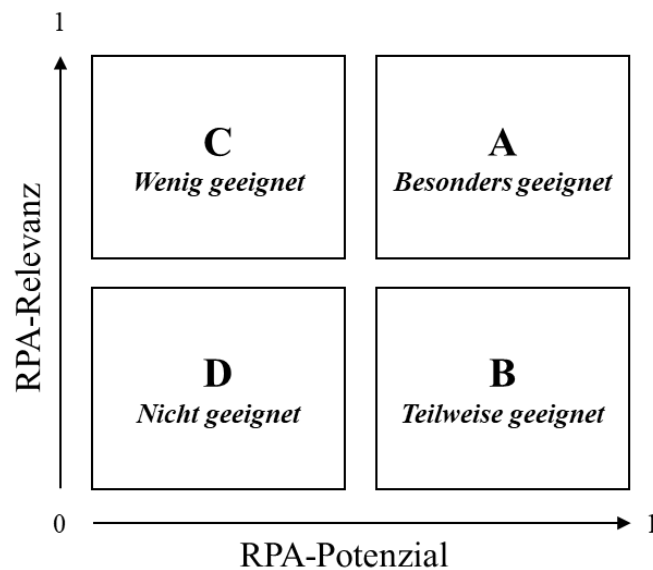


Abbildung 21: RPA-Klassifikation
Quelle: In Anlehnung an Leshob et al. (2018)

Zur Einordnung dient ein Klassifikationsschema bzw. ein Quadrantendiagramm (siehe Abbildung 21), in dem Prozesse auf Grundlage ihrer Potenzial- und Relevanzwerte positioniert werden.

Prozesse mit hohem Potenzial ($Pot > 0,5$) und hoher Relevanz ($Rel > 0,5$) gelten als hochgradig geeignet für RPA und werden der Klasse A zugeordnet. Prozesse mit hohem Potenzial, aber geringer Relevanz, sind nur teilweise geeignet (Klasse B). Umgekehrt sind Prozesse mit geringem Potenzial, aber hoher Relevanz wenig geeignet (Klasse C). Liegen

sowohl Potenzial als auch Relevanz unterhalb der Schwelle von 0,5, gilt der Prozess als ungeeignet für RPA.

Der Ansatz adressiert mit den beiden Bewertungen der Relevanz und des Potenzials wichtige Bausteine, jedoch erscheint besonders die Bewertung der Relevanz fehleranfällig. Ein Prozess mit aktuell niedrigem Transaktionsvolumen kann zukünftig hochgradig relevant werden. Der Ansatz fokussiert sich ausschließlich auf den Status quo und ignoriert dynamische Faktoren und künftige Entwicklungen. Darüber hinaus wird der Aufwand der Wartung nicht genügend berücksichtigt, sodass ein hoher Potenzialwert nicht unbedingt auf eine wirtschaftliche RPA-Lösung schließen lässt. Darüber hinaus bleibt oftmals unklar, welche Mitarbeiter die Prozesse ausführen, da sich die Gehaltsniveaus der Prozessverantwortlichen in der Praxis deutlich unterscheiden. Die Methode ist zudem auf klassische RPA begrenzt und berücksichtigt nicht die zunehmende Bedeutung von KI, bei der auch semistrukturierte oder unstrukturierte Prozesse automatisiert werden können und die Bewertung demnach anders ausfallen wird.

Langmann und Turi (2020) schlagen einen anderen Ansatz vor und empfehlen die Bewertung mithilfe von unterschiedlichen Kriterien (Minimal-, Zusatz- und Sonderkriterien) zur Identifikation von geeigneten Prozessen. Ein Prozess ist demnach für den Einsatz von RPA geeignet, wenn er bestimmte Kriterien erfüllt. Ein Minimal Kriterium ist die **Regelbasiertheit** des Prozesses. RPA-Lösungen agieren deterministisch und benötigen daher Prozesse, deren Ablauf auf klar definierten Entscheidungsregeln basiert. Ein Prozess ist demnach regelbasiert, wenn sich die Abfolge der durchzuführenden Aktivitäten bestimmen lässt. Wird beispielsweise im Rahmen eines Umsatzreports festgestellt, dass keine, unplausible oder ggf. auch falsche Zahlen im System verfügbar sind, so ist im Regelwerk hinterlegt, dass der Roboter automatisch eine Fehlermeldung an den Support oder den zuständigen Prozessverantwortlichen sendet.

Ein weiteres Minimal Kriterium für die Automatisierung ist die **Frequenz** der Prozessausführung. Grundsätzlich gilt: Je häufiger ein Prozess durchlaufen wird, desto größer ist der Effizienzgewinn durch RPA. Prozesse, die lediglich monatlich oder gar jährlich stattfinden, bieten nach Langmann und Turi (2020) meist keinen ausreichenden Nutzen im Verhältnis zum Implementierungsaufwand. Geeignet sind dagegen Prozesse mit täglicher oder stündlicher Ausführung.

Darüber hinaus ist den Autoren zufolge ein hoher **Standardisierungsgrad** von großer Bedeutung. Standardisierte Prozesse folgen einem festgelegten, dokumentierten Ablauf

ohne unvorhersehbare Abweichungen. Auch wenn es zu unterschiedlichen Ausprägungen, Variationen oder Abweichungen kommen kann, sind alle Varianten innerhalb eines Prozesses abgebildet. Solche Prozesse weisen in der Regel eine hohe Stabilität und Reife (Maturity) auf.

Ein weiteres zentrales Kriterium ist die Verfügbarkeit von **standardisierten Datentypen**. Die Daten sollten idealerweise bereits in maschinenlesbaren Formaten wie CSV, XML, XLS, E-Mail oder in webbasierten Oberflächen vorliegen. Liegen die Daten hingegen in nicht-digitaler Form vor (z. B. Papier), müssen diese vor der Verarbeitung durch den Roboter zunächst z. B. mittels OCR in strukturierte Daten überführt werden. Dies ist die Voraussetzung, sodass die RPA-Lösung die notwendigen Daten an die IT-Systemlösungen wie z. B. ERP-Systeme übertragen kann. Der Roboter kann beispielsweise eine per E-Mail erhaltene Rechnungsgenehmigung auslesen und unmittelbar eine Buchung in SAP auslösen. Eine handschriftliche Freigabe hingegen erfordert zuvor eine Digitalisierung und bringt somit einen zusätzlichen Aufwand mit sich.

Schließlich eignen sich nach Langmann und Turi (2020) insbesondere repetitive Prozesse für den RPA-Einsatz bzw. Prozesse mit einem hohen **Grad der Wiederholung**. Repetitive Prozesse wiederholen sich und dies bedeutet, dass die gleichen Prozessschritte mehrfach zu durchlaufen sind. Dieses Kriterium ist unabhängig von der Frequenz, die lediglich besagt, dass ein Prozess mehrfach durchlaufen wird.

Regelbasertheit, Frequenz, Standardisierung, standardisierte Datentypen und der Grad der Wiederholung stellen somit die Minimalkriterien dar.

Ein wesentlicher Aspekt, der in der bisherigen Darstellung nach Langmann und Turi (2020) unberücksichtigt bleibt, ist der zeitliche und technische Aufwand für die Wartung von RPA-Lösungen. Die reine Betrachtung von Prozessmerkmalen greift zu kurz, wenn nicht die Betriebskosten bzw. der zu erwartende Wartungsaufwand über den Lebenszyklus berücksichtigt werden. Gerade bei Prozessen, die mit verschiedenen IT-Systemlösungen interagieren, kann die Amortisationsdauer – also der Zeitraum, bis sich die RPA-Implementierung wirtschaftlich rechnet – länger ausfallen. Dieser Umstand wird jedoch nicht im Rahmen der Minimalkriterien berücksichtigt. Zudem bleiben auch andere Merkmale wie das zukünftige Prozessvolumen unberücksichtigt.

Langmann und Turi (2020) definieren darüber hinaus Zusatzkriterien, die wünschenswert sind, jedoch nicht unbedingt erfüllt sein müssen. Hierzu zählt beispielsweise das **Prozessvolumen**, welches in der Publikation nicht genau definiert wird. Es wird jedoch von den

Autoren beschrieben, dass ein hohes Prozessvolumen zu einer schnelleren Amortisation führt. In dieser Arbeit wird angenommen, dass das Prozessvolumen für die Anzahl der abzuarbeitenden Instanzen steht. Eine Instanz kann beispielsweise eine Rechnung oder ein zu bearbeitendes Dokument sein. Als weiteres Zusatzkriterium wird die **Komplexität** an Kalkulationen genannt. Demnach soll bewertet werden, ob einfache und weniger komplexe Prozessabläufe vorliegen oder hochkomplexe mathematische Kalkulationen. Demnach eignen sich Software-Roboter vielmehr für einfache Prozessabläufe, da komplexere Abläufe zu höheren Entwicklungskosten führen. Weitere Zusatzkriterien sind die Anzahl der **Ausnahmen**, die ebenfalls den Entwicklungsaufwand erhöhen. Demnach eignen sich Prozesse, die wenige Prozessausnahmen aufweisen.

Es wird zudem ausgeführt, dass Prozesse mit wenigen **manuellen Eingriffen**, **wenigen Benutzern**, bekannten **Entscheidungspunkten** und möglichst wenigen genutzten **IT-Applikationen** für die RPA-Technologie geeignet sind. Dies wird hauptsächlich darauf zurückgeführt, dass viele manuelle Eingriffe durch **verschiedene Nutzer** den Entwicklungsaufwand erhöhen und die Zeiteinsparung schmälern. Zudem muss ein Roboter alle Entscheidungspunkte kennen und hierfür programmiert sein – je größer die Anzahl, desto größer ist der Entwicklungsaufwand. Ebenfalls steigt der Aufwand mit mehreren IT-Systemlösungen, da diese potenziell von Updates betroffen sein können und sich die Oberfläche ändern kann. Dies führt jedoch häufig zu notwendigen Anpassungen in der Programmierung.

Langmann und Turi (2020) schlagen darüber hinaus noch Sonderkriterien vor, die für die Bewertung herangezogen werden können. Zum einen ist dies die **Mehrsprachigkeit**, die den Entwicklungsaufwand ansteigen lässt, wenn in den IT-Systemlösungen und Inputs verschiedene Sprachen genutzt werden. Zudem sollte das **Sicherheitsrisiko** berücksichtigt werden und Prozesse, die ein hohes Betrugsrisiko aufweisen, sollten demnach genauer beleuchtet werden. Den Autoren nach erhöht eine RPA-Lösung zwar die Compliance, jedoch werden teilweise mehr Berechtigungen erteilt und die IT-Systemlandschaft z. B. für Entwickler geöffnet und freigegeben.

Langmann und Turi (2020) empfehlen die Verwendung eines Scoring-Modells, welches auf den oben eingeführten Kriterien basiert. Je nach Anwendungsfall, kann der Anwender grundsätzlich die Gewichtung anpassen und auch einzelne Kriterien entfernen.

Prozesse	Prozessbeispiel 1	Prozessbeispiel 2
Gewichteter Punktwert	90	83
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)		
Regelbasiertheit	2	1
Frequenz	3	2
Standardisierung	4	3
Standardisierte Datentypen	5	5
Grad der Wiederholung	5	3
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)		
Prozessvolumen	2	1
Komplexitätsgrad	2	1
Anzahl Ausnahmen	2	1
Anzahl Applikationen	3	3
Anzahl Entscheidungspunkte	2	4
Anzahl manueller Eingriffe	1	4
Anzahl beteiligter Benutzer	2	4
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)		
Anzahl verwendeter Sprachen	1	1
Ausprägungen Sicherheitsrisiko	4	4

Tabelle 5: Scoring-Modell für die RPA-Bewertung
Quelle: In Anlehnung an Langmann und Turi (2020)

Ein Beispiel des Scoring-Modells ist in Tabelle 5 zu finden. Die einzelnen Kriterien werden jeweils unter Berücksichtigung einer Skala (1 bis 5 Punkte) bewertet. Ein Beispiel für die Regelbasiertheit: 5 Punkte für vollständig regelbasierte Prozesse, 3 Punkte für teilweise regelbasierte Prozesse und 1 Punkt für kaum regelbasierte Prozesse. Der Automatisierungswert, welcher mithilfe des Scoring-Modells berechnet wird, kann zudem mit einer potenziellen Kapazitätseinsparung kombiniert werden. In der Praxis wird nach Langmann und Turi (2020) hierbei der Stundensatz mit der Anzahl der frei werdenden Stunden multipliziert.

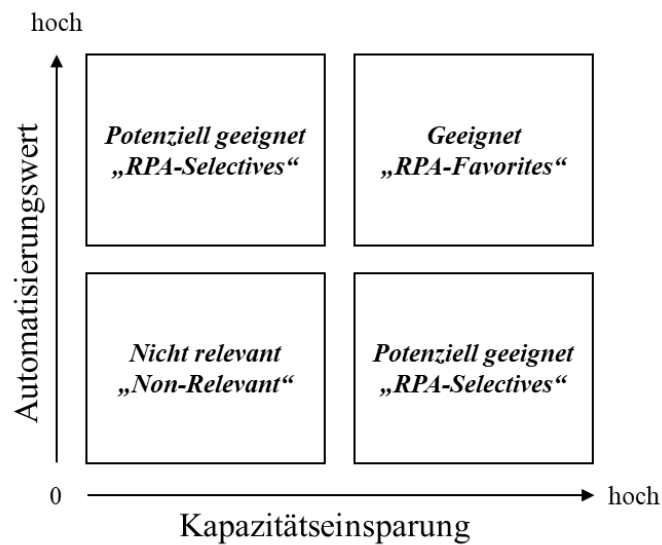


Abbildung 22: Automatisierungswert sowie Kapazitätseinsparung
Quelle: In Anlehnung an Langmann und Turi (2020)

In Abbildung 22 ist die Kombination der beiden Größen Automatisierungswert und Kapazitätseinsparung zu finden. Die Einteilung potenzieller Prozesse zur Automatisierung erfolgt entlang der Achsen Automatisierungswert und Kapazitätseinsparungen. Daraus ergibt sich eine Vier-Felder-Matrix: Prozesse mit sowohl niedrigem Automatisierungswert als auch geringen Einsparpotenzialen gelten als Non-Relevant und sind für den RPA-Einsatz weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll. Prozesse mit hohem Automatisierungswert aber geringen Kapazitätseinsparungen (RPA-Selectives) können sich nur bei sehr niedrigen Kosten oder strategischem Mehrwert lohnen. Umgekehrt sollten Prozesse mit hohem Einsparpotenzial, aber geringem Automatisierungswert zunächst optimiert werden, etwa durch Standardisierung, um sie automatisierbar zu machen. Prozesse mit sowohl hohem Automatisierungswert als auch hohen Kapazitätseinsparungen stellen schließlich die RPA-Favorites dar – diese eignen sich besonders gut für die Implementierung von RPA-Lösungen.

Im Folgenden werden noch weitere Ansätze zur Bewertung der RPA-Eignung von Prozessen vorgestellt. Wanner et al. (2019) schlagen vor, zunächst das Automatisierungspotenzial mithilfe von verschiedenen Indikatoren zu bestimmen. Diese Indikatoren können sich auf verschiedene Werte beziehen wie z. B. Frequenz, Prozessdauer, Standardisierung, Stabilität, Fehlerrate und Automatisierungsrate. Die meisten der aufgeführten Indikatoren sind in den Ansätzen von Langmann und Turi (2020) sowie Leshob et al. (2018) beschrieben und erläutert. Lediglich der Indikator Automatisierungsrate wird neu eingeführt. Dieser Indikator fällt niedrig aus, falls ein Prozess aus einer geringen Anzahl an

Aktivitäten besteht, die bereits teilweise oder auch vollständig automatisiert sind, sodass der ökonomische Wert als unbedeutend anzusehen ist. Die Profitabilität wird in einem zweiten Schritt mithilfe einer Kosten- und Einsparungsanalyse bestimmt: „In general, we reduce decision making to the two components of benefits and costs. Thereby, benefits represent cost reductions as the result of replacing human labor by robots. In contrast, costs result from the investment necessary to set up, configure, and maintain RPA robots.“ (Wanner et al., 2019, S. 10). Als letzter Schritt erfolgt die Maximierung des ökonomischen Werts einer RPA-Lösung. Häufig existieren in der Praxis verschiedene Nebenbedingungen. Wanner et al. (2019) postulieren, dass hierfür häufig Budgetgrenzen von den Organisationen festgelegt werden und zum anderen die Amortisationsdauer typischerweise zwischen sechs und 36 Monaten liegen sollte.

Huang und Vasarhelyi (2019) schlagen vor, dass drei Schritte durchlaufen werden, um die Eignung festzustellen. Zum einen werden in einem ersten Schritt relevante RPA-Kriterien beleuchtet. Die Autoren folgen hier M. C. Lacity und Willcocks (2016), denen nach Prozesse definiert bzw. strukturiert sein sollen, einen repetitiven Charakter besitzen und einen hohen Reifegrad aufweisen.

„First, well-defined audit procedures are structured and non-subjective, so that the RPA software is able to complete tasks based on explicit, rule-based instructions. Second, the procedures should be high in volume, which maximizes the potential benefits of automation. Third, mature audit tasks should be automated first because the outcomes and cost are more predictable, and mature procedures are less likely to encounter exceptions and require less human intervention.“ (Huang & Vasarhelyi, 2019, S. 4).

In einem zweiten Schritt wird analysiert, ob die zu verarbeitenden Daten in strukturierter Form vorliegen, da diese geeignet sind für eine Automatisierung und eine geringere Fehleranfälligkeit aufweisen (Moffitt et al., 2018).

Als letzten Schritt empfehlen Huang und Vasarhelyi (2019) die Bewertung der Komplexität einer Umsetzung: „To reduce implementation risk, the accounting firm should evaluate the complexity of potential audit procedures and demonstrate the usability of RPA with a low complex process through a proof-of concept (PoC) or pilot project. After learning more knowledge through initial implementations, auditors can apply RPA to more complex procedures.“ (Huang & Vasarhelyi, 2019, S. 4).

Nach Farinha et al. (2023) haben sich insbesondere drei Kriterien als entscheidend herausgestellt. Erstens ist die Machbarkeit zentral – sie betrifft die technische und organisatorische Umsetzbarkeit eines Automatisierungsvorhabens. Prozesse mit klar definierten Abläufen, geringen Ausnahmen und stabiler IT-Unterstützung lassen sich leichter automatisieren. Zweitens ist eine präzise Prozessbeschreibung unerlässlich. Nur wenn der Prozess vollständig, konsistent und nachvollziehbar dokumentiert ist, kann eine RPA-Lösung effizient entwickelt und implementiert werden. Drittens spielen die Ein- und Ausgabedaten eine zentrale Rolle. RPA profitiert besonders von strukturierten, digitalen Datenquellen; liegen Daten hingegen unstrukturiert oder in Papierform vor, steigt der Implementierungsaufwand erheblich, ebenso wie die Fehleranfälligkeit. Diese drei Faktoren gelten daher als maßgeblich für eine fundierte Prozessauswahl im Kontext von RPA-Initiativen. Farinha et al. (2023) ermittelten die Kriterien zur Bewertung von Automatisierungspotenzialen im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche. Gemeinsam mit RPA-Experten und -Anwendern wurden die Ergebnisse aus der Delphi-Studie validiert. Durch diese methodische Kombination konnten 32 relevante Entscheidungsfaktoren extrahiert und priorisiert werden, wobei die drei bereits o. g. Kriterien eine besonders hohe Relevanz aufweisen: „Feasibility, process description, and input and output data are the most voted.“ (Farinha et al., 2023, S. 149).

Es lässt sich festhalten, dass die bisher vorgestellten Publikationen Ähnlichkeiten, jedoch auch Unterschiede aufweisen. Häufig werden Indikatoren (teilweise unterschiedliche Indikatoren mit verschiedenen Gewichtungen) herangezogen, um die technische Umsetzbarkeit zu überprüfen. Dabei finden sich inhaltlich weitreichende Überschneidungen hinsichtlich einiger Kriterien. Nahezu alle Ansätze betonen die Notwendigkeit strukturierter Daten, regelbasierter Prozesslogik, hoher Wiederholungsfrequenz und eines stabilen sowie dokumentierten Prozessablaufs. Diese Merkmale gelten als Voraussetzung für technische Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit von RPA-Initiativen. Die bislang etablierten Ansätze zur Bewertung der RPA-Eignung leisten einen wichtigen Beitrag zur Systematisierung und Operationalisierung eines zuvor häufig intuitiv und unsystematisch behandelten Problems. Die Ansätze schaffen Transparenz über zentrale Einflussfaktoren wie Strukturierungsgrad, Regelbasiertheit, Prozessreife und Wirtschaftlichkeit und bieten praxisnahe Orientierung für Organisationen in der Planungsphase von RPA-Initiativen. Gleichwohl zeigen sich mit Blick auf die schnelle und technologische Entwicklung im

Bereich KI mehrere Ansatzpunkte für eine konzeptionelle Weiterentwicklung. So basieren viele Ansätze primär auf regelbasierten RPA-Paradigmen und berücksichtigen bislang nur eingeschränkt das Potenzial intelligenter Automatisierungskomponenten zur Verarbeitung unstrukturierter Daten, zur Entscheidungsunterstützung oder zur Automatisierung. Darüber hinaus fokussieren die meisten Bewertungsansätze auf den Status quo eines Prozesses, ohne systematisch zu analysieren, inwieweit durch gezielte Vorverarbeitung, Standardisierung oder technische Vorleistungen eine Erhöhung der Automatisierbarkeit erreicht werden könnte.

3.3 Zeit- und Kosteneinsparung sowie Softwareauswahl

Automatisierungslösungen werden heutzutage in verschiedenen Branchen und in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus eingesetzt. Nachfolgend werden einige Anwendungsbeispiele genannt und vorgestellt. Es ist festzuhalten, dass zahlreiche Publikationen wie beispielsweise Romao et al. (2019) den Einsatz von RPA-Lösungen beschreiben, jedoch ohne die konkreten Zeit- und Kosteneinsparungen zu nennen.

In der Literatur sind Anwendungsfälle aus verschiedenen Organisationsbereichen beschrieben. Ein Automobilhersteller konnte durch den Einsatz von RPA einen schnelleren und fehlerfreien Geschäftsprozess im Qualitätsmanagement (QM) implementieren und über 5,075 Vollzeitäquivalente (VZÄ) einsparen sowie die Produktqualität nachhaltig erhöhen (Kreuzwieser et al., 2021). Die Fallstudie zeigt den Mehrwert im QM eines Geschäftsbereichs von Mercedes-Benz (MB). Dieser Geschäftsbereich ist global verantwortlich für die Conformity of Production und somit für die Qualitätssicherung aller Fahrzeuge weltweit. Insbesondere steht das QM-Team regelmäßig vor der Herausforderung, die Gültigkeit von Bauteilzertifikaten für den chinesischen Markt sicherzustellen – vor dem Hintergrund strenger regulatorischer Vorgaben, regelmäßiger Audits durch chinesische Behörden sowie eines mangelhaften Informationsflusses zwischen MB und seinen Zulieferern. Um die Produktqualität zu gewährleisten, verlangen bereits heute zahlreiche Länder marktspezifische Produktzertifizierungen. Diese gesetzlichen Anforderungen unterliegen einem ständigen Wandel und müssen jederzeit erfüllt werden, um Sanktionen oder Einschränkungen durch die Behörden zu vermeiden. Die chinesische Marktaufsicht ist berechtigt, einzelne Produkte als China Compulsory Certification (CCC)-pflichtig einzustufen. In diesem Fall sind sowohl MB als auch deren Zulieferer verpflichtet, die ent-

sprechenden Anforderungen zu erfüllen. Zulieferer müssen in solchen Fällen ihre Produkte durch die zuständige chinesische Behörde zertifizieren lassen, damit MB die Komponenten im Fahrzeug verbauen darf. CCC-relevante Bauteile bedürfen bestimmter Merkmale darunter die Modellbezeichnung, der Hersteller- oder Markenname, ein Werkcode sowie das offizielle CCC-Logo. Nach erfolgter Zertifizierung durch die Behörde sind sowohl der Zulieferer als auch MB verpflichtet, die zugehörigen Zertifikate ordnungsgemäß zu dokumentieren und zu archivieren. In der Praxis erhalten die Zulieferer meist Zugriff auf eine Lieferantendatenbank, die sog. Supplier Data Base, über die die Zertifikate hochgeladen werden können. Kommt es nachträglich zu Änderungen, etwa bei der Modellbezeichnung eines Produkts, muss ein neues Zertifikat beantragt und das Alte außer Kraft gesetzt werden. Um die Supplier Data Base aktuell zu halten, sind die Zulieferer verpflichtet, auch das neue Zertifikat erneut hochzuladen. Unterbleibt dies, verfügt MB über keine gültigen Nachweise. Angesichts der hohen Zahl an Zukaufteilen in der Automobilindustrie ist ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen MB und seinen Lieferanten unerlässlich. In regelmäßigen Abständen prüfen die zuständigen chinesischen Behörden die Gültigkeit der in der Supplier Data Base gespeicherten Zertifikate im Rahmen von Audits. Liegen ungültige oder veraltete Zertifikate vor, drohen Sanktionen oder Marktzugangsbeschränkungen. Eine RPA-Lösung führt einen automatisierten Abgleich zwischen der Supplier Data Base und der öffentlich verfügbaren Behördendatenbasis durch und warnt somit vor abgelaufenen Zertifikaten.

Durch die Automatisierung nahezu aller Prozessschritte mittels RPA konnte die Gesamtdurchlaufzeit des Prozesses erheblich reduziert werden. Lediglich die Durchführung einiger Teilprozesse erfolgt weiterhin manuell. Ursprünglich wurde dieser manuelle Schritt durch den internen Dienstleister mit einem Zeitaufwand von 50 Stunden veranschlagt. Die übrigen Prozessschritte können mithilfe von RPA innerhalb von etwa einer Stunde durchgeführt werden, sodass sich die Gesamtprozesszeit von 229 Stunden auf 51 Stunden reduzierte. Neben der signifikanten Zeitersparnis verbesserte sich auch die Datenqualität in der Supplier Data Base deutlich. Zwischen April und Oktober 2019 sank der Anteil ungültiger Zertifikate von 17 % auf 5 %. Darüber hinaus wurden die margenstärksten Fahrzeugmodelle für den chinesischen Markt mehrfach stichprobenartig überprüft – im August 2019 konnten hierbei keine Abweichungen festgestellt werden. Der Einsatz der RPA-Technologie eliminierte manuelle Fehler bei der Zertifikatsprüfung vollständig. Zu-

sammenfassend führte der Einsatz von RPA-Technologie zu einer signifikanten Effizienzsteigerung und ermöglichte eine Entlastung von rund 5,075 VZÄ. Die Fallstudie von Kreuzwieser et al. (2021) zeigt zudem zentrale Erfolgsfaktoren für eine gelungene Implementierung von RPA-Lösungen. Ein wesentlicher Aspekt hierbei ist die frühzeitige Einbindung aller relevanter Abteilungen. In dem untersuchten Fall wurde die Automatisierung nicht von der IT, sondern vom QM initiiert. Dennoch ist eine frühzeitige Abstimmung mit der IT in Bezug auf Themen wie Prozessdokumentation, Softwarelizenzen und spätere Fehlerbehebung unerlässlich, um zusätzliche Aufwände und Verzögerungen in der Entwicklung zu vermeiden. Ebenso ist die frühzeitige Klärung mit angrenzenden Bereichen wie etwa der Beschaffung entscheidend, insbesondere im Hinblick auf Zuständigkeiten und Lieferantenkontakt. Die Unterstützung durch ein externes Beratungsunternehmen trug wesentlich zur Beschleunigung der Entwicklung bei. Dieses Unternehmen begleitete sowohl die initiale Zertifikatsprüfung als auch die spätere Übergabe der RPA-Lösung an eine Tochtergesellschaft, die für Betrieb und Weiterentwicklung verantwortlich ist. Wertvolles Prozesswissen konnte zudem durch eine einmalige manuelle Ausführung der Aufgabe im Vorfeld gewonnen werden. Insofern empfiehlt es sich, Prozesse vor der Automatisierung mindestens einmal vollständig manuell durchzuführen, um ein hinreichendes Verständnis für Abläufe und potenzielle Fehlerquellen zu erlangen. Die Prüfung der von RPA generierten Ergebnisse durch fachliche Verantwortliche ist essenziell, um Fehler frühzeitig zu erkennen und das Vertrauen in die Lösung zu stärken. Andernfalls können unentdeckte Fehler im laufenden Betrieb schwerwiegende Folgen haben und im ungünstigsten Fall das Scheitern des Projekts verursachen.

In der Literatur sind auch in anderen Bereichen weitere Anwendungsfälle dokumentiert. Ein Dienstleister im Bereich Business Process Outsourcing automatisierte den Prozess zur Rechnungserstellung, sodass über 21% zusätzliche Fälle durch Mitarbeiter bearbeitet werden können. Somit erhöht sich die Produktivität (gemessen an bearbeiteten Fällen pro Mitarbeiter), da die RPA-Lösung mehrere Fälle gleichzeitig bearbeitet (Aguirre & Rodriguez, 2017). Darüber hinaus bietet sich der Einsatz von RPA-Lösungen u. a. im Audit (Moffitt et al., 2018), Finance (Seasongood, 2016), Einkauf (Flechsich et al., 2022) und Kundenservice (M. Lacity & Willcocks, 2016) an. Dieser Vielzahl an Einsatzgebieten stehen jedoch Risiken gegenüber. Unausgereifte RPA-Lösungen bergen das Risiko von sinkender Produktivität, zusätzlichen manuellen Arbeitsschritten sowie einer erhöhten Fehlerrate. Darüber hinaus ist eine mangelnde Akzeptanz des Personals aus Angst vor

Arbeitsplatzverlust denkbar, die aus der Personaleinsparung resultiert. (Romao et al., 2019), (Chacon Montero et al., 2019)

Die Auswahl der Automatisierungssoftware steht in den Veröffentlichungen häufig nicht im Mittelpunkt. Axmann und Harmoko (2022) zeigen dagegen, wie die Auswahl einer passenden Automatisierungssoftware erfolgen kann. Hierfür werden verschiedene Kriterien definiert, gewichtet und die Automatisierungssoftware entsprechend bewertet. Axmann und Harmoko (2022) vergleichen jedoch lediglich die kommerziellen Anbieter wie UiPath, MS Power Automate, Automation Anywhere und Blue Prism.

Die dargelegten Forschungslücken machen deutlich, dass eine integrierte Betrachtung der Zeit- und Kosteneinsparung und Softwareauswahl in der bestehenden Literatur nur partiell und zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgt. Während für die Identifikation geeigneter Prozesse (Forschungsfrage 1) und die Bestimmung der Automatisierungstiefe (Forschungsfrage 2) bereits Ansätze vorliegen, erscheinen diese vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen im Bereich generativer KI als erweiterungsbedürftig. Die Frage nach den konkret erzielten Zeit- und Kosteneinsparungen (Forschungsfrage 3) wird in zahlreichen Fallstudien angeschnitten, jedoch häufig ohne systematische Quantifizierung insbesondere für KMU und Organisationen im Öffentlichen Sektor. Zudem unterbleibt die Messung nach einer bestimmten Betriebszeit der Automatisierungslösung, um die realisierte Zeiteinsparung zu ermitteln. Die Softwareauswahl (Forschungsfrage 4) wird zudem nur am Rande behandelt und fokussiert häufig marktführende Closed-Source-Anbieter, während Open Source Alternativen kaum Berücksichtigung finden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, diese Aspekte gezielt zu adressieren und einen Beitrag zur Entscheidungsunterstützung bei der Planung und Umsetzung von RPA-Projekten zu leisten.

3.4 Methodiken und Ansätze

In der Forschung existieren darüber hinaus Methodiken und Beiträge, die als Handlungsanleitung für Organisationen dienen sollen. Balasundaram und Venkatagiri (2020) beschreiben beispielsweise die Vorgehensweise zur RPA-Einführung im Personalbereich einer Organisation anhand von sechs Schritten von der Prozessidentifikation bis zur Umsetzung. Es fehlen jedoch Informationen über die konkreten Prozesse, die Ergebnisse sowie eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte. Vielmehr wird der Fokus auf die Identifizierung geeigneter Prozesse im Personalbereich gelegt. Santos et al. (2020) folgen dem Ansatz des Design Science Research und entwickeln ein Konzept bzw.

Framework, welches zur Durchführung von Automatisierungsprojekten genutzt werden kann. Hierbei kommen insgesamt drei Konzepte (Strategic Goals, Process Assessment sowie Tactical Evaluation) zum Einsatz. Im Rahmen des Konzepts Strategic Goals erfolgt die Definition des Ziels des Automatisierungsvorhabens. Hierbei sollen zudem die bekannten Vor- und Nachteile von RPA-Lösungen beachtet und berücksichtigt werden, um Chancen und Risiken abzuschätzen. Im Anschluss erfolgt im Rahmen des Process Assessment die Bewertung des Geschäftsprozesses. Als letzter Schritt erfolgt schließlich die Umsetzung: „After picking the most suited process, there should be a tactical evaluation on how to implement RPA automation.“ (Santos et al., 2020, S. 11).

Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass nicht-regelbasierte Prozesse bei Bedarf durch KI zu erweitern und dann ggf. auch umzusetzen sind. Die Bedeutung der Regelbasiertheit verliert somit weiter an Bedeutung. Santos et al. (2020) beschreiben in der Veröffentlichung somit die grundlegenden Konzepte und analysieren daraufhin fünf Fallstudien, die in der Literatur zu finden sind. Eine detaillierte Handlungsanleitung für KMU oder Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor ist jedoch in der Veröffentlichung nicht vorzufinden.

Herm et al. (2023) analysieren dagegen 35 Fallstudien, um Ansätze und verschiedene Vorgehensweisen zu identifizieren und schlussendlich zu gruppieren. Die Autoren postulieren, dass sich die meisten Forschungsbeiträge mit dem Thema der Prozessauswahl befassen (22 von 35). Herm et al. (2023) sehen ebenfalls eine Forschungslücke im Bereich der Umsetzung und schlagen daher ein Framework zur Umsetzung von RPA-Projekten vor, welches sich in drei Phasen gliedert (initialization, implementation, and scaling). Das Framework basiert auf insgesamt 35 Fallstudien, acht Experteninterviews sowie fünf Workshops mit Großunternehmen. Der Ansatz adressiert jedoch Großunternehmen und weniger KMU und den Öffentlichen Sektor. Beispielsweise erscheint die Empfehlung für ein Center of Excellence aufgrund der begrenzten Ressourcen von KMU sowie öffentlichen Verwaltungen ungeeignet. Die Autoren bestätigen diese Limitationen ebenfalls: „That is, smaller companies may need to trim the framework to their needs more comprehensively than larger companies. As an example, we noticed that within larger companies that, in particular when having a centralized IT support department, an early involvement of a CoE and further RPA support processes is mandatory“ (Herm et al., 2023, S. 29).

Forschungsbeiträge, die eine konkrete Handlungsanleitung für Organisationen aus dem Bereich des Öffentlichen Sektors beschreiben sind somit kaum verbreitet. Räckers et al. (2019) beschreiben in der Veröffentlichung einen Anwendungsfall aus dem Öffentlichen Sektor, wobei konkrete Frameworks oder übertragbare Handlungsanleitungen nicht vorgestellt werden. Vor dem Hintergrund aktueller Digitalisierungsbemühungen in der öffentlichen Verwaltung kann der Einsatz von RPA den Autoren nach die Prozesseffizienz deutlich steigern, Kosten senken und die Servicequalität für Bürger verbessern. Die Veröffentlichung beleuchtet Potenziale und Herausforderungen von RPA im Verwaltungskontext und stellt ein Anwendungsbeispiel eines kognitiven RPA-Ansatzes vor, bei dem Daten im Rahmen der Gewerbesteuerveranlagung automatisiert extrahiert und verarbeitet werden. Insgesamt lässt sich festhalten, dass eine Forschungslücke besteht und die Entwicklung einer Methodik für KMU sowie Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor angebracht ist.

3.5 Anforderungen an die Methodik

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik systematisch formuliert und begründet. Grundlage bildet das Verständnis dessen, was unter einer Anforderung zu verstehen ist und wie diese dokumentiert werden kann. Die folgenden Ausführungen basieren auf Pohl und Rupp (2015), da diese Veröffentlichung die Basis für die anerkannte Aus- und Weiterbildung zum Certified Professional for Requirements Engineering des International Requirements Engineering Board darstellt. Eine Anforderung kann demnach wie folgt definiert werden:

1. Eine Bedingung oder Fähigkeit, die von einem Benutzer zur Lösung eines Problems benötigt wird. Alternativ kann die Bedingung oder Fähigkeit auch zum Erreichen eines Ziels benötigt werden. Es gilt der Hinweis, dass ein Benutzer eine Person oder auch ein System darstellen kann.
2. Eine Bedingung oder auch Fähigkeit, die ein (Teil)System erfüllen oder besitzen muss, um beispielsweise einen Vertrag, Norm, Spezifikation oder andere Dokumente zu erfüllen.
3. Zudem kann eine Anforderung eine dokumentierte Repräsentation einer Bedingung oder Eigenschaft gemäß (1) oder (2) sein.

In der Praxis wird nach Pohl und Rupp (2015) das Anforderungsmanagement (Requirements Engineering) häufig nur mangelhaft durchgeführt, da Anforderungen häufig unklar formuliert sind, Stakeholder Anforderungen implizit voraussetzen oder eine unterschiedliche Interpretation von Anforderungen vorliegt. Teilweise findet auch eine fehlerhafte Kommunikation statt, die aus einem inkompatiblen Wissensstand der Stakeholder resultiert. Als Stakeholder werden von den Autoren alle Projektbeteiligten bzw. -betroffenen bezeichnet. Diese Stakeholder dienen als wichtige Quelle für die Anforderungen und deren Überprüfung:

„Ein Stakeholder eines Systems ist eine Person oder Organisation, die (direkt oder indirekt) Einfluss auf die Anforderungen des betrachteten Systems hat.“ (Pohl & Rupp, 2015, S. 4).

Das Anforderungsmanagement selbst stellt einen strukturierten und disziplinierten Prozess zur Erhebung, Spezifikation und Verwaltung von Anforderungen dar. Es umfasst vier zentrale Aktivitäten:

1. Ermittlung der Anforderungen mithilfe geeigneter Techniken (z. B. Interviews, Workshops oder Dokumentenanalyse)
2. Dokumentation in geeigneter Form (z. B. in natürlicher Sprache oder modellbasiert)
3. Prüfung und Abstimmung mit den Stakeholdern
4. Verwaltung und Nachverfolgung über den Projektverlauf hinweg



Abbildung 23: Übersicht über Ermittlungstechniken im Anforderungsmanagement
Quelle: In Anlehnung an Pohl und Rupp (2015)

In der Praxis werden zahlreiche Techniken zur Ermittlung von Anforderungen eingesetzt. In Abbildung 23 sind einige Techniken dargestellt, die je nach Organisation eingesetzt werden können. Befragungstechniken sind den Autoren nach stark verbreitet. Hierbei können geschlossene und offene Fragen kombiniert werden, um möglichst viele Anforderungen zu erhalten. Kreativitätstechniken haben den Vorteil, auch häufig vergessene Anforderungen zu ermitteln, oder solche, die zu einer höheren Zufriedenheit der späteren Nutzer führen. Dokumentenzentrierte Techniken haben das Ziel, bestehende Systeme wie z. B. Konkurrenzsysteme zu analysieren, um Anforderungen zu erhalten (Systemarchäologie) oder bestimmte Texte aus einer gewissen Perspektive zu lesen (z. B. IT-Sicherheitsbeauftragte, Management). Beobachtungstechniken helfen dabei, wenn Stakeholder die Anforderungen nicht verschriftlichen oder ausdrücken können. Beim Apprenticing zeigt der Prozessverantwortliche beispielsweise dem Anforderungsmanager das Prozessvorgehen und erläutert den Prozess anhand eines realen Beispiels. Im Gegensatz dazu wird beim Feldversuch der Ansatz verfolgt, reale Beispiele und Verhaltensweisen von Organisationen am Markt zu erhalten.

Das Vorgehen anhand der vier zentralen Aktivitäten bildet auch die methodische Grundlage der vorliegenden Arbeit. Es wird verwendet, um die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik nachvollziehbar und fundiert abzuleiten. Im Allgemeinen wird zwischen verschiedenen Anforderungen unterschieden. Zum einen existieren die funktionalen Anforderungen. Derartige Anforderungen beschreiben, was ein System leisten soll und was dem Benutzer bereitgestellt werden soll. „Eine funktionale Anforderung ist eine Anforderung bezüglich des Ergebnisses eines Verhaltens, das von einer Funktion des Systems bereitgestellt werden soll.“ (Pohl & Rupp, 2015, S. 8).

Darüber hinaus existieren Qualitätsanforderungen, die sich auf Qualitätsmerkmale beziehen. Diese bestimmen beispielsweise die Performance, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit oder auch Portabilität. Zudem gilt es Randbedingungen zu formulieren und den Lösungsraum zu definieren, da die zu entwickelnde Methodik beispielsweise für KMU entwickelt wird und nicht primär für Großunternehmen. „Eine Randbedingung ist eine Anforderung, die den Lösungsraum jenseits dessen einschränkt, was notwendig ist, um die funktionalen und Qualitätsanforderungen zu erfüllen.“ (Pohl & Rupp, 2015, S. 9).

3.5.1 Anforderungen Rigor Cycle

In diesem Abschnitt wird ein systematischer Anforderungskatalog zur Entwicklung der Methodik präsentiert, der sich aus den vier Forschungsfragen ableitet. Die Anforderungen sind jeweils als funktionale, nicht-funktionale (Qualitätsanforderungen) oder Randbedingungen klassifiziert und mittels natürlicher Sprache dokumentiert. Die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik entstehen durch eine dokumentenzentrierte Analyse (siehe Kapitel 3.2, 3.3 und 3.4) bestehender wissenschaftlicher Ansätze. Zur Ermittlung weiterer Anforderungen werden Kreativitätstechniken wie Brainstorming und Perspektivwechsel¹ eingesetzt. Die folgende Tabelle gibt eine vollständige Übersicht, wobei die Anforderungen den einzelnen Anforderungstypen: Funktionale Anforderungen (F), Qualitätsanforderungen (Q) und Randbedingungen (R) zugeordnet sind. Zudem sind die Forschungsfragen eins bis vier (F1, F2, F3 und F4) in der ersten Spalte zu finden, auf die sich die entsprechenden Anforderungen beziehen.

¹ Beim Perspektivwechsel wird nach Pohl und Rupp (2015) nacheinander eine andere Rolle eingenommen. In der vorliegenden Arbeit wird die Perspektive IT, Prozessverantwortlicher im Fachbereich und Geschäftsführung eingenommen.

	Anforderungen an die Methodik	F	Q	R
F1: Identifikation geeigneter Prozesse	A.1.1: Die Methodik muss eine standardisierte, gewichtete Bewertung von Prozessen ermöglichen.	X		
	A.1.2: Die Methodik muss bei der Bewertung von Prozessen sowohl den Status quo als auch zukünftige Prozessentwicklungen abbilden können (z. B. Volumenentwicklung).	X		
	A.1.3: Die Methodik muss bei der Bewertung technologische Fortschritte in der Datenverarbeitung (z. B. durch KI) berücksichtigen. Die Bewertung kann zweistufig erfolgen: Zunächst wird lediglich der Einsatz von RPA angenommen. Unterschreitet das Ergebnis eine definierte Schwelle, erfolgt eine erneute Bewertung unter der Annahme, dass zusätzlich KI eingesetzt wird.	X		
	A.1.4: Die Bewertung soll anpassbar sein, um organisationsspezifische Präferenzen zu ermöglichen.	X		
	A.1.5: Die Methodik soll sowohl einfache als auch komplexe Prozesse differenziert bewerten können.	X		
	A.1.6: Die Methodik muss am Ende der Bewertung für jeden untersuchten Prozess einen gewichteten numerischen Gesamtwert berechnen. Es existiert keine festgelegte Mindestpunktzahl, sodass die Organisation bestimmte Grenzen selbst festlegen kann.	X		
	A.1.7: Die Methodik muss eine nachvollziehbare Bewertungslogik aufweisen, sodass alle Zwischenschritte für Nutzer verständlich dokumentiert sind.		X	
	A.1.8: Die Methodik ist für den Einsatz in KMU sowie in Organisationen der öffentlichen Hand validiert.			X
F2: Bestimmung Automatisierungstiefe	A.2.1: Die Methodik muss in der Lage sein, auf Basis der bewerteten Prozessmerkmale eine Klassifikation der Automatisierungstiefe vorzunehmen (z. B. partielle oder vollständige Automatisierung).	X		
	A.2.2: Die Methodik muss erkennen, wenn ein Prozess potenziell hybrid automatisierbar ist (RPA + KI) und dem Benutzer ermöglichen, eine zweite Bewertung unter KI-Annahme durchzuführen.	X		
F3: Bestimmung Zeit- und Kostenersparnisse	A.3.1: Die Methodik muss auf Basis der Bewertung eine prognostische Zeitersparnis (z. B. in Stunden pro Monat) berechnen können.	X		
	A.3.2: Aus der Zeitersparnis und einem frei definierbaren Kostensatz (z. B. €/Stunde) muss die Methodik die zu erwartende Kosteneinsparung pro Jahr berechnen können, wobei die Betriebskosten zu berücksichtigen sind.	X		
	A.3.3: Die Berechnungsformeln müssen dokumentiert und für Anwender nachvollziehbar sein.		X	
	A.3.4: Die Methodik darf auch dann anwendbar sein, wenn keine exakten Ist-Daten (z. B. Zeiterfassung, Kostenrechnung) vorliegen. Es müssen Schätzwerte zugelassen werden, um die Methode praxistauglich zu halten.			X

F4: Festlegung Software	A.4.1: Im Rahmen der Anwendung der Methodik ist der Softwarevergleich auf die beiden Systeme UiPath (Closed Source) und OpenRPA (Open Source) begrenzt. Die Methodik ermöglicht jedoch grundsätzlich, mehrere RPA-Softwarelösungen anhand von Bewertungskriterien zu untersuchen.			X
	A.4.2: Die Gewichtung der Kriterien soll durch einen paarweisen Vergleich erfolgen, um Präferenzen abzubilden.	X		
	A.4.3: Die Methodik muss es ermöglichen, die Kriterienliste und deren Gewichtung an organisationsspezifische Anforderungen anzupassen (z. B. regulatorische Vorgaben).	X		

Tabelle 6: Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 6 sind die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik zu finden. Die funktionalen Anforderungen konkretisieren jene zentralen Systemfunktionen, die die zu entwickelnde Methodik bereitstellen muss, um die im Rahmen der Forschungsfragen identifizierten Aufgabenstellungen zu erfüllen. Die Anforderungen beschreiben, was die Methodik leisten soll, um eine adäquate Entscheidungsunterstützung von Automatisierungsvorhaben zu ermöglichen. Die Anforderungen werden systematisch entlang der vier formulierten Forschungsfragen (F1–F4) abgeleitet und berücksichtigen aktuelle Ergebnisse aus der Forschung.

Im Kontext der Identifikation geeigneter Prozesse (F1) muss die Methodik insbesondere in der Lage sein, eine standardisierte und gewichtete Bewertung potenziell automatisierbarer Prozesse durchzuführen (A.1.1). Dabei ist sicherzustellen, dass sowohl der Status quo als auch absehbare zukünftige Entwicklungen (z. B. steigendes Prozessvolumen) berücksichtigt werden. Dies stellt sicher, dass Prozesse, die möglicherweise heute ein geringes Volumen darstellen, aber künftig relevant werden, nicht als ungeeignet eingestuft werden (A.1.2). Da durch den zunehmenden Einsatz von KI-Technologien die Verarbeitung unstrukturierter Daten praktikabler wird, ist auch dieses technologische Potenzial in die Bewertung einzubeziehen. Demnach sollten Prozesse, die beispielsweise lediglich unstrukturierte Daten als Input aufweisen, nicht generell ausgeklammert werden. Vielmehr sollte eine zweistufige Bewertung möglich sein. Zunächst unter der Annahme, dass eine reine RPA-Lösung eingesetzt wird und im Anschluss nochmals unter der Annahme, dass auch KI-Lösungen eingebunden werden (A.1.3). Darüber hinaus soll die Bewertungslogik flexibel anpassbar sein (A.1.4), um unternehmensspezifische Präferenzen (z. B. IT-Infrastruktur, interne Vorgaben) zu reflektieren. Ebenso muss die Methodik zwischen einfachen und komplexeren Prozessen differenzieren können (A.1.5) und am Ende des

Bewertungsprozesses einen aggregierten, numerischen Punktwert ausgeben, der eine objektive Vergleichbarkeit unterschiedlicher Prozesse ermöglicht. Hierbei wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Methodik keine Mindestpunktzahl definiert. Dies obliegt der Organisation selbst, um Flexibilität zu erhalten (A.1.6). Die zugrunde liegende Logik der Bewertung, einschließlich der Kriteriengewichtung und Teilbewertungen, muss dabei für die Nutzer transparent und nachvollziehbar sein. Dies wird erreicht, indem jedes Kriterium separat bewertet werden kann und auch sichtbar ist (A.1.7). Eine Validierung soll für KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor erfolgen (A.1.8).

Für die Bestimmung der Automatisierungstiefe (F2) ergibt sich die funktionale Anforderung, dass die Methodik aus den bewerteten Prozessmerkmalen eine plausible Klassifikation der Automatisierbarkeit ableitet (z. B. keine, partielle oder vollständige Automatisierung) (A.2.1). Im Zuge dessen soll die Methodik erkennen können, ob ein Prozess durch eine Kombination klassischer RPA-Technologien mit KI-Komponenten potenziell vollständig automatisiert ist (A.2.2).

Im Hinblick auf die Prognose der Zeit- und Kosteneinsparung (F3) wird gefordert, dass die Methodik auf Basis der Bewertung und der ermittelten Automatisierungstiefe eine Schätzung des zeitlichen Einsparpotenzials (z. B. Stunden pro Fall oder Monat) liefert (A.3.1). In Kombination mit einem definierbaren Kostensatz (z. B. Personalkosten) muss daraus eine monetäre Einsparung pro Jahr berechnet werden können. In diesem Fall werden die Betriebskosten jedoch ebenfalls berücksichtigt (A.3.2). Die zugrunde liegenden Berechnungen sind dabei dokumentiert und nachvollziehbar (A.3.3). Um eine breite Anwendbarkeit zu gewährleisten, ist ferner die Möglichkeit vorzusehen, mit Schätzwerten zu arbeiten, sofern keine exakten Ist-Daten vorliegen. Die Methodik kann daher auch zur Abschätzung eingesetzt werden (A.3.4).

Schließlich wird im Rahmen der Festlegung geeigneter RPA-Softwarelösungen (F4) gefordert, dass die Methodik einen systematischen Softwarevergleich ermöglicht, basierend auf festgelegten Bewertungskriterien (A.4.1). Der Vergleich muss dabei durch ein paarweises Gewichtungsverfahren ergänzt werden, um organisationsspezifische Präferenzen explizit berücksichtigen zu können (A.4.2). Zudem ist eine Anpassbarkeit der Kriterien und Gewichtungen vorgesehen, um Kriterien wie regulatorische Anforderungen oder vorhandene IT-Infrastruktur adäquat abzubilden (A.4.3). Durch die konsequente Umsetzung dieser Anforderungen wird sichergestellt, dass die entwickelte Methodik die bereits vorgestellten wissenschaftlichen Beiträge berücksichtigt.

Die nicht-funktionalen Anforderungen (Qualitätsanforderungen und Randbedingungen) beschreiben Eigenschaften der Methodik, die über die bloße Funktionsbereitstellung hinausgehen und maßgeblich zu ihrer praktischen Anwendbarkeit beitragen. Sie adressieren insbesondere Anforderungen an Verständlichkeit, Nachvollziehbarkeit, Flexibilität, Skalierbarkeit sowie an die technologische Offenheit der Methodik. Zudem grenzen diese den Lösungsraum ein.

Im Vordergrund steht die Forderung nach Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Bewertungslogik (A.1.7 und A.3.3). Nutzer müssen sämtliche Zwischenschritte (von der Kriteriengewichtung über die Einzelbewertungen bis hin zur Berechnung des finalen Punktwerts und der Einsparung) vollständig nachvollziehen und im Bedarfsfall überprüfen können. Diese Anforderung ist insbesondere mit Blick auf die Nachweispflicht und Argumentationslogik innerhalb von Organisationen von zentraler Bedeutung.

Die folgenden Randbedingungen gilt es ebenfalls zu beachten. Die Methodik muss Flexibilität aufweisen und zulassen (A.3.4). Sie muss es gestatten, mit Schätzwerten zu arbeiten, sofern keine exakten Ist-Daten vorliegen. Auf diese Weise wird eine Nutzung auch in datenarmen Organisationen, wie sie typischerweise in KMU oder kleineren kommunalen Städten und Gemeinden vorkommen, ermöglicht. Die Methodik ist vorrangig für den Einsatz in KMU sowie in Organisationen der öffentlichen Hand auf kommunaler Ebene konzipiert. Diese Zielgruppen zeichnen sich typischerweise durch begrenzte personelle, technische und finanzielle Ressourcen aus, verfügen aber zugleich über ein entsprechendes Automatisierungspotenzial. Vor diesem Hintergrund muss die Methodik mit geringem Implementierungsaufwand, niedrigen Einstiegshürden und begrenztem Schulungsbedarf einsatzfähig sein (A.1.8).

Ein weiterer zentraler Rahmenparameter ergibt sich aus der technologischen Eingrenzung der Softwareauswahl. Um die Komplexität zu reduzieren und eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, fokussiert sich die Methodik auf zwei exemplarische RPA-Softwarelösungen: UiPath (als marktführende kommerzielle Lösung) und OpenRPA (als quelloffene Open Source Alternative). Diese Auswahl repräsentiert zwei grundsätzlich unterschiedliche Lizenz- und Betriebsmodelle, die für die anvisierten Zielgruppen eine hohe Relevanz aufweisen. Es ist jedoch auch eine Erweiterung und ein Vergleich von anderen Softwareanbietern denkbar (A.4.1).

3.5.2 Anforderungen Relevance Cycle

Die vorliegende Arbeit erhebt den Anspruch, für KMU und kleinere Organisationen im Öffentlichen Sektor Erkenntnisse zu Automatisierungsprojekten zu liefern und einsetzbar zu machen; zudem erfolgt auch die spätere Validierung für diese Organisationen. Demnach werden im Folgenden noch anwendungsbezogene Anforderungen definiert, die bei der Entwicklung einer Methodik Berücksichtigung finden sollen. Gemäß des in der Arbeit verfolgten Ansatzes von Hevner (2007) sind diese anwendungsbezogenen Anforderungen entscheidend, da zum einen die Theorie und wissenschaftliche Literatur herangezogen werden sollte, jedoch auch die Umgebung und Praxis im Rahmen des Relevance Cycle zu berücksichtigen ist.

	Anforderungen an die Methodik	F	Q	R
Anwendungsbezogene Anforderungen	A.5.1: Die Methodik soll eine Schritt-für-Schritt-Handlungsanleitung enthalten, die insbesondere KMU und kleinere Organisationen während des gesamten Automatisierungsprojekts bedarfsgerecht unterstützt.	X		
	A.5.2: Die Bestandteile der Methodik sollten einzeln einsetzbar und kombinierbar sein – je nach Reifegrad und Ressourcen der Organisation.	X		
	A.5.3: Die Methodik soll typischen Fehlerquellen wie einer falschen Prozessauswahl im RPA-Projektverlauf präventiv begegnen.	X		
	A.5.4: Die Methodik muss anhand von Anwendungsfällen von KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor validiert sein. Hierbei kommen folgende Kriterien zum Einsatz: Produktivsetzung, Betrieb, Einsparung und Wiederverwendung.		X	

Tabelle 7: Anwendungsbezogene Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 7 sind weitere Anforderungen aus der Praxis zu finden. Die zu entwickelnde Methodik soll eine Schritt-für-Schritt-Struktur aufweisen und KMU im Automatisierungsprojekt unterstützen. Basierend auf den Annahmen in Kapitel 1.5 existiert häufig in KMU und Organisationen im Öffentlichen Sektor keine hinreichend bekannte und genutzte Methodik. Daher erscheint es angebracht, dass die vorzustellende Methodik diese Lücke schließt (A.5.1). Darüber hinaus sollen einzelne Module der Methodik auch einzeln einsetzbar sein und ggf. kombiniert werden können (A.5.2). Schließlich kann der Fall auftreten, dass eine Organisation bereits einen Baustein zur Identifikation von geeigneten Prozessen implementiert hat, jedoch ein Baustein fehlt, um die passende Automa-

tisierungssoftware auszuwählen. Schlussendlich soll die Methodik typische Fehlerquellen berücksichtigen (z. B. falsche Prozessauswahl) und die Organisationen präventiv unterstützen (A.5.3). Zudem muss die Methodik anhand von realen Anwendungsbeispielen validiert werden. Folgende Kriterien werden hierfür detailliert betrachtet: Produktivsetzung, Betrieb, Einsparung und Wiederverwendung. Das Kriterium Produktivsetzung ist bestanden, wenn eine Organisation der Methodik folgt und die Automatisierungslösung in die produktive Umgebung überführt und nutzt. Zudem gilt das Kriterium Betrieb als erfüllt, wenn die Automatisierungslösung nach zwölf Monaten noch eingesetzt wird. Falls die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen erzielt werden, gilt das Kriterium Einsparung als erreicht. Eine Wiederverwendung zeigt an, ob eine Organisation die Methodik nochmals nach einer initialen Durchführung einsetzt. Dies stellt sicher, dass alle vorgeschlagenen Schritte innerhalb der Methodik umsetzbar und nachvollziehbar sind (A.5.4).

3.6 Zusammenfassung

Im vorliegenden Kapitel ist der Stand der Technik zu finden und somit die Erläuterung der bestehenden Forschungslücken. In **Kapitel 3.2** wird der aktuelle Forschungsstand zur Bewertung der Prozesseignung dargelegt; insgesamt sechs verschiedene Ansätze zur Bewertung werden hier vorgestellt und detailliert beschrieben. Die Ansätze weisen jedoch Lücken auf, bewerten beispielsweise lediglich den Status quo und ignorieren dynamische Faktoren und künftige Entwicklungen. Demnach besteht die Gefahr, dass Prozesse irrtümlich als nicht geeignet eingestuft werden, obwohl diese kurz- oder ggf. auch langfristig für eine Automatisierung in Frage kommen. Zudem bleiben einige wirtschaftliche Faktoren häufig unberücksichtigt, obwohl diese einen Einfluss auf die Kosteneinsparung haben. Beispielsweise werden in den vorgestellten Ansätzen die Betriebskosten nicht inkludiert. Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass bestimmte Kriterien durch den kombinierten Einsatz von RPA- und KI-Lösungen in Zukunft weniger ins Gewicht fallen werden. Hieraus lässt sich ableiten, dass ein Bedarf an einer Methodik besteht, um diese Lücken zu schließen.

In **Kapitel 3.3** folgt eine Erläuterung von verschiedenen Ansätzen und Publikationen zur Zeit- und Kosteneinsparung sowie zur Softwareauswahl. Es werden diverse Fallstudien und deren Ergebnisse vorgestellt sowie Ansätze zur Softwareauswahl präsentiert. Es existiert jedoch eine Forschungslücke zu den erreichten Kosten- und Zeiteinsparungen für

KMU und Organisationen im Bereich des Öffentlichen Sektors. Die Softwareauswahl wird zudem häufig nur am Rande betrachtet und fokussiert häufig marktführende Closed-Source-Anbieter, während Open Source Alternativen kaum berücksichtigt werden.

In **Kapitel 3.4** sind verschiedene Ansätze und bestehende Methodiken zur erfolgreichen Durchführung von Automatisierungsprojekten zu finden. Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass eine Forschungslücke besteht und keine Schritt-für-Schritt Handlungsanweisung für KMU und Organisationen der öffentlichen Hand existiert. Somit werden in dem vorliegenden Kapitel die Forschungslücken anhand bestehender Literatur identifiziert, bewertet und detailliert erläutert.

In **Kapitel 3.5** sind die für eine Methodik relevanten Anforderungen beschrieben und werden entsprechend des gewählten Ansatzes (Design Science Research) aus wissenschaftlicher (Rigor Cycle) und praktischer Perspektive (Relevance Cycle) erläutert.

4 Methodik zur Prozessautomatisierung

4.1 Einführung

Nach der Erläuterung der bestehenden Forschungslücke und der Definition der relevanten Anforderungen gilt es nun im vorliegenden Kapitel eine Methodik zu entwickeln und zu erläutern, die sich an den bisherigen Erkenntnissen orientiert. Zur erfolgreichen Prozessautomatisierung sind unterschiedliche Aspekte in der Planung, Umsetzung und dem späteren Betrieb entscheidend. In diesem Kapitel wird daher eine Methodik vorgestellt, die als Handlungsanleitung für KMU und Organisationen des Öffentlichen Sektors dient und aus insgesamt drei Modulen besteht. Aufbauend auf den zuvor herausgearbeiteten Anforderungen in Kapitel 3 adressiert die Methodik sowohl wissenschaftliche Aspekte (Rigor Cycle) als auch praktische Anwendbarkeit (Relevance Cycle). Die Methodik gliedert sich in drei funktional zusammenhängende Module (Analyse, Implement und Manage) und wird somit entlang zentraler Herausforderungen aus der Literatur und der Praxis hergeleitet. Das Modul Analyse fokussiert die Phase vor der Implementierung und beinhaltet Aspekte wie beispielsweise die Bewertung der Prozesseignung, Definition von Testfällen sowie die Vorbereitung der anstehenden Entwicklung. Im Rahmen des Moduls Implement werden alle Aspekte, die sich mit der Umsetzung und Automatisierung eines Prozesses befassen, thematisiert (IT-Infrastruktur, Softwarebereitstellung etc.). Die Überprüfung der Zielerreichung sowie Wartung & Service wird im Modul Manage adressiert. Ziel dieses Kapitels ist es, eine systematische und nachvollziehbare Handlungsanleitung bereitzustellen und eine Methodik zu entwickeln, die dann im weiteren Verlauf der Arbeit eingesetzt und validiert wird.

4.2 Aufbau und Modulübersicht

Die Methodik besteht wie bereits beschrieben aus insgesamt drei Modulen, die ineinandergreifen und alle wichtigen Aspekte und Anforderungen aus Kapitel 3, die im Rahmen eines Automatisierungsprojekts aufkommen, adressieren.

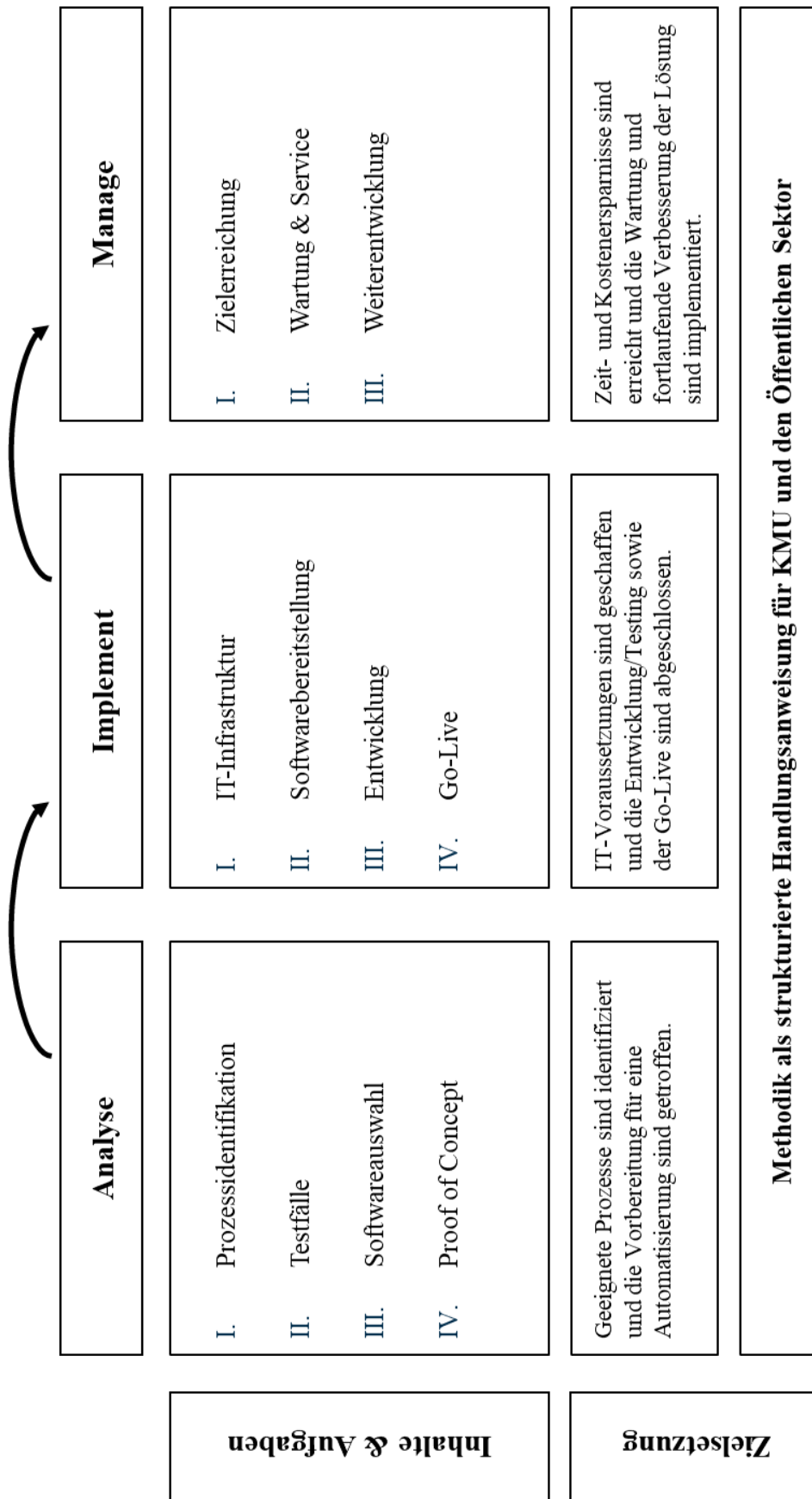


Abbildung 24: Modulübersicht der Methodik
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 24 sind die drei relevanten Module der Methodik sowie die dazugehörigen Schritte abgebildet. Das erste Modul **Analyse** beinhaltet die Identifikation von geeigneten Prozesskandidaten (I) innerhalb der Organisation, die mittels RPA und KI automatisiert werden können. Häufig erfolgt hierbei zunächst auf Prozessebene die Prozessaufnahme, sodass die zu automatisierenden Schritte, die beteiligten IT-Systeme sowie die Prozessrisiken und -ausnahmen festgehalten werden können. Die Prozessaufnahme kann organisationsspezifisch umgesetzt werden, sodass die Methodik an dieser Stelle keine bestimmte Form verlangt. Grundsätzlich bieten sich die in Kapitel 3.5 vorgestellten Ermittlungstechniken an. Im Anschluss wird empfohlen, die ermittelten Prozessschritte (Ist-Prozess und Soll-Prozess) zu dokumentieren, wobei auch dies organisationsspezifisch umgesetzt werden kann und in der vorliegenden Arbeit nicht vorgegeben wird. Grundsätzlich sollte jedoch eine Prozessaufnahme und -dokumentation durchgeführt werden, um eine Bewertung durchführen und schlussendlich geeignete Prozesse für eine Automatisierung identifizieren zu können. Die Organisation ist angehalten, im Zuge dessen mögliche Prozessverbesserungen zu prüfen und umzusetzen. Zudem werden im ersten Modul die Testfälle (II) definiert, die Softwareauswahl (III) vorgenommen sowie ein Testprojekt oder sogenannter Proof of Concept (IV) durchgeführt. Die Definition der Testfälle wird zu Beginn durchgeführt, um später die Bewertung der Automatisierungslösung und deren Abnahme sicherzustellen. Die Testfälle sind durch die am Projekt beteiligten Stakeholder oder zumindest durch den Prozessverantwortlichen zu definieren und zu bestätigen.

Das zweite Modul **Implement** beinhaltet im Kern die Entwicklung der Automatisierungslösung mittels RPA und KI. Zur erfolgreichen Entwicklung ist es notwendig, die Entwicklungs- und Produktivumgebung bzw. IT-Infrastruktur (I) zu planen und bereitzustellen. Je nach Anwendungsfall sind auch Testumgebungen der einzelnen Softwareapplikationen notwendig wie beispielsweise eine Testversion eines ERP-Systems wie SAP oder weiterer Zielsysteme, die durch die Automatisierungslösung angesteuert und genutzt werden sollen. Eine RPA- und KI-Lösung benötigt darüber hinaus eine stabile Umgebung und Infrastruktur, um Prozesse zuverlässig ausführen zu können. Demnach gilt es im Rahmen der Implementierung, die vorhandene Infrastruktur bei Bedarf zu modifizieren (Lizenzen erweitern oder erwerben, Serverkapazitäten erweitern etc.) und den Entwicklern alle notwendigen Berechtigungen zu den notwendigen Zielsystemen bereitzustellen.

Schlussendlich wird im Rahmen des Moduls die Automatisierungssoftware ausgewählt und installiert (II), um die Automatisierung der im Soll-Prozess festgehaltenen Prozessschritte mithilfe einer RPA- und KI-Lösung vorzunehmen. Ziel ist es, möglichst schnell eine in der Infrastrukturmgebung lauffähige Automatisierungslösung zu entwickeln, die mittels der definierten Testfälle überprüft werden kann (III). Nach erfolgreicher Prüfung und Bereitstellung erfolgt schließlich der Go-Live, sodass die Automatisierungslösung den operativen Betrieb der Organisation unterstützt und die geplanten Effizienzgewinne realisiert werden können (IV).

Das dritte Modul **Manage** ist entscheidend für den langfristigen Erfolg und die Realisierung der abgeschätzten Effizienzgewinne aus dem Modul Analyse. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme wird die Zielerreichung überprüft und die Verantwortlichkeiten definiert (I). Aufgrund sich ständig ändernder Rahmenbedingungen, Voraussetzungen, interner und externer Normen, Gesetzen oder Anforderungen ergibt sich zudem der Bedarf einer kontinuierlichen Wartung und des Managements von Automatisierungslösungen. Die implementierten RPA- und KI-Lösungen müssen daher kontinuierlich durch den Einsatz von Entwicklungsleistungen verbessert, angepasst oder erweitert werden. Zudem kann ein Update o. Ä. zu Veränderungen in den Zielsystemen führen wie beispielsweise eine veränderte Darstellung von Buttons oder Transaktionen im ERP-System, die somit die Funktionsweise der RPA- und KI-Lösung beeinträchtigen, sodass eine Anpassung notwendig wird (II). Dieser Umstand wird dadurch hervorgerufen, dass die Oberfläche i. d. R. als Schnittstelle zu den Zielsystemen dient und diese Automatisierungslösungen daher sensibler auf Veränderungen reagieren. In Abhängigkeit von dem eingesetzten Softwaretool und der Automatisierungssoftware kann die Robustheit der einzelnen Automatisierungslösungen stark variieren. Zudem ist die Robustheit auch abhängig von der Qualität der Programmierung und der Qualität der Input-Parameter für den Prozess. Ein Prozess, der beispielsweise gescannte Dokumente und somit unstrukturierte Daten als Input besitzt, ist i. d. R. anfälliger für Störungen und daher häufiger von Prozessanpassungen betroffen als Prozesse, die auf strukturiertem Input z. B. in Form einer Datenauswertung im Excel-Format basieren. Teilweise wird der Input für einen automatisierten Prozess durch externe Partner bereitgestellt, sodass Anpassungen kurzfristig erfolgen müssen, falls eine Benachrichtigung über mögliche anstehende Prozessänderungen ausbleibt. Ferner sollten fortlaufende Weiterentwicklungen vorgenommen werden, um ggf. weitere Schritte eines Prozesses zu automatisieren und die Automatisierungslösung zu verbessern (III).

Übergreifend über alle Module wird ein begleitendes Change-Management durchgeführt. Das Ziel des Change-Managements ist es, die Betroffenen zu Beteiligten zu machen, die Akzeptanz zu fördern und schlussendlich Führung von Veränderungsprozessen zu ermöglichen. (Ovtcharova et al., 2025)

4.3 Modul Analyse

4.3.1 Prozessidentifikation

Bevor ein Prozess automatisiert werden kann, sollte eine Organisation eine systematische Untersuchung der Prozesseignung durchführen, um geeignete Prozesse für eine Automatisierung zu identifizieren. Die bereits formulierten Anforderungen müssen Berücksichtigung finden, um eine geeignete Prozessidentifikation zu ermöglichen. In Anlehnung an Langmann und Turi (2020) wird im Folgenden ein Ansatz zur Prozessidentifikation vorgeschlagen. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz unterscheidet sich jedoch in der Kriterienauswahl und deren Gewichtung. Im Gegensatz zum Ansatz von Langmann und Turi (2020) wird das Kriterium Standardisierte Datentypen von den Minimalkriterien zu den Zusatzkriterien verschoben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch den Einsatz von großen Sprachmodellen beispielsweise auch unstrukturierte Daten effizient verarbeitet werden können und die Kombination von RPA und KI-Lösungen möglich ist.

Anstelle des Kriteriums Frequenz wird die wirtschaftliche Relevanz direkt über die pro Zeiteinheit erwartete Zeitersparnis bewertet. Die Fachbereiche berechnen die Ersparnis auf Basis der Fallzahlen und der prognostizierten Zeiteinsparung je Fall, worin das aktuelle Prozessvolumen berücksichtigt ist. Die Methodik übernimmt ausschließlich das aggregierte Ergebnis als Kriterium Erwartete Zeiteinsparung (z. B. Stundeneinsparung pro Woche oder pro Monat). So bleibt das Scoring unabhängig von organisationsspezifischen Zählweisen, während die Wirtschaftlichkeit getrennt und detailliert nachvollzogen werden kann.

Das zukünftige Prozessvolumen wird als weiteres Minimalkriterium berücksichtigt, um nicht nur den Status quo, sondern auch künftige Entwicklungen und Aufwandsveränderungen abzubilden. Die Zusatzkriterien werden lediglich leicht adaptiert. Die Anzahl der Ausnahmen werden nun als Sonderkriterium geführt, denn schließlich werden RPA-Lösungen häufig mit KI-Lösungen kombiniert, sodass das Kriterium Anzahl der Ausnahmen künftig weniger stark ins Gewicht fallen wird.

Prozesse		Prozessbeispiel 1	
Gewichteter Punktwert		76	
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)			
Regelbasiertheit		5	
Standardisierung*		1	
Erwartete Zeiteinsparung		5	
Zukünftiges Prozessvolumen		5	
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)			
Komplexitätsgrad		2	
Anzahl Applikationen		3	
Anzahl Entscheidungspunkte		2	
Anzahl manueller Eingriffe		1	
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)			
Anzahl verwendeter Sprachen		1	
Anzahl Ausnahmen*		2	
Standardisierte Datentypen*		5	
Ausprägung Sicherheitsrisiko		4	
Beschreibung	Einheit	Wert	
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Monat	100 h	
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Monat	5 h	
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	80 €	
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50 €	
Kosteneinsparung C_p	€ pro Monat	7.750 €	
Kapazitätseinsparung CA_p	VZÄ pro Jahr	0,55 VZÄ	

Tabelle 8: Scoring-Modell für die Bewertung von Prozessen
Quelle: In Anlehnung an Langmann und Turi (2020)

In Tabelle 8 ist die Bewertungstabelle zur Prozessidentifikation zu finden. Die beiden Kriterien Standardisierung und Standardisierte Datentypen sind hervorgehoben (*) – schließlich sind diese beiden Kriterien ein Anhaltspunkt für einen Einsatz von KI-Lösungen. Zudem ist das Kriterium Anzahl Ausnahmen hervorgehoben. Eine detaillierte Erläuterung der o. g. Kriterien folgt im weiteren Verlauf.

Selbstverständlich muss vor einer Prozessidentifikation auch eine Prozessaufnahme erfolgen und hierfür kommen verschiedene Techniken in Frage, die bereits im Kapitel 3.5

beschrieben sind. Die Entscheidung für eine oder mehrere Techniken zur Prozessaufnahme kann organisationspezifisch entschieden werden. Die vorliegende Methodik legt keine Technik fest, da dies individuell durch die Organisation festzulegen ist. Es wird vor der Durchführung des Moduls Analyse vorausgesetzt, dass der Prozess dokumentiert ist und bei Bedarf Verbesserungsmaßnahmen spätestens vor der Implementierung erfolgen werden.

Um eine zuverlässige Eintragung in der Tabelle zu ermöglichen, sind entsprechende Bewertungskalen vorab durch die Organisationen zu erstellen. Die Bewertung erfolgt auf einer fünfstufigen Skala (1 = ungünstig, 5 = günstig).¹ Die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist am Ende der Tabelle zu finden. Schlussendlich wird in diesem Fall die Kosteneinsparung C_p für Prozess p sowie die Kapazitätseinsparung CA_p berechnet, wobei auch der Wartungsaufwand M_p berücksichtigt wird.² Im Gegensatz zu Langmann und Turi (2020) wird bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung somit auch die Wartung einer Automatisierungslösung berücksichtigt, die die Kosteneinsparung schmälert und den Personalaufwand erhöht.

$$C_p = E_p * c_p - M_p * c_m \quad (1)$$

$$CA_p = \frac{(E_p - M_p) * 12}{2080} \quad (2)$$

Die Gleichungen unter (1) und (2) können organisationspezifisch angepasst und mit bestimmten Schwellenwerten versehen werden. Somit liegt ein messbares Kriterium für die Wirtschaftlichkeit vor. Die Implementierungskosten der RPA-Lösung werden in dieser Betrachtung vernachlässigt. Die resultierende Kosteneinsparung stellt somit die gesamte Kosteneinsparung dar, die in einem nachgelagerten Business-Case durch projektspezifische Aufwände ergänzt werden kann.

Im Folgenden werden die einzelnen Kriterien des Scoring-Modells nochmals kurz beschrieben. Die **Regelbasiertheit** beschreibt, in welchem Maß Entscheidungen im Prozess

¹ Eine beispielhafte Skala ist in Anhang 1 zu finden.

² VZÄ-Basis: 2.080 Arbeitsstunden pro Jahr, die sich aus 40 h und 52 Wochen ergeben. In CA_p wird ausschließlich ein interner Wartungsaufwand berücksichtigt. Wenn die Wartung extern erfolgt, fließt diese nur in C_p ein.

durch klare Wenn–Dann-Regeln statt durch Entscheidungen getroffen werden. Demnach geben Regeln in einem Prozess vor, welche Aktivität als Nächstes zu erfolgen hat. Hohe Ausprägungen bedeuten deterministische Regeln und geringe Ausprägungen Interpretationsspielräume. (Langmann & Turi, 2020)

Die **Standardisierung** eines Prozesses misst nach Langmann und Turi (2020) die Stabilität und Formalisierung des Prozesses, etwa durch vorhandene und gelebte Verantwortlichkeiten, Checklisten und klar definierte Zuständigkeiten. Eine hohe Ausprägung zeigt geringe Varianz zwischen den durchzuführenden Personen sowie konsistente Bearbeitung. „Standardisierte Prozesse folgen einem vorab fest definierten Ablauf, sind in der Regel präzise dokumentiert und weisen keine unbekannt Variationen auf.“ (Langmann & Turi, 2020, S. 25). Das Maß der Standardisierung wird teilweise in der Literatur auch anders beschrieben: „ensure that activities are performed in the same way in all branches of the organization“ (Leshob et al., 2018, S. 47).

Die **erwartete Zeiteinsparung** pro Zeiteinheit ist der entscheidende Faktor wirtschaftlicher Relevanz. Sie wird vom Fachbereich oder Prozessverantwortlichen als aggregierte Stundeneinsparung je gewählter Zeiteinheit bzw. Periode (zum Beispiel pro Woche oder Monat) geliefert und basiert auf dem Prozessvolumen (Anzahl an Instanzen wie z. B. zu verarbeitenden Rechnungen) und der prognostizierten Einsparung je Instanz. Das aktuelle Prozessvolumen ist damit implizit enthalten. Das **zukünftige Prozessvolumen** erfasst die erwarteten Fallzahlen bzw. Instanzen z. B. in den kommenden 12 bis 24 Monaten. Berücksichtigt werden hiermit Trends wie steigende oder sinkende Fallzahlen, gestützt z. B. durch Forecasts, Saisonalitäten, Gesetzgebungsverfahren oder andere Umstände. Eine höhere Ausprägung weist auf eine zunehmende Relevanz in der Zukunft hin.

Der **Komplexitätsgrad** wird beeinflusst durch die Anzahl der Schritte und der durchzuführenden Kalkulationen. „Vielmehr ist damit gemeint, dass Prozessabläufe mit hochkomplexen mathematischen Kalkulationen (z. B. dynamische Rechenverfahren, aufwändige statistische Berechnungen) die Entwicklungskosten und -dauer der Entwicklung eines Roboters stark ansteigen lassen, während gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Stabilität tendenziell abnimmt.“ (Langmann & Turi, 2020, S. 27).

Die **Anzahl der Applikationen** und der Schnittstellenzugang bewerten, wie viele Systeme eine Automatisierungslösung bedienen muss und wie zugänglich diese sind. Günstig sind wenige Systeme und stabile Umgebungen. Ungünstig sind viele Citrix-Umgebungen und sich ständig ändernde grafische Oberflächen. Hier wird der Annahme von Langmann

und Turi (2020) gefolgt, dass mehr Applikationen ein größeres Risiko für Änderungen bedeuten.

Die **Anzahl der Entscheidungspunkte** erfasst nach Langmann und Turi (2020), wie oft im Prozess eine Entscheidung getroffen werden muss. Eine günstige Ausprägung liegt vor, wenn wenige Entscheidungen und klar prüfbare Kriterien vorliegen.

Manuelle Eingriffe im Prozess dagegen bezeichnen beispielsweise händische Tätigkeiten wie Kopieren, Nachschlagen, Rückfragen oder Freigaben in teilautomatisierten Prozessen. Eine Automatisierungslösung könnte beispielsweise die Rechnungskontierung vornehmen, jedoch muss das Ergebnis durch eine oder mehrere Personen genehmigt werden. Eine niedrige Anzahl solcher Eingriffe ist wünschenswert und sollte angestrebt werden, da diese auf geringeren Automatisierungs- und Betriebsaufwand hindeuten. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn keine oder nur eine Person die Freigabe einer Rechnungskontierung vornehmen muss. Falls jedoch mehr als drei oder gar fünf Personen in den Prozess eingreifen müssen, fällt die Bewertung ungünstiger aus.

Die **Anzahl verwendeter Sprachen** beschreibt die Sprachvielfalt in Dokumenten und Kommunikation. Günstig ist eine einheitliche Sprache. Mehrere parallel vorkommende Sprachen erhöhen Modellierungs- und Betriebsaufwand und erschweren auch potenzielle Weiterentwicklungen.

Die **Anzahl der Ausnahmen** misst dagegen, wie viele Fälle vom erfolgreichen Standardablauf abweichen. Günstig ist ein niedriger Ausnahmenanteil, weil er die Implementierung und den Betrieb stabiler macht und weniger Programmieraufwand erfordert. **Standardisierte Datentypen** beschreiben dagegen den Strukturgrad der Eingabedaten. Günstig sind durchgängig strukturierte und konsistente Inputs mit festen Feldern. Unstrukturierte Freitexte und Scans sind ungünstiger, da diese unstrukturierten Daten ggf. noch vorverarbeitet werden müssen.

Das **Sicherheitsrisiko** erfasst Schutzbedarf, regulatorische Anforderungen und Fehlertoleranz. Eine günstige Ausprägung liegt vor, wenn Daten und Prozesse ein niedriges Risiko aufweisen und Kontrollen sowie Audits klar implementiert sind. Ein höheres Risiko ergibt sich beispielsweise aus möglichen Strafzahlungen bei einer fehlerhaften oder fehlgeschlagenen Durchführung. (Langmann & Turi, 2020)

Das in Tabelle 8 verwendete Scoring-Modell sieht eine erneute Bewertung unter bestimmten Umständen vor. Erhält ein Prozess bei den Kriterien Standardisierung bzw.

Standardisierte Datentypen niedrige Werte, kann eine zweite Bewertung unter der Annahme eines KI-gestützten Lösungswegs erfolgen. Wie bereits beschrieben können KI-Lösungen (z. B. unter Nutzung von Computer Vision) unstrukturierte Eingaben verarbeiten und mit Variationen in Oberflächen besser umgehen. Zahlreiche RPA-Plattformen kombinieren hierzu Automatisierung mit KI-Modulen (etwa OCR oder Computer Vision), sodass RPA-Lösungen auch bei unerwarteten Layout- oder Oberflächen-Variationen weiterarbeiten können. Es wird daher an dieser Stelle vorgeschlagen, dass eine Organisation einen Schwellenwert festlegt. Demnach erfolgt beispielsweise eine erneute Bewertung eines RPA-Prozesskandidaten, falls eines der Kriterien unter der Punktzahl drei liegt. Dies ist ein Hinweis, dass eine erneute Bewertung unter Berücksichtigung von KI-Lösungen sinnvoll erscheint. In diesem Fall wird die Bewertung erneut durchgeführt und mit der Bewertung einer reinen RPA-Lösung verglichen. Dies kann dazu führen, dass zunächst ungünstig bewertete Prozesse doch für ein Automatisierungsvorhaben in Frage kommen. Zudem gilt das Kriterium der Ausnahmen als Indikator zur Bestimmung der Automatisierungstiefe. Falls ein Prozess geringe Werte erhält, ist dies ein Indikator, dass zahlreiche Ausnahmen vorliegen. In diesem Fall sollte untersucht werden, ob der Prozess verbessert und umstrukturiert werden kann. Zudem sollte in diesem Fall der Einsatz von KI geprüft werden, um die Programmierung jeder einzelnen Ausnahme ggf. zu vermeiden. Das Kriterium der Ausnahmen scheint geeignet, da dieses die Entwicklungs- und Wartungskosten maßgeblich beeinflusst.

An dieser Stelle wird betont, dass eine Bewertung mithilfe eines Scoring-Modells noch keine abschließende Aussage zulässt, ob ein Prozess automatisiert werden sollte. Vielmehr hängt dies auch von den organisationsspezifischen Schwellenwerten ab.

Manche Organisationen verlangen beispielsweise eine VZÄ-Einsparung von 0,3 bis 0,4, wobei sich andere bei deutlich geringeren Werte z. B. 0,1 VZÄ für eine Automatisierung entscheiden (Biel, 2021).

4.3.2 Testfälle

Nach der erfolgreichen Prozessidentifikation gilt es zudem, relevante Testfälle zu definieren. Diese Testfälle dienen dazu, eine Automatisierungslösung auch im späteren, operativen Betrieb robust betreiben zu können. Bei der Bewertung der Prozesseignung wird bereits das Kriterium der Anzahl an Prozessausnahmen berücksichtigt. Im Rahmen der Definition der Testfälle gilt es u. a., diese festzuhalten und detailliert zu beschreiben. In

der hier vorliegenden Methodik wird vorgeschlagen, den Prozessverantwortlichen als Informationsquelle heranzuziehen, da er i. d. R. über das entsprechende Prozesswissen verfügt. Zur Definition der relevanten Testfälle bieten sich verschiedene Befragungstechniken an wie beispielsweise die Durchführung eines Interviews oder Informationserhebung mittels eines Fragebogens durch den Entwickler oder Testverantwortlichen. Grundsätzlich kann die Definition der Testfälle auch im Rahmen der Prozessidentifikation untersucht werden, wobei die Gefahr besteht, dass aufwendig Testfälle erhoben werden, Aufwand entsteht und im Anschluss ggf. doch keine Automatisierung des Prozesses erfolgt. Daher wird gemäß der hier vorgestellten Methodik empfohlen, dies im Anschluss an die Prozessidentifikation durchzuführen und lediglich für Prozesskandidaten zu definieren, für die eine Umsetzung bzw. Automatisierung erfolgen wird.

Ein Testfall besteht in der vorliegenden Arbeit aus insgesamt vier Eigenschaften: Zunächst erfolgt die Beschreibung des Testfalls, um im Anschluss das gewünschte Ergebnis zu definieren. Die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung (i.O. oder n.i.O) sowie aufgetretene Abweichungen werden ebenfalls dokumentiert, um geeignete Gegenmaßnahmen festzulegen. Zudem wird hinter den Erfüllungsgrad eine Zahl geschrieben, die beispielsweise für Fehlerklassen stehen können.

In der Arbeit wird folgende Terminologie bzw. Fehlerklasse verwendet, die auch von der Unternehmensberatung agitum genutzt wird. Ein Mangel der Fehlerklasse (1) führt dazu, dass eine Abnahmeprüfung nicht durchgeführt, die abzunehmende Leistung oder eine in sich abgeschlossene wesentliche Teilleistung nicht oder nur mit unzumutbaren Einschränkungen genutzt werden kann. Ein Mangel der Fehlerklasse (2) führt dazu, dass die abzunehmende Leistung oder eine in sich abgeschlossene wesentliche Teilleistung nur mit erheblichen Einschränkungen genutzt werden kann. Alle sonstigen Mängel sind unter Fehlerklasse (3) zu finden. Die Abnahme und produktive Nutzung kann wegen eines Mangels der Fehlerklasse 1 oder zwei Mängeln der Fehlerklasse 2 verweigert werden. (agitum GmbH, 2025a)

Testfälle für Automatisierungslösung (Prozessname, Fachbereich)				
Testnummer:		Testverantwortlicher:		Testdatum:
100100100		Vorname, Nachname, Abteilung Vorname, Nachname, Abteilung		dd.MM.yyyy
Testinhalte:				
ID:	Beschreibung:	Gewünschtes Ergebnis:	Erfüllt:	Maßnahme:
T.1.0	Einloggen der Automatisierung im SAP, wobei eine Passwortänderung notwendig ist.	Schließen des Anmeldefensters und Information per Mail an Sachbearbeiter versenden.	i.O. (1)	Keine Maßnahme
T.1.1	Verarbeiten von fehlerhaften Inputdaten (Mengeninformation fehlt).	Korrekte Inputdaten werden verarbeitet, wobei fehlerhafte Inputdaten ignoriert und dem Sachbearbeiter gemeldet werden.	n.i.O. (2)	Information an Sachbearbeiter wurde nicht per E-Mail versandt.
T.2.0
...
Ergebnis:				
Testergebnis:		Freigabeverantwortlicher:		Freigabedatum:
Bestanden / Nicht bestanden		Vorname, Nachname, Abteilung		dd.MM.yyyy

Tabelle 9: Dokumentation von Testfällen für Prozessautomatisierungen
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 9 ist ein Beispiel zu finden, welches mit generischen Werten befüllt ist. Eine Organisation kann diese Testfalldokumentation als Vorlage nehmen und spezifisch anpassen. Die Informationen im Kopfbereich dienen der Zuordnung und der Nachverfolgung des Testvorgangs. Eine eindeutige Testnummer stellt sicher, dass das Testergebnis identifiziert werden kann. Der Testverantwortliche wird gemeinsam mit dem Testdatum ebenfalls dokumentiert. Nachdem die Testinhalte ausgefüllt sind, wird das Ergebnis festgehalten. In Abhängigkeit der aufgetretenen Fehler gilt der Test als bestanden oder nicht bestanden. Diese Feststellung sollte durch einen Freigabeverantwortlichen getroffen werden, der ebenfalls von der Organisation bestimmt wird. Falls das Ergebnis nicht bestanden lautet, kann ein erneuter Termin bestimmt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass neben den regulären Abläufen auch Negativ- und Randszenarien geprüft werden. Hierzu zählen z. B. unvollständige oder inkonsistente

Eingaben, veränderte Oberflächen und Selektoren, parallele Lese- und Schreibvorgänge, abweichende Einheiten sowie mangelhafte Dokumentqualitäten. Die hierfür vorgesehenen Reaktionen der Automatisierungslösung (Fehlerbehandlung, Rückfallpfade, Hinweise in der Benutzerschnittstelle) sind Teil der Prüfung. Testdaten sind real oder werden synthetisch oder anonymisiert bereitgestellt. Denkbar wäre beispielsweise die Verwendung von Musterrechnungen, die eine unplausible Anschrift aufweisen (Negativszenario) oder z. B. keinen Rechnungsbetrag aufweisen (Randszenario). Darüber hinaus kann der Benutzer z. B. Ausnahmen erzeugen, indem er eine Applikation unerwartet schließt oder das Programm absichtlich beendet.

4.3.3 Softwareauswahl

Zur erfolgreichen Umsetzung von Automatisierungsvorhaben ist die Verwendung einer Software unabdingbar. Es kommen heute zahlreiche Softwareanbieter in Frage. Axmann und Harmoko (2022) schlagen einen paarweisen Vergleich von Automatisierungssoftware vor, um eine geeignete Automatisierungssoftware zu identifizieren. Gefordert werden hierbei von den Autoren sieben Auswahlkriterien. Erstens sollten die erforderlichen Programmierkenntnisse minimal sein; idealerweise ist gar kein Code nötig, damit auch Personen ohne Programmiererfahrung die Software verwenden können (K1). Zweitens zählt die Benutzerfreundlichkeit für den späteren Betrieb (K2). Die Software wird dahingehend bewertet, ob viele Eingaben notwendig sind oder ob die Software schwer verständlich ist. Schließlich lässt sich im Betrieb keine hohe Effizienz erzielen, wenn dies nicht gegeben ist. Drittens ist die Produktverfügbarkeit relevant: Eine freie oder zumindest Testversion sollte bereitstehen, um grundlegende Automatisierungsbedarfe abzudecken und die Benutzeroberfläche bzw. Entwicklungsumgebung der Software erproben zu können (K3). Viertens spielt der Preis eine Rolle (K4). Hier werden häufig die Lizenzkosten der Software innerhalb eines bestimmten Zeitraums als Richtwert herangezogen. Fünftens ist die Integration wichtig, denn die Lösung sollte sich leicht an andere Managementwerkzeuge und Anwendungen anbinden lassen und mit den vorhandenen Informationssystemen kompatibel sein (K5). Sechstens werden Zuverlässigkeit und Sicherheit gefordert (K6). In Abhängigkeit von der Schutzbedürftigkeit der Daten müssen differenzierte Berechtigungen nach Nutzerkonten oder Gruppen eingerichtet werden können. Zudem lässt sich dabei auch festlegen, wer in der Anwendung welche Inhalte bearbeiten darf. Siebtens ist schließlich die operative Skalierbarkeit ausschlaggebend (K7). Je nach

Projektumfang muss die Software die Aufgaben zuverlässig bewältigen und erweiterbar sein.

In der hier vorliegenden Arbeit wird dem Ansatz von Axmann und Harmoko (2022) gefolgt, um zwei Anbieter (UiPath und OpenRPA) auf ihre Anwendung hin zu vergleichen. Zunächst werden die jeweiligen Kriterien einander gegenübergestellt und entsprechend bewertet. Die null steht in diesem Fall für weniger wichtig (0), eine eins für gleich wichtig (1) und eine zwei zeigt, dass ein Kriterium wichtiger (2) ist.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Summe	%
K1		2	2	2	2	2	2	12	28,6
K2	0		0	1	1	2	2	6	14,3
K3	0	2		2	2	2	2	10	23,8
K4	0	1	0		1	1	1	4	9,5
K5	0	1	0	1		2	1	5	11,9
K6	0	0	0	1	0		1	2	4,8
K7	0	0	0	1	1	1		3	7,1

Tabelle 10: Paarweiser Vergleich der Kriterien
In Anlehnung an: Axmann und Harmoko (2022)

Der Kriterienvergleich in Tabelle 10 zeigt, dass das Kriterium eins die anderen beiden Kriterien dominiert. Im Anschluss an den paarweisen Vergleich wird eine Bewertung (Skala von 0 bis 5) der beiden Softwareanbieter vorgenommen. Im Zuge dessen werden die Gewichtungen übernommen und es erfolgt das Rating bzw. die Bewertung. Mit der entsprechenden Gewichtung ergibt sich schlussendlich ein Wert bzw. eine Gesamtsumme.

Kriterien	Gewichtung	UiPath		OpenRPA	
		Rating	Wert	Rating	Wert
K1	28,6	5	1,43	4	1,14
K2	14,3	4	0,57	4	0,57
K3	23,8	0	0,00	5	1,19
K4	9,5	4	0,38	4	0,38
K5	11,9	4	0,48	4	0,48
K6	4,8	5	0,24	3	0,14
K7	7,1	5	0,36	2	0,14
			3,45		4,05

Tabelle 11: Bewertung der Kriterien
In Anlehnung an: Axmann und Harmoko (2022)

Eine beispielhafte Bewertung ist in Tabelle 11 zu finden. Diese Bewertung wurde mithilfe der Unternehmensberatung agitum GmbH und insgesamt vier RPA-, KI- und Automatisierungsexperten am 03.11.2025 durchgeführt. Alle vier Mitarbeiter haben bereits Erfahrung im Umgang mit OpenRPA und UiPath. Die Bewertung basiert auf einer Gruppendiskussion dieser vier Mitarbeiter, sodass Organisationen sich bei Bedarf daran orientieren können.

4.3.4 Proof of Concept

Gemäß der vorgestellten Methodik wird vorgeschlagen einen Proof of Concept bzw. ein Testprojekt vor der Durchführung eines Automatisierungsvorhabens durchzuführen. Dies dient dazu, als kritisch bewertete Prozessschritte vorab zu prüfen und deren Machbarkeit und Umsetzung zu bewerten. Es ist sinnvoll, den Proof of Concept nach der Definition der Testfälle vorzunehmen und nicht vorher – ansonsten besteht das Risiko, dass kritische Prozessschritte nicht getestet werden oder eine Umsetzung scheitert und somit wertvolle Ressourcen verschwendet werden.

Ein Proof of Concept kann im Umfang variieren – dies wird im Verlauf der Arbeit anhand der Anwendungsfälle deutlich. Zudem ist dieser abhängig von der Komplexität des geplanten Automatisierungsvorhabens. Grundsätzlich ist auch die Umsetzung eines vollständigen Anwendungsfalls im Rahmen eines Proof of Concept denkbar, um Erfahrung zu sammeln und die Automatisierungssoftware zu erlernen. Ein Proof of Concept kann sich auch nur auf einen bestimmten Teilprozess beziehen und somit auf eine Teilautomatisierung des Prozesses zur Folge haben. Möglicherweise dient der Test auch lediglich dazu, einzelne Prozessschritte oder Testfälle auf deren Machbarkeit zu untersuchen z. B. Auslesung von Textinhalten aus gescannten Bestellungen, Rechnungen oder anderen Dokumenten mit unstrukturierten Daten. In der vorgestellten Methodik werden somit zwei Arten des Proof of Concept unterschieden: zum einen ein Proof of Concept bezogen auf einzelne Prozessschritte und ein Proof of Concept, welcher auf die Umsetzung eines vollständigen Automatisierungsvorhabens abzielt.

4.4 Modul Implementierung

4.4.1 IT-Infrastruktur und Softwarebereitstellung

Für eine erfolgreiche Entwicklung und einen reibungslosen Betrieb ist eine entsprechende Infrastruktur bereitzustellen. Daher gilt es, dass Organisationen die IT-Infrastruktur planen und pflegen.

Es wird empfohlen, die Ausführung von Automatisierungslösungen auf einer einheitlichen und stabil betriebenen Umgebung vorzunehmen. Bewährt hat sich der Einsatz einer oder ggf. auch mehrerer zentral bereitgestellter virtueller Maschinen. Lokale Arbeitsplätze können ebenfalls für Entwicklungen und Tests eingesetzt werden, jedoch muss beachtet werden, dass der Computer hierbei nicht für manuelle Eingaben zur Verfügung steht. Andernfalls wird die Automatisierungslösung gestört und der Betrieb ist beeinträchtigt. Durch die Nutzung einer virtuellen Maschine können Verfügbarkeit, Backup und Zugriffskontrolle konsistent sichergestellt werden. (Langmann & Turi, 2020)

Hinsichtlich der Systemressourcen ist eine Ausstattung vorzusehen, die über die Mindestanforderungen hinausgeht. Empfohlen werden von den Anbietern der Automatisierungssoftware häufig ein ausreichender Arbeitsspeicher, damit auch parallele Abläufe, Protokollierungsvorgänge und begleitende Analysewerkzeuge ohne Einschränkungen betrieben werden können. Es ist sinnvoll, diese Parameter frühzeitig festzulegen und über Entwicklung, Test und Betrieb hinweg unverändert zu halten, um reproduzierbare Bedingungen zu erhalten. (UiPath, 2025)

Die Unternehmensberatung (agitum GmbH, 2025b) empfiehlt den Kunden, die im folgenden beschriebenen Einstellungen vorzunehmen: Für die Ausführung der Automatisierung sollte ein dedizierter Benutzer-Account eingerichtet werden, der ausschließlich für die Prozessautomatisierung genutzt wird. Dieser Benutzer ist so zu konfigurieren, dass möglichst keine automatischen Kennwortabläufe greifen und dass nach geplanten Neustarts eine automatische Anmeldung erfolgt. Ebenso wird empfohlen, Energiesparfunktionen und Bildschirmsperren zu deaktivieren, da Interaktionen in gesperrten Sitzungen nicht zuverlässig möglich sind. Die getroffenen Einstellungen werden dokumentiert und auf alle Umgebungen gleichermaßen angewendet, um unerwünschte Abweichungen zu vermeiden. Temporäre Administratorrechte sind auf Installations- und Konfigurationsphasen zu begrenzen; im Regelbetrieb genügen Standardrechte, ergänzt um gezielt freigegebene Arbeitsverzeichnisse. Weitreichende Schreibrechte auf Systempfade oder breit

verteilte Netzlaufwerke werden vermieden, um Angriffsflächen und Fehlbedienungen zu reduzieren. Es hat sich bewährt, Log- und Exportpfade beständig und unabhängig von Benutzerprofilen anzulegen sowie deren Kapazität mit geeigneten Rotations- und Aufbewahrungsregeln abzusichern. Da oberflächenbasierte Automatisierung empfindlich auf Darstellungsänderungen reagiert, wird eine feste Display-Konfiguration definiert und unverändert beibehalten. Dazu gehören Auflösung, Skalierung und Zoom-Einstellungen. Bereits geringfügige Veränderungen – etwa nach Treiber- oder Windows-Updates – können Selektoren destabilisieren oder Bildanker verschieben. Es ist daher sinnvoll, die gewählten Parameter verbindlich zu dokumentieren und nach Änderungen einen kurzen Sicht- und Funktionstest durchzuführen. Für Prozesse mit E-Mail-Bezug ist eine verlässliche Office-Integration unerlässlich. Microsoft Outlook wird beispielsweise in der Sitzung dauerhaft angemeldet bleiben. Sicherheitsdialoge, die den automatisierten Versand blockieren könnten, werden in Abstimmung mit der IT so konfiguriert, dass freigegebene Abläufe ohne manuelle Bestätigung möglich sind. Unabhängig von der Methode empfiehlt es sich, eine einmalige Freigabe zu dokumentieren und die Konfiguration in allen Umgebungen zu vereinheitlichen.

Der Remote-Zugriff auf die Zielumgebung bzw. den Server erfolgt bevorzugt über gesicherte Wege (z. B. VPN) direkt auf die VM. Sofern zusätzliche Fernwartungssoftware benötigt wird, ist eine Host-Installation mit Whitelist- und Rollensteuerung dem spontanen Ad-hoc-Zugriff vorzuziehen. Zugriffe werden auf definierte Konten beschränkt, stark authentisiert und protokolliert. Durch diese Ausgestaltung können Support, Fehlersuche und reguläre Wartung effizient durchgeführt werden, ohne Kompromisse bei Nachvollziehbarkeit und Sicherheit einzugehen.

Die notwendige Software umfasst das Windows-Betriebssystem, die benötigten Office-Komponenten und ggf. einen definierten Internetzugang für Paketinstallationen und Aktivierungen. Darüber hinaus werden alle Quell- und Zielsysteme (z. B. ERP, CRM, PDM oder DMS) für den Benutzer mit den benötigten Transaktionen freigeschaltet. Wo Testumgebungen verfügbar sind, ist eine parallele Bereitstellung zur Produktionsumgebung hilfreich, um Tests ohne Beeinträchtigung des Echtbetriebs zu ermöglichen.

Der typische Ablauf der Inbetriebnahme folgt einem klaren Schema: Zunächst werden virtuelle Maschinen und Basissysteme bereitgestellt. Anschließend werden Benutzer, Auto-Login und Sitzungsrichtlinien konfiguriert sowie die Software installiert. Danach

werden Rechte auf das notwendige Maß reduziert, Arbeits- und Logverzeichnisse angelegt, die E-Mail-Anbindung eingerichtet und der Remote-Zugriff abgesichert. Ein abschließender End-to-End-Test auf der Zielmaschine prüft Anzeige, Berechtigungen und Netzpfade mit realistischen Daten und ggf. unter Durchführung der zu automatisierenden Prozessschritte.

4.4.2 Entwicklung und Go-Live

Die Entwicklung der Automatisierungslösung erfolgt durch den Entwickler in enger Abstimmung mit dem Prozessverantwortlichen. Grundsätzlich steht die Automation Collaboration Platform, die bereits in Abbildung 13 beschrieben ist, im Vordergrund der Entwicklung, denn diese ermöglicht die Mensch-Maschinen-Interaktion.

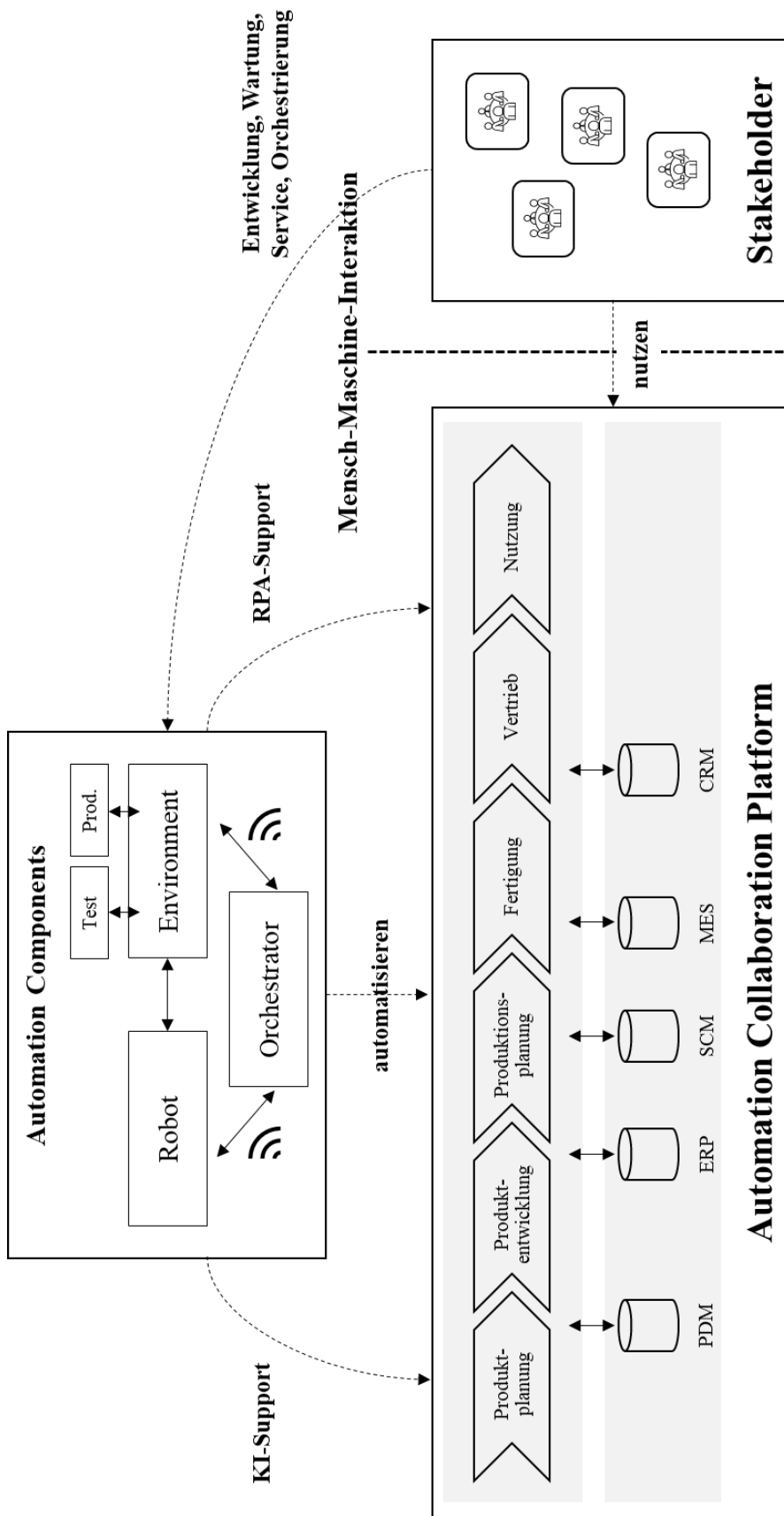


Abbildung 25: Automation Collaboration Platform mit Mensch-Maschine-Schnittstelle
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 25 ist die Automation Collaboration Platform mit der hervorgehobenen Mensch-Maschine-Schnittstelle zu finden. Auf der rechten Seite befinden sich wie bereits eingeführt die Stakeholder und auf der linken Seite die entsprechenden Systeme und Automatisierungslösungen. Organisationen sind angehalten, die relevanten Stakeholder zu definieren und die Aufgaben für Entwicklung, Wartung, Service und Orchestrierung zu verteilen (siehe rechte Seite). Zudem gilt es, die Systeme und Automation Components für die Entwicklung bereitzustellen. Die vorzunehmende Programmierung innerhalb der Entwicklungsumgebung (Environment) wird falls möglich in Module unterteilt, wobei bereits bestehende Module berücksichtigt werden müssen. Dies vermeidet redundante Prozessmodule und senkt die Entwicklungskosten bzw. verkürzt die Entwicklungszeit. Zur Sicherstellung eines gemeinsamen Verständnisses werden regelmäßige Besprechungen zwischen den Stakeholdern angesetzt, in denen der aktuelle Umsetzungsstand vorgestellt wird. Die Häufigkeit kann jede Organisation selbstständig festlegen. Diese Termine dienen dazu, Zwischenergebnisse sichtbar zu machen, Annahmen zu überprüfen und etwaige Missverständnisse frühzeitig zu entdecken. Ziel ist es, kurze Termine mit klaren Demonstrationen des erreichten Funktionsumfangs durchzuführen und offene Punkte unmittelbar zu dokumentieren. Auf diese Weise können auch kurzfristig aufgetretene Prozessänderungen oder neue Randbedingungen ohne lange Vorlaufzeiten berücksichtigt werden.

Die Automatisierungslösung bzw. die zu automatisierenden Prozesse werden schrittweise realisiert und in der vorgesehenen Testumgebung (siehe Baustein Test & Environment) ausgeführt. Bei Bedarf finden gezielte Tests einzelner Module statt, beispielsweise zur Stabilität von Selektoren, zum Verhalten bei Ausnahmen oder zur Verarbeitung beispielhafter Dokumente. Für diese Prüfung werden realitätsnahe Testdaten verwendet, die sowohl den Regelfall als auch relevante Sonderfälle abdecken. Ausführungen hierzu sind im vorangegangenen Kapitel zu finden.

Nach Abschluss der Entwicklung in der Testumgebung wird in Abstimmung mit dem Prozessverantwortlichen ein Abnahme- und Abschlussgespräch vereinbart. Sofern externe Partner beteiligt sind oder vertragliche Leistungen zu prüfen sind, erfolgt eine formale Abnahme mit Prüfprotokoll. Sind ausschließlich interne Beteiligte involviert, wird eine interne Abnahme durchgeführt, die sich an denselben Kriterien orientiert. In beiden Fällen werden die vereinbarten Abnahmekriterien vorab benannt (z. B. erfolgreiche Aus-

führung definierter Testfälle, Einhaltung vorgegebener Laufzeiten, korrektes Ausnahmeverhalten) und im Termin nachvollziehbar geprüft. Hierbei kommen die bereits definierten Testfälle zum Tragen und werden entsprechend überprüft.

Nach erteilter Abnahme wird die Lösung in die Produktivumgebung (Prod.) übertragen (Go-Live). Dabei ist sicherzustellen, dass die Zielumgebung den in dieser Arbeit beschriebenen Vorgaben entspricht und die Konfiguration der Testumgebung konsistent übernommen wird (siehe Baustein Prod. & Environment). Andernfalls fallen erneute Aufwände an, die den Projektfortschritt verzögern können. Es wird empfohlen, die erste produktive Ausführung begleitet durchzuführen und die Ergebnisse zu beobachten, um etwaige Abweichungen unmittelbar zu erkennen.

4.5 Modul Manage

Nach der Implementierung wird die Lösung in den Regelbetrieb überführt und betreut. Bereits zum Go-Live wird verbindlich festgelegt, wer für Wartung und Service verantwortlich ist. Die Wartung der Infrastruktur verantwortet häufig der IT-Betrieb – dies wird anhand der noch vorzustellenden Anwendungsfälle ersichtlich. Selbstverständlich können die Verantwortlichkeiten je nach Organisation abweichen, jedoch gilt es diese Aufgabenbereiche abzudecken.

Die Fehlerbehandlung ist entscheidend, da Automatisierungslösungen anfällig für Änderungen auf der Benutzeroberfläche sind. Technische Störungen betreffen etwa Zeitüberschreitungen (ERP-System reagiert nicht) oder Verbindungsprobleme und werden vom Entwicklungsteam bzw. vom Betrieb bearbeitet.

Eine Organisation sollte sich darüber hinaus Gedanken zu potenziellen Weiterentwicklungen machen, da beispielsweise Änderungswünsche aus dem Fachbereich aufkommen können, um den Betrieb oder den Ablauf zu verbessern.

Es wird ein regelmäßiger Abstimmungsrhythmus zwischen Prozessverantwortlichen und Entwicklern vereinbart, in dem neue Anforderungen geprüft, priorisiert und ggf. umgesetzt werden. Eine Organisation sollte zudem die Zielerreichung überprüfen. Es bietet sich beispielsweise an, die Zeiteinsparung sowie die erwartete Kosteneinsparung zu prüfen.

4.6 Zusammenfassung

Im vorliegenden **Kapitel 4** wird eine Methodik zur Planung, Umsetzung und zum Betrieb von Automatisierungsvorhaben entwickelt, die auf den in Kapitel 3 identifizierten Anforderungen basiert. **Kapitel 4.2** gibt einen Überblick über Aufbau und Zielsetzung der Methodik und verortet die drei funktional verknüpften Module Analyse, Implement und Manage als Handlungsanleitung für KMU und Organisationen der öffentlichen Hand.

Kapitel 4.3 (Analyse) beschreibt die systematische Identifikation und Bewertung geeigneter Prozesse mittels angepasstem Scoring-Modell sowie die Definition prüfbarer Testfälle. Ergänzend werden die Softwareauswahl (inkl. Kriteriengewichtung und Anbieter-rating) und je nach Komplexität ein Proof of Concept zur Absicherung kritischer Prozessschritte behandelt.

Kapitel 4.4 (Implement) fokussiert dagegen die Umsetzung der Automatisierungslösung in einer stabilen technischen Umgebung. Behandelt werden die Bereitstellung von Entwicklungs-, Test- und Produktionsumgebung, die notwendige Software- und Rechtebereitsstellung sowie eine Entwicklung in enger Abstimmung mit dem Prozessverantwortlichen. Nach erfolgreichem Test auf Basis der definierten Testfälle folgen Abnahme (intern bzw. formal mit externen Partnern) und ein Go-Live.

Kapitel 4.5 (Manage) regelt den Betrieb nach der Inbetriebnahme. Festgelegt werden Zuständigkeiten für Wartung und Service sowie Verfahren für die Fehlerbehandlung und Weiterentwicklung. Die Zielerreichung wird anhand der erwarteten Zeit- und Kosteneinsparung bewertet.

Insgesamt liefert **Kapitel 4** damit eine stringente Vorgehensweise von der Auswahl geeigneter Prozesse über die robuste Umsetzung bis hin zur nachhaltigen Betreuung im Betrieb. Die Methodik grenzt sich von bestehenden Ansätzen ab, da von der Identifikation bis zum Betrieb alle relevanten Phasen im Lebenszyklus einer Automatisierungslösung abgedeckt sind. Zudem werden relevante Kriterien unter Berücksichtigung des KI-Einsatzes neu bewertet und berücksichtigt (z. B. künftiges Prozessvolumen, Wirtschaftlichkeit). Darüber hinaus liefert die Methodik praxisnahe Handlungsanweisungen und schafft mit der Automation Collaboration Platform eine Hilfestellung für Organisationen, um relevante Handlungsfelder zu identifizieren und zu definieren.

5 Validierung

5.1 Einführung

In diesem Kapitel wird die bereits vorgestellte Methodik anhand von praxisnahen Anwendungsfällen validiert. Im Rahmen einer Validierung müssen relevante Kriterien geprüft und evaluiert werden. Gemäß des bereits eingeführten Vorgehens nach Peffers et al. (2007) ermöglicht dies, Erkenntnisse zu gewinnen und bei Bedarf das Artefakt weiter zu verbessern. Der Begriff der Validierung kann wie folgt definiert werden:

„Validation means confirmation by examination and provision of objective evidence that the particular requirements for a specific intended use can be consistently fulfilled.“
(Office of the Federal Register, 2025, S. 1).

In der vorliegenden Arbeit werden die Anforderungen aus dem Rigor Cycle und damit aus der wissenschaftlichen Perspektive systematisch berücksichtigt. Ergänzend dazu sind jedoch auch Anforderungen aus dem Relevance Cycle und somit aus der praktischen Anwendung einzubeziehen. Aus diesem Grund erfolgt in diesem Kapitel die Validierung der entwickelten Methodik anhand von fünf Anwendungsfällen in insgesamt vier unterschiedlichen Organisationen.

ID	Sektor	Kategorie	Lebenszyklus	Prozess (Prozessnummer)
U-1	Maschinenbau	Kernprozess	Produktentwicklung	Teileanlage (1.1)
		Unterstützung	Fertigung	Neutraldaten (1.2)
U-2	Maschinenbau	Kernprozess	Vertrieb	Auftragsverarbeitung (2.0)
PS-1	Öffentlicher Sektor	Management	Nutzung	Kostenauswertung (3.0)
PS-2	Öffentlicher Sektor	Kernprozess	Nutzung	Altaktenablage (4.0)

Tabelle 12: Organisationen und Prozesse zur Validierung im Überblick
Quelle: Eigene Darstellung

Die betrachteten Organisationen sowie die zugehörigen relevanten Prozesse sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Wie bereits erläutert, umfasst die Auswahl zwei Unternehmen sowie zwei Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor. Das erste Unternehmen (U-1) ist im Maschinenbau tätig. Die Validierung der Methodik erfolgt hier anhand zweier Prozesse (Teileanlage, Neutraldaten), die sowohl der Phase der Produktentwicklung als auch der Phase der Fertigung zuzuordnen sind. Das zweite Unternehmen (U-2) ist ebenfalls

dem Maschinenbausektor zuzuordnen. Der betrachtete Prozess (Auftragsverarbeitung) adressiert die Phase des Vertriebs. Die beiden Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor (PS-1, PS-2) werden jeweils anhand von zwei Prozessen (Kostenauswertung, Altaktenablage) untersucht, die der Nutzungsphase zugeordnet sind. Grundsätzlich ist das zugrunde liegende Lebenszykluskonzept auch auf Organisationen des Öffentlichen Sektors übertragbar, da diese – analog zu Unternehmen – Leistungen in Form von Services planen, entwickeln und anbieten. Diese Services werden von Bürgern genutzt und nachgefragt und weisen somit vergleichbare lebenszyklusbezogene Charakteristika auf.

Im Rahmen der Validierung werden folgende Kriterien detailliert betrachtet, um festzustellen, ob der Einsatz der Methodik als erfolgreich anzusehen ist: Produktivsetzung, Betrieb, Einsparung und Wiederverwendung. Diese vier Kriterien sind auch in der Anforderung in Kapitel 3.5.2 zu finden (siehe Anforderung A.5.4).

1. Das Kriterium Produktivsetzung gilt als erfüllt, wenn eine Organisation der Methodik folgt und die Automatisierungslösung in die produktive Umgebung überführt und nutzt.
2. Das Kriterium Betrieb gilt als erfüllt, wenn die Automatisierungslösung nach zwölf Monaten noch produktiv genutzt wird.
3. Falls die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen erzielt werden, gilt darüber hinaus das Kriterium Einsparung als erfüllt.
4. Die Wiederverwendung zeigt an, ob eine Organisation die Methodik mindestens noch ein weiteres Mal nach einer initialen Durchführung einsetzt.

Die im Validierungskapitel behandelten Anwendungsfälle wurden eigenständig entwickelt, produktiv gesetzt und untersucht und dienen somit der systematischen Validierung der vorgestellten Methodik anhand realer Anwendungsszenarien.

5.2 Anwendungsfälle

5.2.1 Teileanlage

Der Prozess der Teileanlage wird in Unternehmen (U-1) durchgeführt und verfolgt das Ziel, neu entwickelte Bauteile aus dem PDM-System (Teamcenter) in das ERP-System zu überführen. Die Konstrukteure entwickeln täglich neue Bauteile für die Produkte des Unternehmens, wobei die Verwaltung und Versionierung der zugehörigen CAD-Daten

zentral im PDM-System erfolgt. Innerhalb des PDM-Systems sind zudem zahlreiche Revisionen gespeichert; die neu entwickelten Bauteile gehören auch zum Teil einer Baugruppe an. Ergänzend werden auch vollständig neue Baugruppen erstellt, die entsprechend ebenfalls im ERP-System anzulegen sind. Der Prozessname Teileanlage ist historisch gewachsen und beinhaltet sowohl die Anlage von Bauteilen als auch Baugruppen im ERP-System. Innerhalb des Produktlebenszyklus ist dieser Prozess somit in der Entwicklung zu verorten und unterstützt in der frühen Phase der Produktentwicklung. Die Verantwortung für diesen Prozess liegt in der Konstruktionsabteilung und wird durch die Organisation als Kernprozess eingeordnet.

Basisinformationen	
1. Prozessname	Teileanlage
2. Produktlebenszyklus	Produktentwicklung
3. Verantwortlichkeit	Konstruktionsabteilung; Stammdatenmanagement
4. Prozessart	Kernprozess
Zusatzinformationen	
5. Input	Freigegebener Teiledatensatz: Zeichnungs- und Teilenummer, Benennung, Materialart etc.
6. Output	Speicherung der Teileinformationen im ERP-System sowie Auflistung von angelegten Bauteilen für den Sachbearbeiter
7. Prozessziel	Neuanlage von Bauteilen und Baugruppen im ERP-System
8. Prozessrisiken	Falschanlage oder Nicht-Anlage von Bauteilen
9. Automatisierungssoftware	OpenRPA
10. Entwicklungszeit	Vier Wochen
11. Betriebsmodus	Unüberwachter Roboter (unattended)
12. Zeiteinsparung	50 – 70 Stunden pro Monat
13. Durchführung	Täglich
14. Produktivsetzung	Januar 2023

Tabelle 13: Prozessbeschreibung Teileanlage
Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Informationen zum Prozess sind in Tabelle 13 dargestellt. Der Prozess kann vollständig manuell durchgeführt werden, ist in dieser Ausprägung jedoch mit einem hohen zeitlichen und personellen Aufwand verbunden. Für die Anlage eines Teils bzw. einer Baugruppen werden durchschnittlich fünf Minuten benötigt, wobei pro Monat zwischen

600 und 850 Teile bzw. Baugruppen neu angelegt werden. Daher ergibt sich eine Zeiteinsparung zwischen 50 und 70,83 Stunden pro Monat. Der Prozess wird mit der Automatisierungssoftware OpenRPA betrieben. Nach einer Entwicklungszeit von insgesamt vier Wochen inklusive einer Testphase von einer Woche erfolgte die Produktivsetzung. Die Automatisierungslösungen nutzt neben der RPA-Technologie auch OCR-Funktionen sowie Computer Vision, da das PDM-System und ERP-System innerhalb einer Citrix-Umgebung genutzt werden.

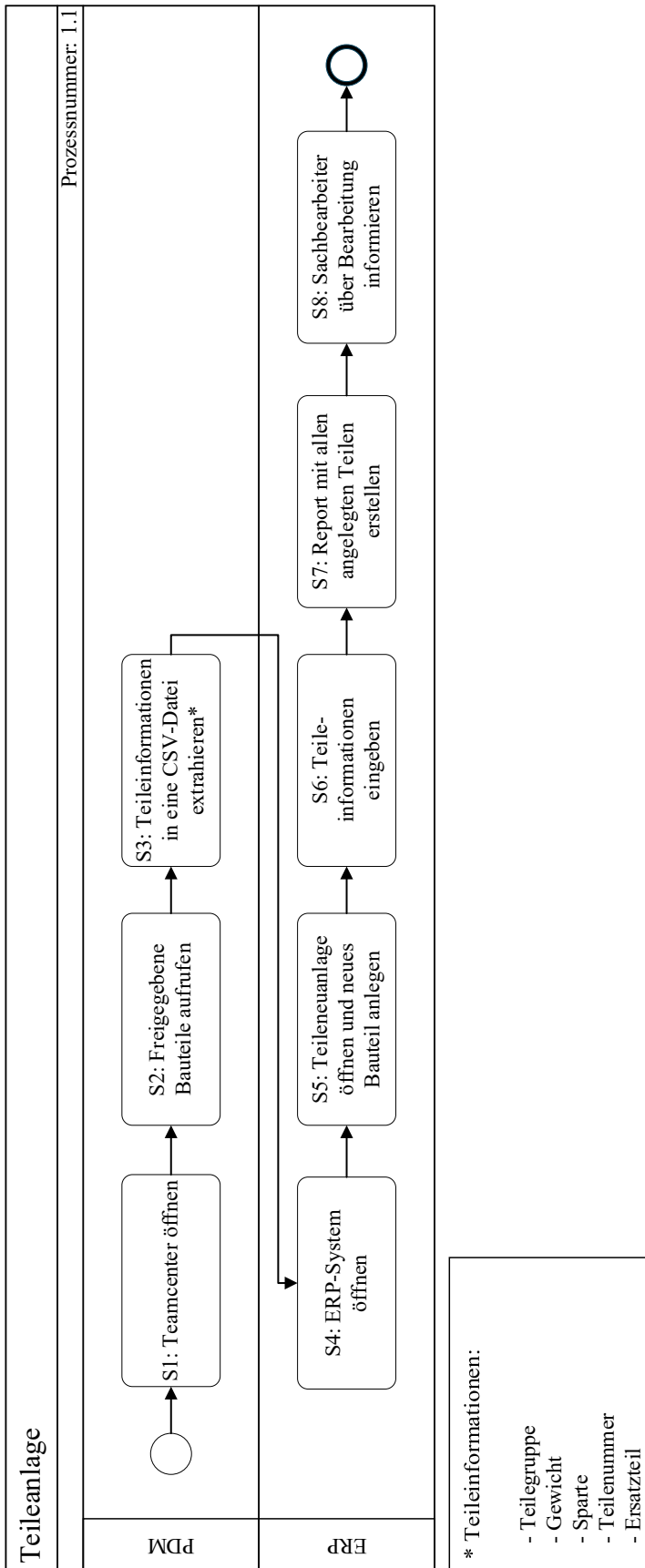


Abbildung 26: Ablauf- und Prozessbeschreibung Teileanlage
Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 26 ist der Prozess der Teileanlage formal beschrieben, sodass ersichtlich ist, welche Schritte (S1 – S8) durchlaufen werden müssen, um ein neues Bauteil im ERP-System anzulegen. Hierbei ist zu beachten, dass insgesamt zwei Systeme relevant sind: Zum einen führt die Automatisierungslösung sämtliche Prozessschritte im PDM-System durch zum anderen erfolgt die Anlage der Bauteile anschließend im ERP-System.

Zu Beginn des Prozesses öffnet die Automatisierungslösung das Programm Teamcenter (PDM-System) und öffnet eine Suchmaske, um alle seit dem vorangegangenen Arbeitstag freigegebenen Bauteile anzeigen zu lassen. Im Anschluss erfolgt der Export der relevanten Bauteile, wobei die erzeugte CSV-Datei auf einem freigegebenen Austauschlaufwerk abgelegt wird. Da ohne eine Anlage der Bauteile im ERP-System weder eine Auslieferung noch eine Bestellung oder weitere Folgeprozesse möglich sind, schließt sich unmittelbar daran die Teileanlage im ERP-System an. Folgende Schritte sind notwendig, um ein Bauteil im ERP-System anzulegen: Zunächst wird das ERP-System, betrieben in einer Citrix-Umgebung, geöffnet. Hierfür muss Computer Vision eingesetzt werden, da kein direkter Zugriff auf Buttons o. Ä. mittels Selektoren erfolgen kann. Das Bild auf dem Bildschirm wird daher ausgelesen, verarbeitet und schlussendlich werden Buttons und Texte als relevante Elemente erkannt. Nach dem Einloggen in das ERP-System wird die Transaktion zur Teileanlage geöffnet und das neue Teil angelegt. Im Rahmen des Prozesses werden die Teilenummer, die Teilegruppe, das Gewicht und die Sparte hinterlegt sowie die Zusatzinformation, ob das angelegte Teil als Ersatzteil verkauft werden kann. Im Anschluss wird ein Excel-basierter Report erstellt, der alle angelegten Teile sowie gegebenenfalls aufgetretene Systemmeldungen (z. B. „Teil wurde bereits angelegt“) enthält. Dieser Report wird anschließend an den zuständigen Sachbearbeiter versendet, sodass eine Prüfung der jeweiligen Prozessausführung möglich ist. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Methodik konkret umgesetzt wurde.

Analyse

Die Prozessidentifikation (I) erfolgte mithilfe des Scoring-Modells gemäß der Methodik, sodass eine Bewertung des Prozesses vorgenommen wurde.¹ Der Prozessverantwortliche stellte den Prozess zunächst vor und erstellte eine Klick-Anleitung, die sämtliche notwendige und auszuführende Aktivitäten umfasste. Ergänzend kam die Beobachtungstechnik

¹ Detaillierte Ergebnisse zur Bewertung des Prozesses sind in Anhang 2 zu finden.

des Apprenticing zum Einsatz, bei der der Mitarbeiter während der Prozessdurchführung begleitet und beobachtet wurde, um ein detailliertes Verständnis des Prozesses sowie der einzelnen Arbeitsschritte zu gewinnen. Im Anschluss wurden die relevanten Testfälle (II) durch den Prozessverantwortlichen definiert wie beispielsweise die Provokation eines Anmeldefehlers im PDM-System oder die Notwendigkeit, ein neues Passwort vergeben zu müssen. Die Automatisierungssoftware OpenRPA dient bis heute zur Durchführung und Entwicklung von neuen Prozessen innerhalb des Unternehmens und wurde mit der Software UiPath verglichen¹ (III). Ein Proof of Concept (IV) wurde ebenfalls durchgeführt und die Eingabe von Testdaten im ERP-System überprüft. Als kritisch wurde zunächst die Nutzung der Citrix-Umgebung bewertet, da die Automatisierungslösung in diesem Kontext auf den Einsatz von Computer Vision angewiesen ist. Ein direkter Zugriff auf einzelne Eingabefelder mittels Selektoren ist innerhalb der Citrix-Umgebung nicht möglich. Der durchgeführte Test verlief jedoch positiv, da sowohl der Eintragungsvorgang als auch insbesondere die Auswahl sämtlicher erforderlicher Schaltflächen und Buttons zuverlässig funktionierten. Zu diesem Zweck wurden fünf Bauteile im Testsystem angelegt und deren korrekte Anlage überprüft.

Implement & Manage

Das Unternehmen installierte die Automatisierungssoftware auf zwei virtuellen Maschinen, sodass eine Testumgebung und eine produktive Umgebung zur Verfügung stehen (I). Zudem wird dort die Automatisierungssoftware OpenRPA betrieben (II). Im Anschluss wurde die Automatisierungssoftware entsprechend konfiguriert (III). Der Entwicklungszeitraum betrug insgesamt vier Wochen und die Abnahmeprüfung verlief ohne Beanstandung (IV). Das Unternehmen prüfte die Zielerreichung nochmals nach zwölf Monaten anhand des Kriteriums der Zeitersparnis. Hier lag die durchschnittliche Einsparung bei 100 Stunden pro Monat, sodass die geplante Ersparnis übertroffen wurde (I). Nach dem Go-Live wurden die Wartung sowie die Weiterentwicklung der Automatisierungslösung an einen externen Partner übergeben. Dieser übernahm die Verantwortung für den stabilen Betrieb, die Behebung auftretender Störungen sowie notwendige Anpassungen an veränderte fachliche oder technische Anforderungen. Durch die Auslagerung

¹ Detaillierte Ergebnisse zum Vergleich der Anbieter von Automatisierungssoftware sind in Anhang 3 zu finden.

dieser Aufgaben konnte ein zuverlässiger Betrieb der Lösung sichergestellt und gleichzeitig eine Entlastung interner Ressourcen erreicht werden.

Ergebnis

Für die Automatisierung des Prozesses der Teileanlage nutzte das Unternehmen die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik. Hervorzuheben ist, dass sämtliche relevanten Module der Methodik durchlaufen wurden, wobei einzelne Schritte durch einen externen Partner umgesetzt wurden. Im Folgenden sind die Validierungsergebnisse anhand des beschriebenen Anwendungsfalls zu finden. Wie bereits ausgeführt, werden die vier Kriterien (Produktivsetzung, Betrieb, Zeit- und Kostenersparnis sowie Wiederverwendung) betrachtet. Das Kriterium Produktivsetzung gilt als erfüllt, da die Organisation der Methodik folgte und die Automatisierungslösung in die produktive Umgebung überführte und nach wie vor nutzt. Zudem gilt das Kriterium des Betriebs als erfüllt, da sich die Automatisierungslösung bis heute im Einsatz befindet.¹ Die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen konnten erzielt und sogar übertroffen werden. Die Wiederverwendung zeigt an, ob eine Organisation die Methodik mindestens noch einmal nach einer initialen Durchführung einsetzt. Dies ist ebenfalls zu bejahen, da die Methodik in weiteren Automatisierungsprojekten (siehe z. B. Prozess Neutraldaten) zum Einsatz kommt.

Potenzielle Weiterentwicklung

Die vorgestellte Prozessautomatisierung des Prozesses Teileanlage deckt einen wichtigen Teil im Bereich der Konstruktion ab und beschleunigt den Prozess der Datenübertragung in das ERP-System erheblich. Jedoch kann dieser Prozess und die an ihn angrenzenden Bereiche noch detaillierter beleuchtet werden, um weitere Einsparpotenziale zu identifizieren. Im Folgenden wird daher ein potenzieller Ansatz für eine Weiterentwicklung der Prozessautomatisierung vorgestellt. Die Grundlage für den Prozess Teileanlage bildet die Tätigkeit des Konstrukteurs, der in einer technischen Zeichnung oder allgemeiner gesprochen in einem Dokument den Zustand eines technischen Objekts beschreibt. Trotz der zentralen Bedeutung technischer Zeichnungen als strukturtragende Wissensobjekte im Produktentstehungsprozess existieren bis heute keine validierten, robusten Lösungen zur

¹ Zum Stand November 2025 befindet sich die Automatisierungslösung noch in Betrieb.

automatisierten Extraktion und Weiterverarbeitung der darin enthaltenen semantischen Inhalte.

Die Übertragung von Zeichnungsinformationen wie beispielsweise Maße, Stücklisteneinträge oder auch Materialangaben) in ERP- oder andere IT-Systemlösungen benötigt Zeit und verursacht Kosten. So kann beispielsweise das händische Übertragen einer Stückliste aus dem CAD-System in ein ERP-System bis zu 20 % der Arbeitszeit von Konstrukteuren binden. Diese Zeit fehlt für wertschöpfende Tätigkeiten wie eigentliche Entwicklungsarbeit. (Genius ERP, 2025)

Für einen mittelständischen Betrieb mit fünf Konstrukteuren müssen daher rund 2.080 Stunden pro Jahr nur für manuelle Datenübertragungen aufgewendet werden. Neben dem reinen Zeitverlust kommt der Faktor der Fehleranfälligkeit hinzu. Durch manuelles Abtippen entstehen leicht Tippfehler. Fehler bei der manuellen Eingabe ziehen zudem Folgekosten nach sich wie z. B. falsche Materialbestellungen, Nacharbeiten, Produktionsverzögerungen oder sogar Vertragsstrafen, wenn Liefertermine nicht eingehalten werden können.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass CAD-Zeichnungen aufgrund individueller Konstruktionsstile, unternehmensspezifischer Konventionen und externer Zulieferquellen einer hohen strukturellen Varianz unterliegen, wodurch eine Standardisierung nahezu unmöglich wird. Zudem nimmt die Zeit, die Mitarbeiter für die Suche nach relevanten Daten beispielsweise in ERP- oder PDM-Systemen benötigen, aufgrund der Komplexität der Systeme und der zunehmenden Datenvielfalt stetig zu. Dabei ist nicht nur der Zugang zu Informationen, sondern auch deren situationsgerechte Darstellung von wachsender Bedeutung. In dynamischen Kontexten – etwa unter Zeitdruck, wenn nur oberflächliche Informationen z. B. über ein Bauteil benötigt werden oder bei wechselnden Aufgabenprofilen – variiert der Informationsbedarf sehr stark. Standardisierte Informationsansichten stoßen hier an ihre Grenzen, da sie weder Nutzerrolle noch Kontext dynamisch berücksichtigen. Eine kontextsensitive Aufbereitung technischer Informationen kann hier helfen, Relevanz, Verständlichkeit und Handlungssicherheit signifikant zu verbessern. Zudem wird die Akzeptanz hierdurch verbessert.

Daher besteht grundsätzlich auch Bedarf einer Weiterentwicklung der vorgestellten Automatisierungslösung, da angrenzende Prozessschritte grundsätzlich ebenfalls Automatisierungspotenzial mitbringen. Vor diesem Hintergrund entsteht ein Bedarf für eine Auto-

matisierungslösung, die in der Lage ist, heterogene CAD-Zeichnungen intelligent zu analysieren, relevante Informationen zu extrahieren bzw. weiterzugeben und im Zusammenspiel mit zu entwickelnden oder bestehenden Automatisierungslösungen an ERP- oder PDM-Systeme zu überführen.

Der Bedarf für eine Automatisierungslösung ist insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau groß – einer Branche, die in Deutschland stark vom Mittelstand geprägt ist. Über 6.600 Unternehmen gehören hierzulande zum Maschinenbau (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2025). Die überwiegende Mehrzahl davon sind KMU mit durchschnittlich 170 Beschäftigten (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, 2025). Die EU-weite Maschinenbauindustrie beschäftigt etwa 3 Millionen Menschen und besteht überwiegend aus relativ kleinen, häufig familiengeführten Unternehmen (European Commission, 2025).

Diese Firmen nutzen im Konstruktionsprozess CAD-Software und oft PDM- und ERP-Systeme, um Zeichnungen und Stücklisten zu verwalten und die Produktion zu steuern – das Potenzial für eine Automatisierung der Schnittstelle betrifft also zahlreiche Unternehmen in Deutschland und Europa.

Manche Lösungen beruhen heutzutage ausschließlich auf regelbasierten Skripten wie z. B. RPA-Lösungen, die feste Felder von den Zeichnungen abgreifen, während andere sich auf bestimmte Dateiformate oder CAD-Systeme konzentrieren. Diese Lösungen bringen bereits einen erheblichen Effizienzgewinn mit sich, doch eine vollumfängliche Automatisierung wie z. B. auch die Übertragung von Maßen, Gewichten etc. in die weiteren IT-Systemlösungen bleibt offen. Diese Fragmentierung führt dazu, dass kaum ein Tool die Vielzahl an Zeichnungsvarianten in verschiedenen Unternehmen abdecken kann. Selbst neuere KI-basierte Tools zeigen oft nur in wenigen Anwendungsfällen gute Ergebnisse. So gibt es erste marktreife KI-Services wie Werk24, die innerhalb von Sekunden Zeichnungen lesen und Informationen bereitstellen. Damit lassen sich zum Beispiel direkt die Fertigbarkeit, Kosten und Lieferzeit für ein angefragtes Bauteil ermitteln (W24 Service GmbH, 2025). Die vollständige Integration aller relevanten Zeichnungsdaten in die ERP-/PDM-Landschaft (etwa automatisches Ausfüllen von Stücklisten, Materialstämmen und Fertigungs- sowie Logistikparametern im ERP) ist weiterhin nicht verfügbar. Diese Lücke erklärt, warum viele KMU nach wie vor auf manuelle Prozesse angewiesen sind und unter den genannten Ineffizienzen und auch Fehlerquellen leiden.

Zudem mangelt es an flexiblen, schnell einzuführenden und adaptierbaren Architekturen, die in der Lage sind, sich dynamisch an unterschiedliche Zeichnungsformate, Prozesse, Automatisierungslösungen, unternehmensspezifische Normen und sich wandelnde Layoutkonventionen anzupassen. Die Implementierung existierender Systeme erfordert typischerweise einen hohen manuellen Initialaufwand sowie aufwendige Folgeanpassungen bei jeder Abweichung vom ursprünglich trainierten Datenmodell. Der Mangel an Interoperabilität mit bereits etablierten Automatisierungslösungen (z. B. RPA-Engines oder ERP-Schnittstellen) führt in der betrieblichen Praxis zudem paradoxerweise oft zu einer Kompensation der gewonnenen Effizienz durch neue Integrationsaufwände. Gerade für KMU, die in heterogenen IT-Landschaften operieren, stellt dies ein zentrales Adaptionshemmnis dar. Eine adaptive, domänenspezifisch trainierte Automatisierungslösung, die sowohl Layoutinformationen als auch semantische Zusammenhänge in CAD-Zeichnungen erkennt, diese kontextsensitiv analysiert und in bestehende Systemarchitekturen integriert, ist bislang nicht verfügbar. Derartige Lösungen müssten nicht nur semantische Extraktion, regelbasierte Nachverarbeitung und dialogische Schnittstellen vereinen, sondern auch in der Lage sein, mit existierenden Automatisierungslösungen (z. B. RPA-Lösungen) zu kooperieren.

Darüber hinaus fehlt es bislang an Ansätzen, die auch den Nutzungskontext – bestehend aus Rolle, Aufgabe und situativem Umfeld – systematisch in die Informationsverarbeitung und -bereitstellung einbeziehen. Technische Informationen werden häufig „neutral“ ausgegeben, ohne auf Nutzer, Erfahrungsniveau oder Anwendungsfall Rücksicht zu nehmen. Dieser Mangel an Kontextsensitivität limitiert das Potenzial automatisierter Assistenzsysteme – insbesondere in anspruchsvollen Arbeitsprozessen. Beispielsweise benötigt ein Konstrukteur häufig eine detaillierte Darstellung von technischen Informationen (z. B. bei einer Neukonstruktion oder Bauteiländerung), als Mitarbeiter aus dem Bereich des Vertriebs. Diese Unterscheidung sollte jedoch Berücksichtigung finden. Zusammenfassend lassen sich daher folgende Lücken dokumentieren, die eine künftige Automatisierungslösung bewältigen sollte, um auch angrenzende Prozessbestandteile automatisieren zu können:

1. **Multimodale Datenfusion:** Die gleichzeitige Verarbeitung und semantische Verknüpfung von visuellen Informationen (z. B. Zeichnungselemente, Tabellenstrukturen) mit textlichen Informationen (z. B. Maßangaben, Werkstoffbezeichnungen) erfordert hochentwickelte Architekturen multimodaler KI-Systeme.
2. **Systemintegration und Interoperabilität:** Die nahtlose Einbettung der KI-Lösung in unternehmensinterne IT-Landschaften – insbesondere in CAD-, PDM- und ERP-Systeme mit Schnittstellen – erfordert ein hohes Maß an technischer Adaptivität und Modularität. Zudem müssen bestehende Automatisierungslösungen (RPA, Workflows etc.) beachtet und genutzt werden.
3. **Echtzeitfähige, dialogbasierte Interaktion:** Die Entwicklung eines leistungsfähigen, KI-gestützten Agenten zur Echtzeitbeantwortung von Benutzeranfragen stellt eine weitere Herausforderung dar. Dabei sind sowohl Usability-Aspekte als auch die kognitive Modellierung der Benutzerabsichten zu berücksichtigen.
4. **Kontextsensitive Informationsbereitstellung und adaptive Mensch-System-Interaktion:** Die Aufbereitung und Ausgabe technischer Informationen erfordert die Berücksichtigung des Nutzers und der Aufgabe. Die Lösung muss zudem in der Lage sein, Nutzermerkmale (z. B. Rolle, Aufgabe) präzise zu erfassen und zu berücksichtigen.

Im Zentrum einer potenziellen Weiterentwicklung steht die Entwicklung eines KI-basierenden Automation Agents, der eine bislang nicht realisierte Verbindung mehrerer Innovationsbereiche herstellt: die automatisierte Informationsextraktion und -verarbeitung durch KI sowie die prozessuale Ausführung durch RPA. Ziel ist es, beide Technologien nicht nur nebeneinander, sondern in enger funktionaler Verzahnung einzusetzen, um sowohl die technische Zeichnungsauswertung als auch die anschließende Datenübertragung in Unternehmenssysteme vollständig zu automatisieren.

Ein zentraler Aspekt der Weiterentwicklung liegt somit in der Entwicklung eines multimodalen KI-Systems, das Bild- und Textelemente aus CAD-Zeichnungen intelligent interpretiert, kontextualisiert und in strukturierte Daten überführt. Diese Informationen sollen anschließend über adaptiv konfigurierbare RPA-Workflows automatisiert in PDM-

und ERP-Systeme eingepflegt werden. Hierbei wird insbesondere untersucht, wie KI-Modelle und RPA-Prozesse in einem orchestrierten Gesamtsystem kooperieren können – ein bislang kaum erforschtes Gebiet, das hohe Innovationskraft verspricht.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Integration einer dialogfähigen Benutzerschnittstelle, die als intelligente Assistenzebene fungiert. Nutzer sollen in natürlicher Sprache mit dem System interagieren können – etwa um abzufragen, ob ein Teil bereits im ERP-System angelegt ist oder um technische Merkmale eines Bauteils zu ermitteln. Diese Funktion geht über eine klassische Automatisierung hinaus und zielt auf eine Echtzeitunterstützung im Arbeitsprozess. Technische Informationen sollen wie beschrieben nicht nur extrahiert und übertragen, sondern auch in Abhängigkeit von Nutzerrolle, Aufgabentyp und situativen Bedingungen in geeigneter Form dem Nutzer dargestellt werden. Informationen über Abmessungen, Material, Festigkeit oder Freigabestatus sind beispielsweise bei Bauteiländerungen für Mitarbeiter aus der Konstruktionsabteilung wichtig. Nutzer aus dem technischen Einkauf haben jedoch nach einer Bauteiländerung beispielsweise größeres Interesse an Informationen zu den geänderten Kosten, Lieferzeiten oder auch Lieferbedingungen. Ziel ist eine adaptive Mensch-Maschine-Interaktion. Hierfür können relevante Parameter erkannt, ausgewertet und daraus situationsangemessene Ausgabeformen abgeleitet werden.

Es handelt sich bei der beschriebenen Weiterentwicklung nicht um eine punktuelle Auslesesoftware, sondern um einen adaptiven Automation Agent, der als zentraler Integrationsknoten in der digitalen Informationsarchitektur industrieller KMU fungiert.

Auf diese Weise entsteht ein durchgängiger, medienbruchfreier Informationsfluss im technischen Prozess – von der CAD-Zeichnung über die semantische Interpretation bis hin zur strukturierten Weiterverarbeitung in ERP- und PDM-Systemen. Ziel ist eine signifikante Automatisierung repetitiver Tätigkeiten in technischen Abteilungen, insbesondere in KMU. Darüber hinaus reduziert der Automation Agent die Fehleranfälligkeit manueller Prozesse erheblich. Typische Übertragungsfehler – etwa Zahlendreher, unvollständige Maßeinheiten oder inkonsistente Materialbezeichnungen – werden systematisch vermieden. Dies erhöht die Datenqualität in den nachgelagerten Bereichen und minimiert Korrekturschleifen. Zudem werden Informationen schneller und nutzerspezifisch bereitgestellt.

Die vorgestellte Weiterentwicklung behebt zudem noch ein weiteres Problem von KMU: Es entsteht ein Datenmigrationstool, welches ebenfalls eingesetzt werden kann, um kundenspezifisch Softwareneueinführungen zu unterstützen, z. B. von Legacy und Dateiablagensystem auf ein neu eingeführtes System (z. B. PDM und ERP). Denn schließlich kann die Automatisierungslösung bestehende Zeichnungen lesen und somit auch direkt aus der Zeichnung alle relevanten Bauteilinformationen in neue ERP- und PDM- oder auch CAD-Systeme überführen (ohne manuelle Aufwände).

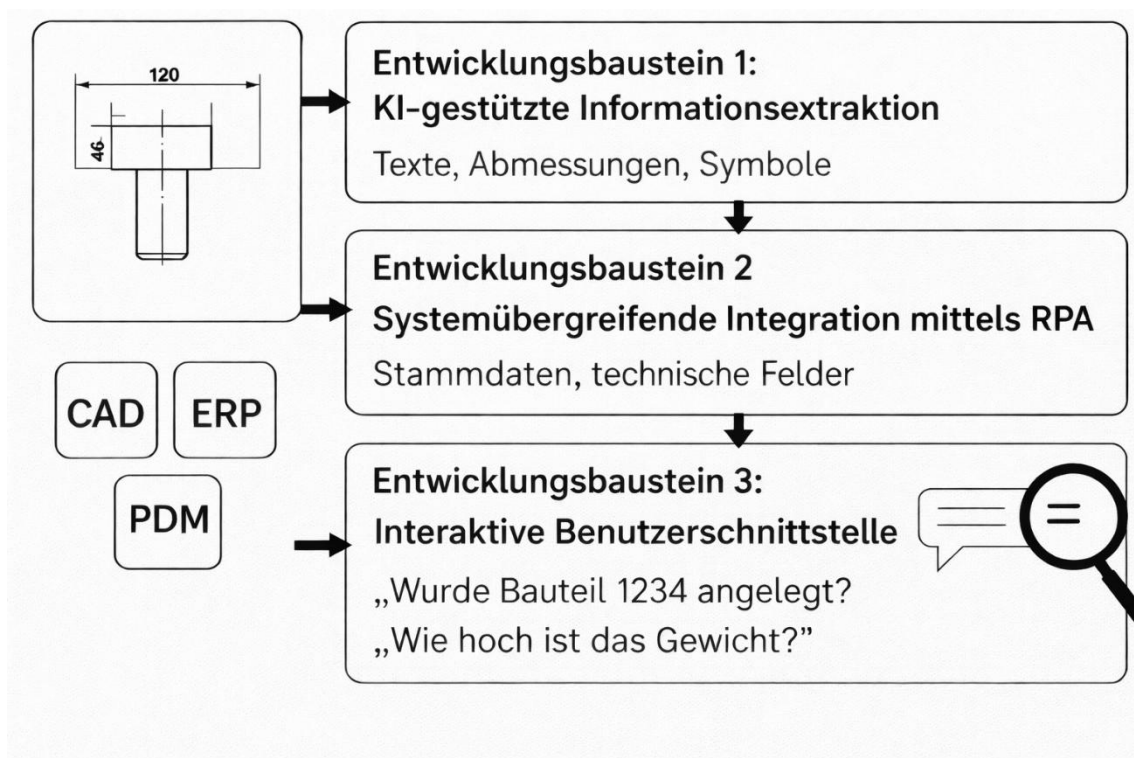


Abbildung 27: Entwicklungsbausteine des Automation Agents
Quelle: Eigene Darstellung

Die Weiterentwicklung gliedert sich in drei zentrale Entwicklungsbausteine, die im Zusammenspiel die technologische Basis des Automation Agents bilden (siehe Abbildung 27).

Entwicklungsbaustein 1: KI-gestützte Informationsextraktion (Extraktion)

Im ersten Entwicklungsbaustein steht die automatisierte Analyse technischer Zeichnungen durch ein multimodales KI-System im Vordergrund. Ziel ist die zuverlässige Erkennung sowohl textueller als auch grafischer Inhalte – darunter Maße, Stücklisten, Materi-

alangaben, Toleranzen und Symbole – und deren Überführung in eine strukturierte, maschinenlesbare Form (XML oder JSON). Dabei kommen fortschrittliche Technologien in Frage, insbesondere Transformer-basierte Modelle oder vergleichbare multimodale Architekturen, welche speziell auf Dokumentenverständnis und strukturelle Analyse ausgerichtet sind. Zusätzlich können zur optischen Texterkennung Technologien wie Tesseract OCR oder Google Vision API evaluiert und verwendet werden. Das System wird domänenspezifisch auf umfangreiche Trainingsdaten aus der industriellen Praxis trainiert und optimiert, um auch bei variantenreichen Zeichnungsformaten und komplexen Layoutvariationen eine hohe Erkennungsgenauigkeit zu gewährleisten. Als Output wird eine strukturierte Datei pro Zeichnung erstellt, die dann durch RPA-Technologien oder falls vorhanden durch eine Schnittstelle für die Übertragung und Weiterverarbeitung genutzt werden kann.

Entwicklungsbaustein 2: Systemübergreifende Integration mit RPA

Im zweiten Entwicklungsbaustein liegt der Fokus auf der automatischen und nahtlosen Übertragung der extrahierten Daten in die Zielsysteme (ERP- und PDM-Systeme). Da viele dieser Systeme keine oder nur eingeschränkte standardisierte Schnittstellen besitzen, erfolgt diese Integration durch eine RPA-Lösung. Die RPA-Lösung übernimmt vollautomatisch repetitive Eingabe- und Übertragungsaufgaben, wie beispielsweise die automatisierte Erstellung von Artikelstammdaten oder die Befüllung technischer Felder innerhalb von ERP- oder PDM-Systemen. Dadurch werden manuelle, fehleranfällige Tätigkeiten reduziert und die Prozessdurchführung insgesamt standardisiert. Der beschriebene Automatisierungsbaustein kann – wie bereits erläutert – auch isoliert eingesetzt werden, etwa als Migrationstool zur Überführung von Daten aus Altsystemen in Neusysteme, ohne dass eine vollständige Integration in eine umfassendere Automatisierungsarchitektur erforderlich ist.

Entwicklungsbaustein 3: Interaktive Benutzerschnittstelle (Automation Agent)

Der dritte Entwicklungsbaustein umfasst die Entwicklung einer interaktiven, KI-gestützten Benutzerschnittstelle, welche Anwendern ermöglicht, gezielte Abfragen zu stellen und unmittelbar Auskunft zu erhalten. Die Dialogfähigkeit der Benutzeroberfläche wird durch den Einsatz leistungsfähiger, großer Sprachmodelle wie GPT-4o, Mistral, Llama,

DeepSeek oder alternativer Modelle, die auf spezifische Fachterminologien trainiert werden, sichergestellt. Diese Modelle erlauben eine zuverlässige, natürlichsprachliche Interaktion mit den Benutzern. Gleichzeitig gewährleisten sie die schnelle und präzise Verarbeitung großer Datenmengen in Echtzeit. Die Lösung verfügt über Schnittstellen, um mit bestehenden Systemen zu interagieren und ermöglicht dadurch unkomplizierte und schnelle Systemabfragen ganz ohne manuelle Eingriffe in die Zielsysteme. Die Ausgabe erfolgt wie bereits beschrieben kontextsensitiv und berücksichtigt den Nutzer sowie dessen Rolle.

Ein Forschungsbeitrag der Weiterentwicklung liegt zudem in der arbeitswissenschaftlichen Konzeption, Implementierung und Evaluation einer kontextsensitiven Informationsausgabe innerhalb des Automation Agents. Ziel ist es, die Art, Tiefe und Form der Informationsbereitstellung so zu gestalten, dass sie sich adaptiv an den jeweiligen Nutzer (z. B. Konstrukteur, Einkauf o. Ä.) sowie die konkrete Bearbeitungsaufgabe (z. B. Neuanlage vs. Änderung eines Teils) anpasst. So sollen beispielsweise Konstrukteure automatisch technisch ausführlichere und tiefgreifendere Informationen erhalten, wenn diese nach grundlegenden Informationen zu einem Bauteil fragen, während der Vertrieb mehr Informationen zu Preisen und Kalkulationen erhält, falls dieser nach einem Bauteil fragen würde. Die Lösung und Weiterentwicklung besteht nicht aus starren Regelwerken, sondern aus einem lernfähigen System, das fortlaufend aus Nutzerinteraktionen und Prozessparametern lernt.

Anstatt starre, rollenbasierte Filter zu verwenden, lernt das System somit aus dem bisherigen Nutzungsverhalten und passt sich dynamisch an: Je nachdem, ob es sich um eine Neuanlage eines Bauteils oder eine Änderung handelt, ändert sich die Informationsdarstellung automatisch. Zudem gibt das System jederzeit Rückmeldung darüber, warum bestimmte Informationen angezeigt werden („Warum sehe ich das?“). Dieses adaptive Informationsmodul trägt wesentlich dazu bei, den Umgang mit komplexen technischen Daten deutlich effizienter und benutzerfreundlicher zu gestalten und reduziert Fehler, Zeitaufwände und Missverständnisse in der gesamten Prozesskette von Konstruktion bis Fertigung.

Durch die Verbindung der drei Entwicklungsbausteine entsteht ein leistungsfähiger, technologisch moderner Automation Agent. Die eingesetzten Technologien – von multimodaler KI, OCR und Transformer-Modellen über flexible RPA-Lösungen bis hin zu großen

Sprachmodellen – gewährleisten eine robuste, modulare und leicht skalierbare Architektur. Diese technologische Offenheit und Flexibilität befähigt insbesondere KMU dazu, je nach Bedarf entweder die Gesamtlösung oder einzelne Teilfunktionen individuell einzusetzen. Das Ergebnis ist eine leistungsstarke und zukunftsfähige Automatisierungslösung, die einen wichtigen Beitrag zur digitalen Transformation der technischen Prozesse leistet. Die Lösung ist modular aufgebaut, sodass potenzielle Unternehmen sich auch lediglich für einen oder mehrere ausgewählte Bausteine entscheiden können.

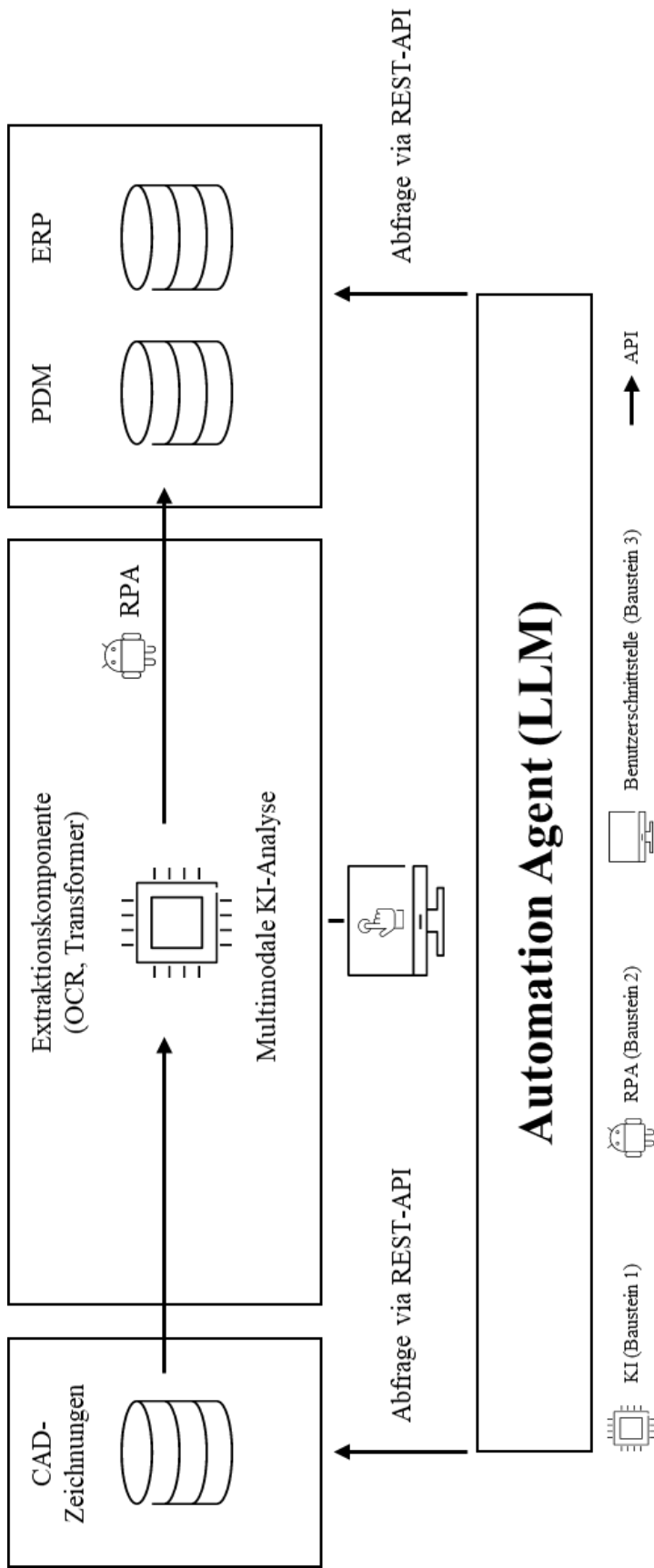


Abbildung 28: Architektur einer möglichen Weiterentwicklung
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 28 ist eine mögliche Architektur der Weiterentwicklung dargestellt und visualisiert. Im Zentrum steht ein Automation Agent, der die einzelnen Technologien wie z. B. RPA steuert und verwaltet. Darüber hinaus sind verschiedene Schnittstellen zu implementieren, um einen zuverlässigen Datenfluss zu gewährleisten.

Risiken der Weiterentwicklung

Im Folgenden werden Risiken beschrieben, die bei einer Entwicklung und Umsetzung bezogen auf **Entwicklungsbaustein 1**: KI-gestützte Informationsextraktion aus CAD-Zeichnungen auftreten können. Die Entwicklung eines KI-gestützten Systems zur automatisierten Extraktion technischer Informationen aus CAD-Zeichnungen birgt insbesondere aufgrund der hohen Varianz der zugrunde liegenden Daten Risiken. Zeichnungen unterscheiden sich teils stark in Struktur, Format und Detailtiefe – je nach Software, Konstruktionsrichtlinie oder Benutzergewohnheit. Die Herausforderung liegt darin, robuste Algorithmen zu entwickeln, die zuverlässig zwischen verschiedenen Zeichnungstypen, Layern, Maßangaben und semantischen Kontexten unterscheiden können. Ein Fehler in der Extraktion – beispielsweise bei der Zuweisung von Materialeigenschaften, Maßen oder Positionsnummern – wirkt sich direkt auf die nachgelagerte Systemintegration aus. Häufig sind die Baugruppen und die enthaltenen Tabellen auf den Zeichnungen individuell gestaltet und abhängig vom Konstrukteur. Hinzu kommt die Abhängigkeit von hochwertigen, annotierten Trainingsdaten. Gerade in KMU fehlen häufig historische Datensätze, die für das Anlernen leistungsfähiger KI-Modelle notwendig wären. Ohne geeignete Datenbasis besteht die Gefahr, dass das System in der Praxis nicht generalisiert und somit eine zuverlässige Extraktion scheitert. Darüber hinaus stellt die Integration der Extraktion in eine modulare Architektur eine technische Herausforderung dar, da die Lösung auch im laufenden Betrieb an neue Zeichnungsmuster angepasst werden muss. Die Nutzung synthetischer Daten und die breite Verfügbarkeit von Daten weiterer Unternehmen wirkt diesem Risiko jedoch entgegen und ermöglicht die Absicherung.

Nachfolgend sind die Risiken zu **Entwicklungsbaustein 2**: Systemübergreifende Integration mit RPA zu finden. Die Überführung der extrahierten Zeichnungsinformationen in bestehende Systeme wie PDM und ERP erfolgt über RPA-Lösungen. Der geplante Automation Agent muss dauerhaft eine stabile Verbindung zur KI-Komponente und

gleichzeitig zu den jeweiligen RPA-Prozessen aufrechterhalten. Ein kritischer Punkt dabei ist insbesondere die Synchronisation und Fehlerbehandlung zwischen den verschiedenen Systemen. Bereits kleine Änderungen an Benutzeroberflächen oder Systemupdates können dazu führen, dass RPA-Lösungen nicht mehr korrekt arbeiten. In Verbindung mit der Notwendigkeit, Daten formgerecht in PDM- oder ERP-Systeme zu übertragen, entsteht eine technologische Abhängigkeit von mehreren Systemen gleichzeitig.

Die automatisierte Erfassung des situativen Kontexts (z. B. Zeitdruck, Aufgabentyp, Nutzerintention) im **Entwicklungsbaustein 3** induziert eine Fehleranfälligkeit, insbesondere wenn Eingangsparameter unvollständig oder uneindeutig sind. Eine fehlerhafte Bewertung führt dazu, dass falsche Informationsformen oder -tiefen ausgegeben werden, wodurch Nutzer wiederum Fehlentscheidungen treffen. Ein konkretes Beispiel verdeutlicht dieses Risiko: Wenn sowohl ein Konstrukteur als auch ein Fertigungsplaner bei einer dringenden Änderungsanfrage zu einem Bauteil unter Zeitdruck stehen, sendet dieser Kontextparameter ein ähnliches Signal an das System. Jedoch sind die Anforderungen völlig unterschiedlich: Der Konstrukteur benötigt beispielsweise eine stark reduzierte Informationsdarstellung mit Fokus auf vorgenommene und geplante Änderungen sowie deren Auswirkungen. Der Fertigungsplaner hingegen benötigt z. B. im gleichen Kontext (Zeitdruck) vollständige Detailinformationen, etwa zu Änderungsständen, Freigabestatus oder technischen Spezifikationen, um Auswirkungen abzuschätzen und Fehler in der Produktion kurzfristig zu vermeiden. Wird dieser Unterschied nicht erkannt, kann das System fälschlicherweise bei beiden Nutzern dieselbe reduzierte Informationslogik anwenden, wodurch im Fall der Fertigungsplanung gravierende Folgefehler entstehen können.

Bei Betrachtung von **Entwicklungsbaustein 3**: Interaktive Benutzerschnittstelle treten zudem weitere Risiken auf. Die interaktive Benutzerschnittstelle bildet das zentrale Dialogelement für menschliche Nutzer und ermöglicht die direkte Abfrage technischer Informationen in Echtzeit. Der sogenannte Automation Agent muss dazu in der Lage sein, Anfragen wie „Wurde Teil 1234 bereits im ERP angelegt?“ korrekt zu interpretieren, relevante Informationen aus den zugrunde liegenden Systemen (PDM, ERP) abzurufen und verständlich zu beantworten. Dies setzt eine funktionierende Schnittstelle zu den betrieblichen IT-Systemen voraus, die eine semantisch korrekte Datenextraktion und -verknüp-

fung ermöglicht. Ein zentrales Risiko besteht hier in der Natur der Systeme und Schnittstellen: Änderungen in den ERP- oder PDM-Systemen – etwa neue Datenfelder, Masken oder Sicherheitsmechanismen – können dazu führen, dass der Agent keine gültige Antwort liefern kann. Hinzu kommt die Herausforderung, große Datenmengen effizient zu durchsuchen und gleichzeitig eine dialogbasierte, intuitive Nutzerinteraktion sicherzustellen. Die gleichzeitige Abhängigkeit von mehreren Komponenten (KI, RPA und Systemschnittstelle) führt zu einer potenziellen Fehleranfälligkeit und erschwert die Fehlersuche. Sollte eine der Verbindungen abbrechen oder falsch konfiguriert sein, sind sowohl Informationsabfragen als auch Prozessansteuerungen eingeschränkt oder nicht möglich. Frühzeitiges Erkennen von Schnittstellenänderungen (z. B. in ERP- und PDM-Systemen) kann jedoch mittels Überwachungsmodulen gewährleistet werden. Nutzer könnten sich zudem durch automatisierte Kontextanpassung bevormundet fühlen – etwa, wenn Inhalte „weggefiltert“ werden, obwohl sie erwartet werden. Dies kann die Akzeptanz des Systems beeinträchtigen und Widersprüche bewirken. Als Gegenmaßnahme können konfigurierbare Transparenzmechanismen („Zeige mir alles trotzdem“) sowie Erklärungen für ausgeblendete Inhalte integriert werden. Wenn zu viele Kontextanpassungen gleichzeitig erfolgen (z. B. Layout, Sprache, Priorität), kann dies ebenfalls zu Fehlbedienungen oder kognitiver Überforderung durch zu hohe Adaptivität führen. Ohne nachvollziehbare Logik besteht zudem die Gefahr, dass Nutzende die Funktionsweise der adaptiven Informationsausgabe nicht verstehen und das System ablehnen. Als Gegenmaßnahme sollte die Entwicklung eines erklärbaren Empfehlungssystems mit Kontextbezug („Warum sehe ich das?“) inkl. Rückverweis auf Entscheidungskriterien erfolgen.

Grundsätzlich bestehen darüber hinaus noch weitere Risiken, die bei der Umsetzung und Kombination des gewählten Gesamtsystems (KI, RPA und Schnittstellen) auftreten können. Ein erstes zentrales Risiko liegt in der fehlenden Rückkopplung zwischen der KI-gestützten Informationsextraktion (Entwicklungsbaustein 1) und den nachgelagerten RPA-Prozessen zur Systemintegration (Entwicklungsbaustein 2). Erkennt die KI fehlerhafte Daten – etwa ein falsches Maß oder Gewicht – werden diese dennoch automatisch von der RPA-Komponente in PDM- und ERP-Systeme übertragen. Da typische RPA-Lösungen wie OpenRPA keine semantische Validierung vornehmen, kann sich ein solcher Fehler unbemerkt durch die gesamte Prozesskette ziehen. Der Automation Agent übernimmt hier eine koordinierende Rolle, verfügt jedoch ohne ergänzende Validierungslogik über keine Möglichkeit, Fehler systematisch zu erkennen und zu unterbinden.

Ein zweites, kritisches Risiko entsteht durch potenzielle Inkonsistenzen zwischen den automatisierten Einträgen und den Benutzeranfragen. Der Automation Agent verarbeitet Daten sowohl automatisiert (KI → RPA → ERP und PDM) als auch interaktiv (Nutzeranfrage → ERP- und PDM-Auskunft). Wenn diese beiden Pfade nicht eng synchronisiert sind – beispielsweise aufgrund von Latenzen oder unterschiedlicher Datenversionen – können widersprüchliche Informationen entstehen: Der Benutzer erhält beispielsweise auf eine Abfrage hin ein altes Gewicht von 15 kg, obwohl im gleichen Moment durch die RPA-Lösung 17 kg als neues Gewicht in das ERP-System eingetragen wurden. Ohne durchgängige Transaktionsprotokollierung oder semantische Konsistenzprüfung kann ein solcher Widerspruch nicht aufgedeckt werden. Um der Gefahr fehlerhafter Informationsübertragung durch die fehlende Rückkopplung zwischen KI-gestützter Extraktion (Baustein 1) und RPA-gesteuerter Integration (Baustein 2) zu begegnen, kann eine explizite Validierungslogik innerhalb des Automation Agents implementiert werden. Diese überprüft erkannte Werte gegen technisch plausible Schwellen (z. B. Abmessungen) und ermöglicht das Setzen von Feedback-Loops: Erkennt der Agent Unplausibilitäten, stoppt er den automatischen Übergabeprozess und leitet den Vorgang an die Benutzerschnittstelle (Baustein 3) zur manuellen Verifikation weiter. Bei Bedarf können Unplausibilitäten auch gesammelt werden und im Anschluss einem Sachbearbeiter zur manuellen Bearbeitung zugewiesen werden. Zudem werden der RPA-Lösung bestimmte Schwellenwerte z. B. für Gewicht und Abmessungen mitgeteilt, sodass Regeln zur Absicherung existieren und befolgt werden. Zur Vermeidung von Inkonsistenzen zwischen automatisch erzeugten Einträgen und interaktiven Benutzerabfragen (Entwicklungsbaustein 3) kann alternativ ein durchgängiges Transaktionsprotokoll implementiert werden, das jede Aktion des Agents – ob automatisiert oder interaktiv ausgelöst – nachvollziehbar dokumentiert. Zudem werden alle in das ERP- oder PDM-System übertragenen Informationen dokumentiert und gesichert. So kann der Automation Agent dem Benutzer nicht nur aktuelle Werte, sondern auch deren Entstehungskontext anzeigen („Letzte Aktualisierung durch RPA, Quelle: Zeichnung 1234, am 01.05.2025 um 14:00 Uhr“). Zudem soll angezeigt werden, falls ein noch laufender Prozess die aktuelle Abfrage verändern könnte. Der Automation Agent wird den Nutzer somit darauf aufmerksam machen, dass z. B. eine Angabe zum Gewicht gemacht wird, während die RPA-Lösung jedoch gleichzeitig eine Anpassung im ERP-System für das besagte Teil vornimmt.

Die vorangegangenen Ausführungen stellen einen ersten Ansatz dar, wie die bisherige Automatisierungslösung grundsätzlich weiterentwickelt werden könnte. Eine Umsetzung erfolgte jedoch bislang nicht, wobei der vorangegangene Beitrag die Zielsetzung verfolgt, weitere Anwendungsfelder und Automatisierungspotenziale in diesem Bereich aufzuzeigen.

5.2.2 Neutraldaten

Der Prozess Neutraldaten wird – ebenso wie der zuvor beschriebene Prozess der Teileanlage – von Unternehmen (U-1) durchgeführt. Der Prozess bezieht sich auf ein Altsystem im Bereich des PDM, das inzwischen durch ein neueres PDM-System abgelöst wurde. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass zwischen den beiden Systemen keine Schnittstelle zur Übertragung von Relationen und Neutraldaten vorhanden ist. Demnach müssen 400.000 Datensätze mit Neutraldaten und deren Relationen exportiert werden. Die Überführung der Relationen in das neue PDM-System ist notwendig, sodass eine Zuordnung zwischen Artikelnummer, CAD-Datensatz und Neutraldaten möglich ist.

Zwar ist grundsätzlich eine Übertragung von CAD-Dateien zwischen den PDM-Systemen möglich, jedoch gehen die Relationen zwischen Artikelnummer, CAD-Daten und auch Neutraldaten von Bauteilen verloren. Diese Relationen müssen jedoch zwingend aus dem Altsystem exportiert werden, da CAD-Datensätze und Neutraldaten sonst im neuen PDM-System nicht zugeordnet werden können. Hierbei benötigt der Sachbearbeiter ca. fünf Minuten pro Datensatz. Neutraldaten sind beispielsweise technische Zeichnungen, Hinweisblätter oder sonstige Informationen.

Das Unternehmen erfasst die relevanten Artikelnummern der Bauteile und Baugruppen in einer Excel-Tabelle, die dem Roboter als Eingabedaten dient. Auf dieser Basis ruft der Roboter die entsprechenden Informationen sequenziell aus dem Altsystem ab. Die zu einer Artikelnummer gehörenden Relationen zwischen CAD-Daten und Neutraldaten werden anschließend in einer CSV-Datei gespeichert. Der resultierende Datensatz enthält unter anderem Informationen darüber, welches CAD-Modell einer bestimmten Artikelnummer zugeordnet ist und welche relevanten Dokumente – etwa Zeichnungen, Hinweisblätter oder Anforderungsdokumente – zu diesem Artikel gehören. Im Anschluss kann die Übertragung der Daten vom Altsystem in das neue PDM-System mithilfe eines Importtools erfolgen. Der Prozess ist als einmalige Migration konzipiert, da das Altsystem künftig nicht weiter genutzt wird.

Basisinformationen	
1. Prozessname	Neutraldaten
2. Produktlebenszyklus	Fertigung
3. Verantwortlichkeit	Konstruktionsabteilung
4. Prozessart	Unterstützungsprozess
Zusatzinformationen	
5. Input	Teiledatensatz in Form einer Excel-Tabelle
6. Output	CSV-Exportdatei pro Teilenummer mit den Relationen zu den zugehörigen CAD-Daten und Neutraldaten
7. Prozessziel	Vorbereitung der Übertragung von Artikeln in ein neues PDM-System
8. Prozessrisiken	Fehlerhafte CSV-Exportdatei
9. Automatisierungssoftware	OpenRPA
10. Entwicklungszeit	Drei Wochen
11. Betriebsmodus	Unüberwachter Roboter (unattended)
12. Zeiteinsparung	33.333 Stunden
13. Durchführung	Einmalig
14. Produktivsetzung	April 2023

Tabelle 14: Prozessbeschreibung Neutraldaten
Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Informationen zum Prozess sind in Tabelle 14 dargestellt. Aufgrund der großen Anzahl an abzufragenden Datensätzen ist eine manuelle Durchführung des Prozesses nicht praktikabel. Da zudem keine Schnittstelle für den Export der relevanten Relationen zur Verfügung steht, erscheint der Einsatz von RPA als zweckmäßige und geeignete Lösung.

Für die Abfrage eines Datensatzes ergibt sich ein Aufwand von ca. fünf Minuten. Daher ergibt sich eine Zeiteinsparung von ca. 33.333 Stunden unter Berücksichtigung der 400.000 Artikelnummern. Der Prozess wird mit der Automatisierungssoftware OpenRPA betrieben. Nach einer Entwicklungsdauer von drei Wochen, einschließlich einer zweitägigen Testphase, erfolgte die Produktivsetzung der Lösung. Die Entwicklung und Implementierung wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit begleitet und durchgeführt. Der Einsatz von OCR oder Computer Vision war nicht erforderlich, da das Programm lokal auf den jeweiligen Computern ausgeführt und nicht innerhalb einer Citrix-Umgebung betrieben wird.

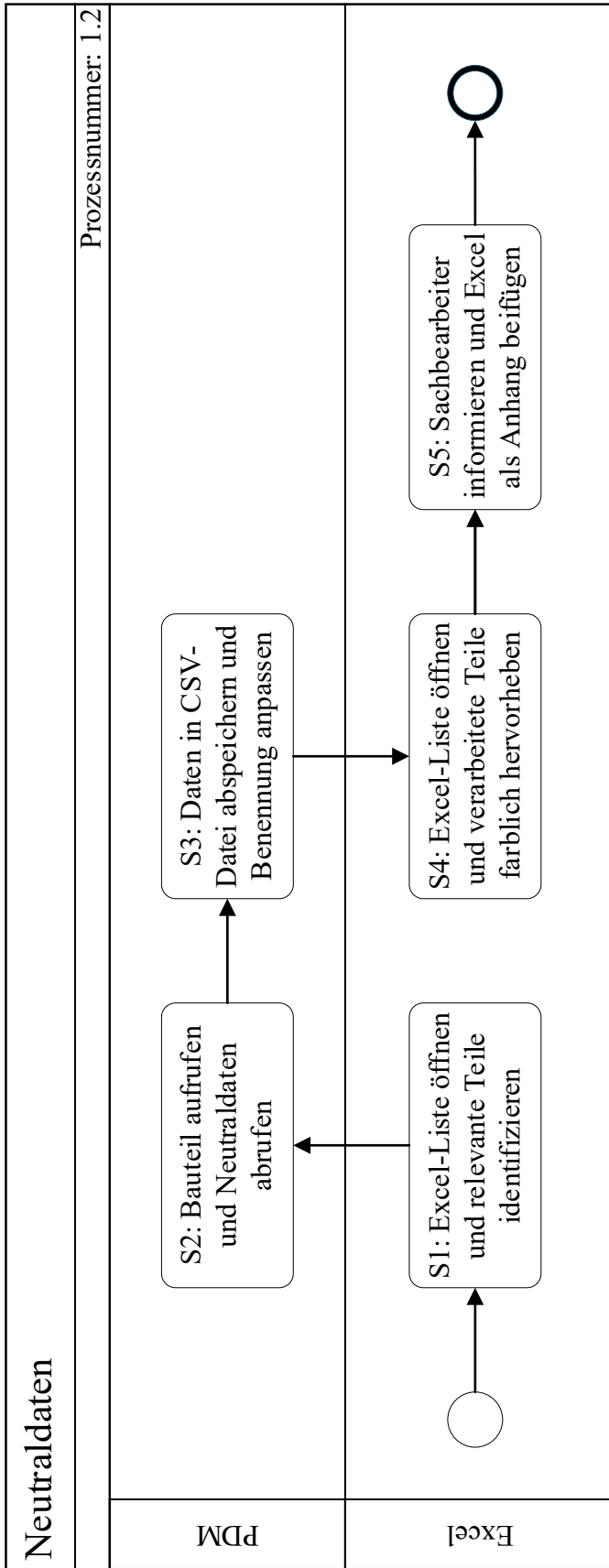


Abbildung 29: Ablauf- und Prozessbeschreibung Neutraldaten
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 29 ist der Prozess des Datenabrufs sowie des Exports der Neutraldaten dargestellt (S1 – S5). In einem ersten Schritt wird die bereitgestellte Excel-Tabelle geöffnet, um die relevanten Teile einzulesen, deren Relationen exportiert werden sollen. Anschließend wird das PDM-System und die zugehörigen Relationen sowie Neutraldaten werden aus dem System abgerufen. Als Nächstes erfolgt die Speicherung des Datensatzes als CSV-Datei und die Benennung der Datei nach der Artikelnummer inklusive der entsprechenden Versionierung. Die Abfrage erfolgt in Paketen (je 1.000 Stück), um sicherzustellen, dass der Sachbearbeiter regelmäßig den Import in das neue PDM-System vornehmen kann. Nach der Sicherung der Daten als CSV-Datei wird die Excel-Liste mit der Auflistung aller relevanten Teile geöffnet und die bearbeiteten Teile werden grün markiert. Somit hat der Prozessverantwortliche die Möglichkeit nachzuvollziehen, wie viele Teile die Automatisierungslösung bereits bearbeitet hat. Der Sachbearbeiter wird anschließend per E-Mail informiert und erhält einen Excel-Report über die abgefragten und abgespeicherten Teile. Für einzelne Teile können gegebenenfalls keine Relationen oder Neutraldaten vorhanden sein, etwa infolge einer fehlerhaften Anlage, was entsprechend im Report nachvollziehbar ist. Andere Datensätze weisen hingegen eine Vielzahl an Relationen und Neutraldaten auf, während bei einigen Artikelnummern lediglich eine geringe Anzahl entsprechender Informationen vorhanden ist.

Analyse

Die Prozessidentifikation (I) erfolgte ebenfalls wie im vorangegangenen Prozess mithilfe des Scoring-Modells.¹ Der Prozessverantwortliche präsentierte hierfür den Prozess und erstellte eine Klick-Anleitung. Im Anschluss wurden relevante Testfälle (II) durch den Prozessverantwortlichen definiert. Ein Testfall war beispielsweise, dass ein in der Excel-Tabelle aufgelistetes Teil nicht im System existiert oder das aufgrund fehlender Relationen und Neutraldaten keine Exportdatei erzeugt werden kann. Die Automatisierungssoftware OpenRPA ist bis heute zur Durchführung und Entwicklung von neuen Prozessen innerhalb des Unternehmens im Einsatz (III). Ein Proof of Concept (IV) wurde ebenfalls durchgeführt und die Abfrage von Teilen, die zwischenzeitlich nicht mehr im PDM-System

¹ Detaillierte Ergebnisse zur Bewertung des Prozesses sind in Anhang 2 zu finden. Der geringere Personalkostenzusatz ergibt sich, da mit Löhnen und Gehältern von Auszubildenden/Hilfsarbeitern gerechnet wurde.

tem existierten, wurde getestet. Der Test fiel positiv aus, da der Roboter die Fehlermeldung mit wenigen Klicks schließen kann und schlussendlich eine Fortsetzung mit der nächsten Nummer möglich ist.

Im Rahmen des Proof of Concept wurde zudem geprüft, wie schnell die Automatisierungslösung arbeiten kann. Die Bearbeitungsgeschwindigkeit wurde hierbei maßgeblich von der Ladezeit des PDM-Systems beeinflusst und lag zwischen 50 Sekunden und 1 Minute und 30 Sekunden pro Teilenummer. Baugruppen und Teile mit zahlreichen Neutraldaten dauerten entsprechend länger. Im Durchschnitt lag die Bearbeitungsdauer bei ca. einer Minute.

Implement & Manage

Wie im vorangegangenen Anwendungsfall (Teileanlage) standen zwei Umgebungen (Test und Produktiv) zur Verfügung (I). Die Automatisierungssoftware OpenRPA wird hierbei betrieben (II) und ist entsprechend konfiguriert (III). Der Entwicklungszeitraum betrug insgesamt drei Wochen und die Abnahmeprüfung verlief ohne Beanstandung (IV). Das Unternehmen prüfte die Zielerreichung nochmals nach zwölf Monaten anhand des Kriteriums der Zeitersparnis. Hier lag die Einsparung bei den geplanten 33.333 Stunden (I). Die vollständige Durchführung des Prozesses dauerte insgesamt zwölf Monate. Die Wartung sowie entsprechende Weiterentwicklungen wurden nach dem Go-Live von einem externen Partner übernommen.

Ergebnis

Das Unternehmen setzte zur Automatisierung erfolgreich die Automatisierungssoftware OpenRPA ein. Im Folgenden werden die Validierungsergebnisse anhand des beschriebenen Anwendungsfalls nochmals aufgelistet und erläutert. Wie im letzten Kapitel beschrieben, werden die vier Kriterien (Produktivsetzung, Betrieb, Zeit- und Kostenersparnis sowie Wiederverwendung) betrachtet.

Das Unternehmen folgte der Methodik und überführte die Automatisierungslösung in die produktive Umgebung, sodass das Kriterium Produktivsetzung erneut als nachgewiesen gilt. Darüber hinaus ist das Kriterium des Betriebs erfüllt, da die Automatisierungslösung auch nach zwölf Monaten noch produktiv genutzt wurde. Dieses Kriterium kann bestätigt werden, auch wenn die Automatisierungslösung nur noch sporadisch eingesetzt wird, um einzelne Teile, die in der initialen Excel-Liste vergessen wurden, zu bearbeiten. Die im

Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen gelten als erreicht. Das Kriterium der Wiederverwendung ist für dieses Unternehmen bereits durch die Automatisierung des Prozesses Teileanlage erfüllt.

5.2.3 Auftragsverarbeitung

Der Prozess Auftragsverarbeitung wird von einem Unternehmen im Maschinenbau (U-2) durchgeführt. Der Prozess ist als Kernprozess einzustufen und hat das Ziel, eingehende Bestellungen in das ERP-System vollständig, fehlerfrei und in kurzer Zeit zu überführen. Die Übertragung vom ERP-System des Kunden zum ERP-System des Unternehmens erfolgt bereits teilweise mithilfe Electronic Data Interchange und einer Schnittstelle vollautomatisch. Die Branche ist jedoch heterogen und zahlreiche Kunden übersenden eingehende Bestellungen noch über PDF-Dokumente bzw. E-Mail. Diese Bestellungen müssen folglich aufwändig analysiert und schlussendlich manuell in das ERP-System übertragen werden. Durchschnittlich müssen somit 15 bis 20 Bestellungen am Tag manuell erfasst werden, was erhebliche personelle Ressourcen bindet. Zudem enthalten einzelne Bestellungen teilweise bis zu 20 Artikelpositionen und auch Lieferantenhinweise.

Basisinformationen	
1. Prozessname	Auftragsverarbeitung
2. Produktlebenszyklus	Vertrieb
3. Verantwortlichkeit	Auftragsverarbeitung
4. Prozessart	Kernprozess
Zusatzinformationen	
5. Input	Bestellungen von Kunden (Baustoffhändler etc.)
6. Output	Report mit übertragenen oder ggf. nicht übertragenen Bestellungen
7. Prozessziel	Übertragung von Bestellungen in das ERP-System
8. Prozessrisiken	Fehlerhafte Anlage von Bestellungen
9. Automatisierungssoftware	OpenRPA
10. Entwicklungszeit	Sechs Wochen
11. Betriebsmodus	Unüberwachter Roboter (unattended)
12. Zeiteinsparung	60 – 70 Stunden pro Monat
13. Durchführung	Täglich
14. Produktivsetzung	Juli 2022

Tabelle 15: Prozessbeschreibung Auftragsverarbeitung
Quelle: Eigene Darstellung

Weiterführende Informationen zu dem Prozess sind in Tabelle 15 dargestellt. Der Prozess ist für das Unternehmen von hoher Relevanz, da eine zeitnahe Abwicklung der Bestellungen maßgeblich zur Kundenzufriedenheit und letztlich zum Unternehmenserfolg beiträgt. Wie in den vorangegangenen Anwendungsfällen wurde für die Entwicklung der Automatisierungslösung die Software OpenRPA eingesetzt. Die erzielte Zeiteinsparung ergibt sich insbesondere aus der hohen Anzahl regelmäßig zu verarbeitender Bestellungen. Hochgerechnet ergeben sich aus 20 Bestellungen pro Tag und ca. 20 Arbeitstagen im Monat eine Zahl von 400 Bestellungen, die monatlich in das ERP-System zu übertragen sind.

Das Unternehmen rechnet durchschnittlich mit einer Bearbeitungszeit von zehn Minuten pro Bestellung, da die Bearbeitungszeit hauptsächlich durch die Anzahl an Artikeln in einer Bestellung beeinflusst wird. Demnach ergibt sich eine erwartete Zeiteinsparung von ca. 66,67 Arbeitsstunden im Monat, wobei das Unternehmen von mindestens 60 und maximal 70 Stunden pro Monat als Einsparung ausgeht. Nach sechs Wochen inkl. einer Testphase von einer Woche erfolgte die Produktivsetzung. Der Prozess nutzt zur Auslesung der Bestellungen sowohl RPA als auch KI, da das ERP-System innerhalb einer Citrix-Umgebung betrieben wird.

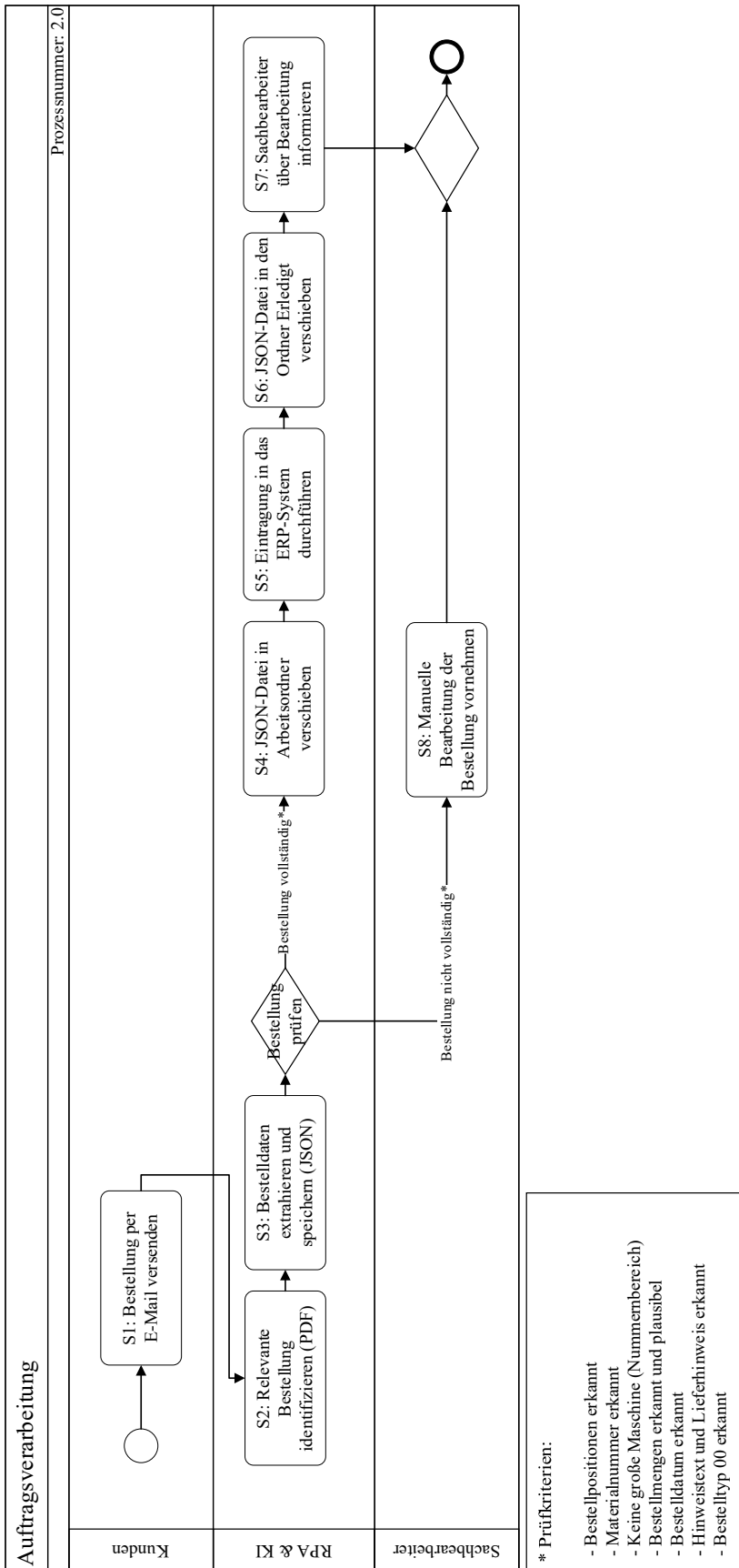


Abbildung 30: Ablauf- und Prozessbeschreibung Auftragsverarbeitung
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 30 ist der Prozess Auftragsverarbeitung beschrieben (S1 – S8). Die einzelnen Linien zeigen, ob der Prozessschritt durch den Kunden, die Automatisierungslösung oder durch den Sachbearbeiter erfolgt.

In einem ersten Schritt wird der Kunde eine Bestellung (PDF) im ERP-System generieren und an das Unternehmen versenden. Die Automatisierungslösung überwacht stündlich das Postfach und identifiziert relevante Bestellungen anhand des Betreffs und des Absenders. Im Anschluss wird die Bestellung ausgelesen und relevante Bestelldaten werden in einer JSON-Datei abgespeichert. Hierbei sind folgende Daten auszuwerten: Bestelltyp, Bestellnummer, Bestelldatum, Materialnummer, Menge, Auftragsart, Hinweistext, Lieferhinweis, Fehlerart. Die Bestellung wird mithilfe einer regelbasierten Logik verarbeitet. Das regelbasierte Auslesen der Bestellung ist zuverlässig, sofern sich das Layout nicht verändert und weist in diesem Fall eine hohe Genauigkeit auf.

Im Anschluss an die Extraktion wird die Bestellung einer inhaltlichen Prüfung unterzogen. Dabei wird unter anderem kontrolliert, ob alle Bestellpositionen vollständig ausgelesen werden können. Jede Bestellposition muss eine Materialnummer sowie eine Mengenangabe enthalten; fehlt eine dieser Angaben, wird die Bestellung als unvollständig eingestuft. Darüber hinaus erfolgt eine Plausibilitätsprüfung der angegebenen Mengen sowie eine Prüfung, des Bestelldatums, das nicht länger als vier Wochen zurückliegen darf. Zudem wird geprüft, ob ein Hinweistext (z. B. „Rückfragen bitte an Max Mustermann“) oder ein Lieferhinweis (z. B. „Lieferadresse abweichend“) gefunden werden konnte.

Der Bestelltyp muss den Wert 00 aufweisen, da der Wert 01 Änderungen an einer zuvor erfassten Bestellung kennzeichnet und diese manuell durch einen Sachbearbeiter zu bearbeiten sind. Darüber hinaus dürfen bestimmte Teile nicht durch die Automatisierung verarbeitet werden, da es sich hierbei um größere Maschinen handelt, die individuell im ERP-System zu konfigurieren sind. Zu diesem Zweck wird ein entsprechender Nummernbereich fortlaufend gepflegt. Tritt eine dieser Nummern in einer Bestellung auf, wird der Vorgang ebenfalls zur manuellen Bearbeitung an einen Sachbearbeiter übergeben.

Es lässt sich also zusammenfassen, dass Bestellungen als vollständig deklariert werden, wenn diese zu jeder Bestellposition eine Materialnummer und plausible Mengenangabe besitzen. Zudem wird eine Bestellung weiter automatisiert verarbeitet und als vollständig angesehen, wenn diese den Bestelltyp 00 aufweist und keine Materialnummer zu einem

bestimmten Nummernbereich (größere bzw. konfigurierbare Maschine) gehört. Das Bestelldatum liegt darüber hinaus nicht weiter zurück als vier Wochen. Ein Hinweistext und ein Lieferhinweis müssen ebenfalls extrahiert worden sein – in seltenen Fällen kommt es vor, dass keine Hinweise auf einer Bestellung zu finden sind. In diesem Fall enthalten diese jedoch i. d. R. lediglich einen Bindestrich als Platzhalter. Falls eine Bestellung vollständig ausgelesen wurde, wird die JSON-Datei in den sogenannten Arbeitsordner verschoben und die Eintragung in das ERP-System beginnt. Im Anschluss wird die JSON-Datei in den Ordner „Erledigt“ verschoben, und der Sachbearbeiter wird nach Abschluss der Verarbeitung aller Bestellungen informiert.

Die erfolgreich bearbeiteten Bestellungen werden zusätzlich im Sammelpostfach mittels einer grünen Kategorie gekennzeichnet, sodass der Bearbeitungsstatus eindeutig nachvollziehbar ist.

Tritt während der Eintragung eine Fehlermeldung auf, wird diese protokolliert und dem Sachbearbeiter in Form einer Übersicht der aufgetretenen Fehler zur Verfügung gestellt. Entsprechende E-Mails werden im Sammelpostfach mit einer roten Kategorie markiert, um eine klare Unterscheidung zwischen erfolgreich verarbeiteten und fehlerhaften Bestellungen zu gewährleisten.

Analyse

Die Identifikation des Prozesses Auftragsverarbeitung erfolgte mithilfe des vorgeschlagenen Scoring-Modells (I).

Die Bewertung erfolgte gemeinsam mit dem Prozessverantwortlichen, der hierzu eine Prozessbeschreibung in Form einer PowerPoint-Präsentation lieferte.¹

Die relevanten Testfälle wurden durch den Prozessverantwortlichen definiert und bestanden aus Randfällen wie unvollständigen Bestellungen oder Nicht-Erreichbarkeit des ERP-Systems (II). Die Automatisierungssoftware OpenRPA dient bis heute zur Durchführung und Entwicklung von neuen Prozessen innerhalb des Unternehmens und wurde mit der Software UiPath verglichen² (III). Ein Proof of Concept (IV) wurde ebenfalls durchgeführt und die Extraktion der relevanten Werte aus den Bestellungen mittels einer

¹ Detaillierte Ergebnisse zur Bewertung des Prozesses sind in Anhang 4 zu finden.

² Detaillierte Ergebnisse zum Vergleich der Anbieter von Automatisierungssoftware sind in Anhang 3 zu finden.

regelbasierten Logik geprüft. Im Fokus standen jedoch zunächst die zwei Hauptkunden mit den größten Bestellmengen.

Implement & Manage

Das Unternehmen plante nach der Umsetzung eine rasche Automatisierung weiterer Prozesse, sodass bis heute drei Umgebungen (eine Testumgebung und zwei Produktivumgebungen) zur Verfügung stehen (I). Die Automatisierungssoftware OpenRPA wird hierbei betrieben (II) und ist konfiguriert (III). Der Entwicklungszeitraum betrug insgesamt sechs Wochen und die Abnahmeprüfung verlief ohne Beanstandung (IV). Die Entwicklungszeit war länger aufgrund der Nutzung von RPA- und KI-Technologien. Zudem bedarf es eines größeren Aufwands beim Testen, da die eingetragenen Bestellungen bzw. jede Position geprüft werden muss. Die Zielerreichung prüfte das Unternehmen nochmals nach zwölf Monaten anhand des Kriteriums der Zeitersparnis. Hier lag die Einsparung bei den geplanten 70 Stunden pro Monat (I). Die Wartung sowie entsprechende Weiterentwicklungen wurden nach dem Go-Live von einem externen Partner übernommen.

Ergebnis

Die Validierungsergebnisse werden im Folgenden anhand des beschriebenen Anwendungsfalls nochmals erläutert. Die vier Kriterien (Produktivsetzung, Betrieb, Zeit- und Kostenersparnis sowie Wiederverwendung) werden erneut betrachtet und stehen im Mittelpunkt. Das Unternehmen folgte der Methodik und führte die Automatisierungslösung erfolgreich ein, sodass das Kriterium Produktivsetzung als erfüllt anzusehen ist. Das Kriterium des Betriebs gilt ebenfalls als erfüllt, da die Automatisierungslösung auch nach zwölf Monaten noch produktiv genutzt wird.¹ Die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen gelten als erreicht. Das Kriterium der Wiederverwendung ist ebenfalls erfüllt, da bis heute weitere Prozesse im Bereich des Controllings automatisiert ablaufen, die jedoch in dieser Arbeit nicht detailliert beschrieben werden.

Potenzielle Weiterentwicklung

Aufbauend auf der produktiv eingesetzten, überwiegend regelbasierten Lösung wird im Folgenden noch eine Lösung vorgestellt, die auf einem KI-zentrierten Ansatz basiert und

¹ Die Produktivsetzung erfolgte im Juli 2022, wobei die Automatisierungslösung noch bis heute im Einsatz ist (Stand: November 2025).

das Unternehmen (U-2) bei der Auftragsverarbeitung weiter unterstützt. Dieser Ansatz stellt im Gegensatz zur regelbasierten Lösung eine Alternative dar, da eine größere Flexibilität hinsichtlich der Bestelldesigns von verschiedenen Kunden vorliegt.

Ziel ist es somit, Layoutabhängigkeiten zu reduzieren, Wartungsaufwände zu senken und die Skalierbarkeit auf unterschiedliche Bestellformate zu erhöhen. Die Weiterentwicklung folgt einem Ansatz, in dem die Extraktion der relevanten Daten wie beispielsweise Materialnummer und Menge etc. durch ein Sprachmodell mit einer regelbasierten Logik kombiniert wird. Auf diese Weise werden die Stärken beider Ansätze genutzt und der Skalierungsaufwand sinkt. Dies ergibt sich, da die Programmierung bei Verwendung einer regelbasierten Logik für jede Bestellung oder für jedes Dokument angepasst und validiert werden müsste. Dies erscheint jedoch besonders für Bestellungen, deren Volumen noch gering ist, nicht wirtschaftlich. Daher wird im Folgenden nun ein alternativer Ansatz beschrieben.

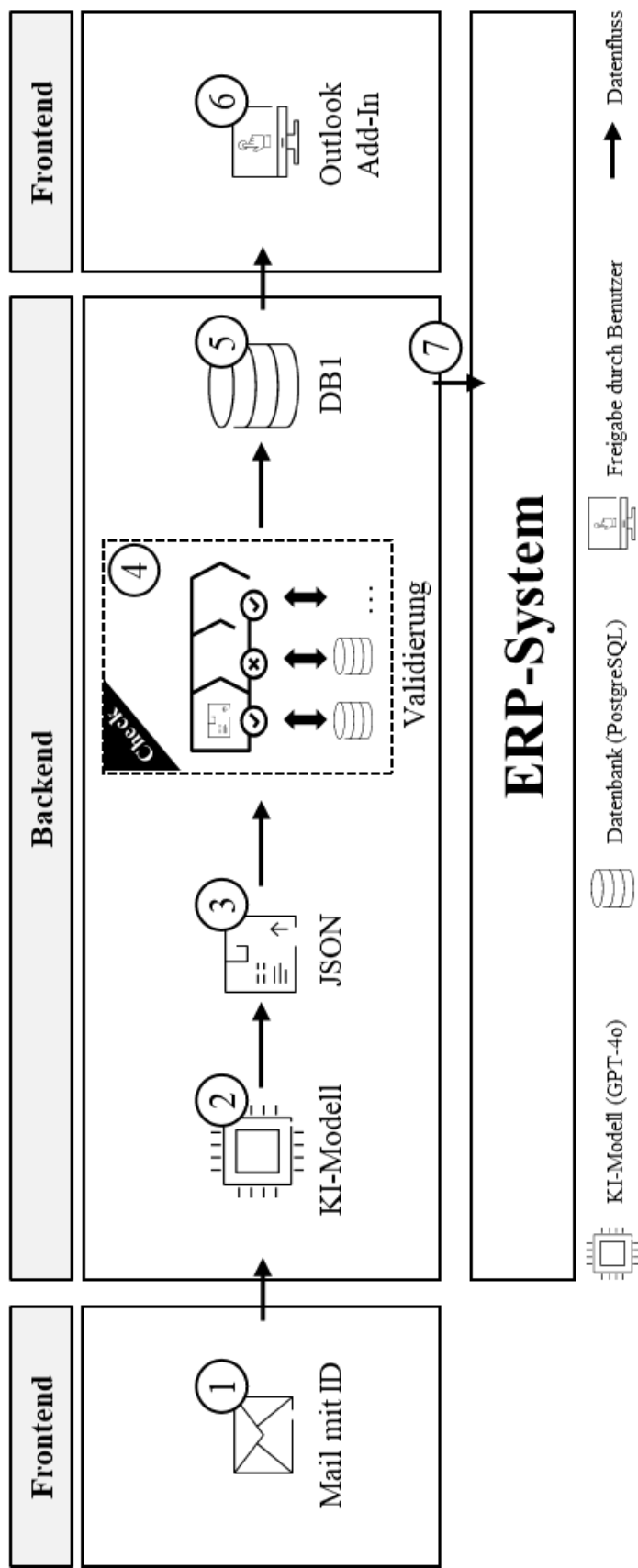


Abbildung 31: Darstellung einer potenziellen Weiterentwicklung mithilfe von KI
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 31 ist die Architektur zur automatisierten Verarbeitung mithilfe eines KI-basierten Ansatzes zu finden. Zu Beginn erfolgt eine Eingangsprüfung der E-Mails. Die Automatisierungslösung überwacht das definierte Postfach in festgelegten Intervallen und klassifiziert neue Nachrichten anhand von Absender, Betreff, Anhang sowie anderer Merkmale **(1)**. Es wird hierbei eine eindeutige Mail-ID vergeben, falls die E-Mail eine Bestellung enthält und von einem bestimmten Absenderkreis kommt bzw. eine entsprechende Bezeichnung im Betreff zu finden ist. Die Mail-ID dient der späteren Nachvollziehbarkeit über alle Verarbeitungsschritte. Nicht relevante Nachrichten werden nicht bearbeitet und einem separaten Ordner zugeführt. Diese Vorselektion stellt sicher, dass eine Verarbeitung nur bei hinreichender Relevanz ausgelöst wird und somit Kosten und Laufzeit reduziert werden. Relevante Bestellungen dagegen werden an einen Server in einer Microsoft Azure Umgebung zur Extraktion weitergeleitet (Backend).

Die Extraktion erfolgt schlussendlich durch einen LLM-basierten Ansatz **(2)**, der die bereits beschriebenen Bestellinformationen in ein fest definiertes JSON-Schema überführt **(3)**. Dieses Schema umfasst grundsätzliche Pflichtfelder, die das Unternehmen festlegen kann (z. B. Bestelltyp, Bestellnummer, Bestelldatum, Materialnummer, Menge, Auftragsart) sowie optionale Felder (z. B. Ansprechpartner, Liefer- und Zahlungsbedingungen). Im Anschluss werden die extrahierten Daten durch eine regelbasierte Validierung geprüft **(4)**. Diese Validierung verläuft in drei Schritten: Erstens wird eine syntaktische Prüfung durchgeführt (JSON-Schema-Validierung, Datentypen, Wertebereiche z. B. für Datumsangaben oder Bestellnummern). Zweitens werden fachliche Plausibilitäten geprüft, indem Artikel- und Materialnummern, Mengeneinheiten sowie Preise gegen Referenzdaten aus bereitgestellten Tabellen abgeglichen werden (z. B. Kunden- und Materialstämme, Preis- oder Rahmenlisten). Denkbar wäre auch eine direkte Schnittstelle an das ERP-System des Kunden, die jedoch im Rahmen der prototypischen Umsetzung, die in dieser Arbeit beschrieben wird, noch nicht betrachtet wird. Drittens erfolgt eine Prüfung der extrahierten Werte. Werte mit widersprüchlichen Resultaten werden markiert und später optisch in einem Outlook-Add-In hervorgehoben. Beispielsweise können widersprüchliche Resultate auftreten, wenn eine Bestellposition nicht eindeutig zugeordnet werden kann. Die meisten Kunden führen in den Bestellungen die Artikelnummer auf, jedoch wird dies teilweise vergessen oder nicht aufgeführt. In diesem Fall ist das Sprachmodell angewiesen die Beschreibung des Artikels in der Bestellung zu extrahieren und in der bereitge-

stellten Artikelliste mögliche passende Artikel zu suchen. Möglicherweise sind hier jedoch verschiedene Artikel aufgrund ähnlicher Beschreibungen passend und denkbar. Daher werden diese Werte im Outlook Add-In farblich hervorgehoben, sodass der Mitarbeiter eine manuelle Prüfung vornehmen kann.

Als nächstes wird die Speicherung der ausgelesenen Werte in einem Datenbankmanagementsystem (PostgreSQL) vorgenommen, um ein späteres Aufrufen ohne Verzögerungen zu ermöglichen (5). In der relationalen Datenbank werden alle relevanten Werte der Bestellung und auch die Informationen zur zugehörigen Mail mit ID gespeichert.

Die Übergabe an das ERP-System wird nach Freigabe des Benutzers (6) durch eine Schnittstelle zwischen Datenbank 1 (DB1) und dem ERP-System realisiert (7). Die Mitarbeiter können die ausgelesenen Bestellungen im Outlook zuvor betrachten, prüfen, verändern und schlussendlich freigeben. Die Kommunikation zwischen der in Microsoft Azure betriebenen Anwendung und dem SAP-System wird über einen auf Simple Object Access Protocol (SOAP) basierten Webservice sichergestellt. Die Übertragung der Bestelldaten findet über das HTTPS-Protokoll statt, wodurch eine verschlüsselte und gesicherte Datenübermittlung gewährleistet wird. Die eigentlichen Auftragsinformationen werden an eine bereitgestellte Service-URL gesendet.

Die Weiterentwicklung adressiert typische Schwachstellen regelbasierter Extraktionen. Bei variierenden Bestellungen mussten bisher regelmäßig Programmierungen angepasst werden. Durch die LLM-Extraktion wird die Abhängigkeit von festen Layouts verringert. Zugleich stellt die nachgelagerte Validierung sicher, dass nur formal und fachlich korrekte Datensätze das ERP erreichen, wodurch der Anteil an manuellen Arbeiten weiter reduziert wird, ohne auf regelbasierte Logiken zu verzichten.

5.2.4 Kostenauswertung

Im Folgenden wird ein Anwendungsfall aus dem Öffentlichen Sektor (PS-1) beschrieben. Der betrachtete Prozess ist als Managementprozess einzuordnen und verfolgt das Ziel, Transparenz im Bereich des Kostenstellenreportings für alle Fachbereiche einer Stadt herzustellen. Mitarbeiter der Stadt führen ein- bis zweimal pro Monat eine Analyse sämtlicher relevanter Kostenstellen durch, um den einzelnen Fachbereichen einen Bericht bereitzustellen. Dieser Bericht ermöglicht es, aufzuzeigen, ob eine Kostenstelle überbucht ist, oder in welchem Umfang noch Haushaltsmittel zur Verfügung stehen. Die relevanten Informationen je Kostenstelle sind im SAP-System gespeichert, wobei dieses System bei

einem Rechenzentrum der Komm.ONE extern gehostet wird und über eine Citrix-Umgebung aufgerufen werden kann. Die Verortung des Prozesses am Lebenszyklus erscheint für Organisationen des Öffentlichen Sektors zunächst unpassend, jedoch können die für die Bürger angebotenen Services ebenfalls als Produkte angesehen werden. Die Organisation führt sogar Prozesse mit den Namen „Produktbeschreibungen“ durch. Dieser Prozess dient dazu relevante Services zu definieren, Verantwortlichkeiten und Kostenstellen festzulegen und schlussendlich diese Informationen zu publizieren. Eine bekannte Webseite ist das Serviceportal Baden-Württemberg¹, auf dem Städte und Gemeinden die angebotenen Produkte bzw. Services veröffentlichen. Demnach entwickeln Organisationen des Öffentlichen Sektors ebenfalls Services und bieten diese den Bürgern an. Während Bürger die Produkte nutzen, gilt es, die relevanten Kosten in dieser Phase auf der Verwaltungsseite zu überwachen (z. B. Kosten für Kindergärten etc.). Daher wird der an dieser Stelle beschriebene Prozess der Kostenauswertung innerhalb der Nutzungsphase des Lebenszyklus verortet. Die Anzahl der relevanten Kostenstellen ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich angestiegen. Zu Beginn der Automatisierungsinitiative waren insgesamt 120 Kostenstellen vorhanden, die zweimal pro Monat im SAP-System abzufragen waren. Für die Abfrage einer einzelnen Kostenstelle benötigte der zuständige Sachbearbeiter dabei durchschnittlich etwa fünf Minuten.

¹ Die Webseite kann unter folgendem Link aufgerufen werden: www.service-bw.de

Basisinformationen	
1. Prozessname	Kostenauswertung
2. Produktlebenszyklus	Nutzung
3. Verantwortlichkeit	Kämmerei
4. Prozessart	Management
Zusatzinformationen	
5. Input	Excel-Liste mit abzufragenden Kostenstellen
6. Output	Report über den aktuellen Stand der Haushaltsmittel je Kostenstelle
7. Prozessziel	Erstellung eines Reports und Transparenz für die Fachbereiche
8. Prozessrisiken	Fehlerhafte Abfrage von Kostenstellen
9. Automatisierungssoftware	UiPath
10. Entwicklungszeit	Zwei Wochen
11. Betriebsmodus	Überwachter Roboter (attended)
12. Zeiteinsparung	20 Stunden pro Monat
13. Durchführung	Monatlich
14. Produktivsetzung	Februar 2022

Tabelle 16: Prozessbeschreibung Kostenauswertung

Quelle: Eigene Darstellung

Weiterführende Informationen zu dem Prozess sind in Tabelle 16 dargestellt. Für die Entwicklung der Automatisierungslösung ist die Software UiPath im Einsatz, da die Organisation bereits in einer frühen Phase eigene Tests mit dieser Software durchgeführt hatte und das Schulungsangebot bis heute als umfangreich sowie geeignet einschätzt. Ein Softwarevergleich ist daher nicht erforderlich und wurde folglich nicht durchgeführt.

Der Prozess der Kostenauswertung diente als Proof of Concept und stellte den ersten automatisierten Prozess innerhalb der Organisation dar. Nach einer Entwicklungsdauer von zwei Wochen, einschließlich einer zweitägigen Testphase, erfolgte die Produktivsetzung der Lösung.

Der Prozess nutzt sowohl RPA- als auch KI-Komponenten, da das SAP-System innerhalb einer Citrix-Umgebung betrieben wird und somit – vergleichbar mit den Prozessen Teileanlage und Auftragsverarbeitung – kein direkter Zugriff auf Bedienelemente über Selektoren möglich ist.

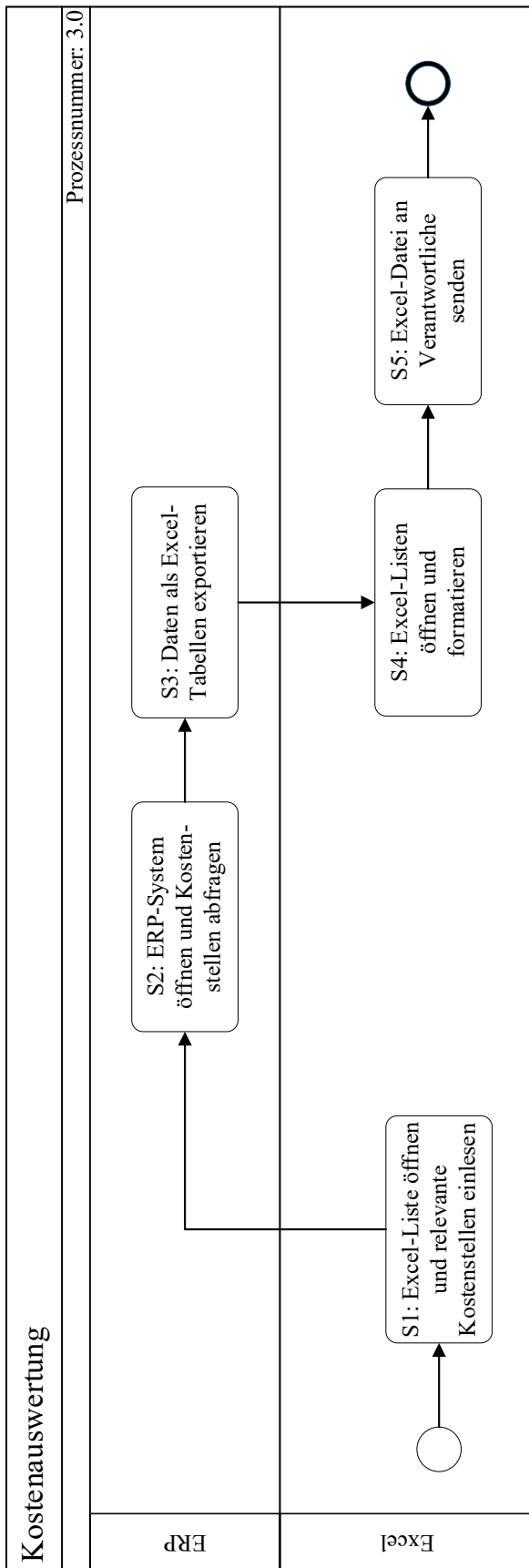


Abbildung 32: Ablauf- und Prozessbeschreibung Kostenauswertung
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 32 ist der Prozess der Kostenauswertung dargestellt (S1 – S5). Die einzelnen Linien visualisieren, ob ein Prozessschritt im ERP-System durchgeführt wird oder ob Tätigkeiten in der Anwendung Microsoft Excel erfolgen. Zunächst wird eine Excel-Liste geöffnet und die Automatisierungslösung liest die Kostenstellen sowie die zugehörigen Empfänger ein. Jede Kostenstelle ist in einer eigenen Zeile aufgeführt; die relevanten Empfänger inkl. der zugehörigen E-Mailadressen sind in einer separaten Spalte zu finden. Dies schafft Flexibilität und ermöglicht die Anpassung durch die Organisation ohne die Durchführung einer Anpassung des Programmcodes. Im Anschluss loggt sich die Automatisierungslösung im SAP-System ein und öffnet die relevante Transaktion. Zudem wird je nach Kostenstelle eine eigene SAP-Variante aufgerufen. Im Anschluss wird der Datensatz je Kostenstelle als Excel exportiert. Nachdem der Export der relevanten Datensätze erfolgt ist, werden die Excel-Tabellen geöffnet und entsprechend aufbereitet, indem unter anderem Gruppierungen vorgenommen und Abstände angepasst werden. Abschließend ermittelt die Automatisierungslösung, welcher Report an welche Mitarbeitenden zu versenden ist und führt den Versand der Berichte automatisiert aus.

Analyse

Zur Identifizierung des Prozesses (I) wurde wie in den vorangegangenen Anwendungsfällen das Scoring-Modell eingesetzt. Die Bewertung wurde durch die Organisation unterstützt und zudem konnte eine Prozessbeschreibung in Form einer Schritt-für-Schritt-Klickanleitung bereitgestellt werden.¹

Die Testfälle wurden durch den Prozessverantwortlichen definiert und beinhalteten relevante Sonderfälle wie beispielsweise die Falscheingabe einer Kostenstelle in die Excel-Tabelle, fehlgeschlagene Anmeldung im System oder die Nicht-Erreichbarkeit des SAP-Systems (II). Wie bereits beschrieben wurde die Software UiPath ohne die Durchführung eines Vergleichs ausgewählt (III) und der gesamtheitliche Prozess wurde als Proof of Concept gewertet (IV).

Implement & Manage

Die Organisation entschied sich aus Kosten- und Kapazitätsgründen zunächst für lediglich eine Entwicklungs- und Produktivumgebung. Somit fanden die Entwicklung und die

¹ Detaillierte Ergebnisse zur Bewertung des Prozesses sind in Anhang 5 zu finden.

spätere Nutzung in der gleichen Umgebung statt (I). Die Software UiPath (II) wurde installiert (überwachter Roboter ohne einen Orchestrator) und schlussendlich zur Automatisierung genutzt (III).

Die Entwicklung wurde innerhalb von zwei Wochen abgeschlossen und die Abnahmeprüfung verlief ohne Beanstandung (IV). Die Zielerreichung prüfte das Unternehmen ebenfalls erneut nach zwölf Monaten anhand des Kriteriums der Zeitersparnis. Hier lag die Einsparung bei 30 Stunden pro Monat (I). Dies ist darauf zurückzuführen, da die Anzahl der Kostenstellen auf 180 anstieg, sodass bei zwei Ausführungen pro Monat eine Einsparung von 30 Stunden erreicht wird. Die Wartung sowie Weiterentwicklungen wurden nach dem Go-Live von einem externen Partner übernommen (II und III).

Ergebnis

Die Kriterien zur Validierung (Produktivsetzung, Betrieb, Zeit- und Kostenersparnis sowie Wiederverwendung) sind ebenfalls erfüllt. Die Organisation folgte der Methodik und führte die Automatisierungslösung erfolgreich ein. Jedoch ist der Softwarevergleich nicht erfolgt, da sich die Organisation bereits auf einen Kandidaten (UiPath) festgelegt hatte. Das Kriterium der Produktivsetzung ist erfüllt, da sich die Automatisierungslösung seit Februar 2022 im Einsatz befindet. Das Kriterium des Betriebs ist ebenfalls erfüllt, da die Automatisierungslösung auch nach zwölf Monaten noch produktiv genutzt wird.¹ Die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen wurden übertroffen, da die Anzahl der Kostenstellen stetig zunimmt. Zum Stand November 2025 werden zweimal pro Monat insgesamt 204 Kostenstellen abgefragt. Das Kriterium der Wiederverwendung ist für dieses Unternehmen ebenfalls erfüllt, da weitere Prozesse im Bereich Bürgerservice, Controlling und Kämmerei automatisiert durchgeführt werden. Stand November 2025 wurden mittels der Methodik über 31 Prozesse erfolgreich implementiert. Diese Prozesse sind in folgenden Anwendungsfeldern angesiedelt: Einwohnerstatistik, Rechnungsverarbeitung, Erstellung von Presselisten (Geburtstage, Hochzeitsjubiläen), Auswertung von Investitionskonten, Erstellung von Bescheiden, Auswertung von Kindergartenanmeldungen, Produktbeschreibungen und zahlreiche weitere Prozesse.

¹ Die Produktivsetzung erfolgte im Februar 2022, wobei die Automatisierungslösung noch bis heute im Einsatz ist (Stand: November 2025).

5.2.5 Altaktenablage

In diesem Kapitel wird ein weiterer Anwendungsfall aus dem Öffentlichen Sektor beleuchtet (PS-2). Der Prozess ist als Kernprozess anzusehen und wird nach Bedarf durchgeführt. Die Organisation stand vor der Herausforderung über 1.100 digitalisierte Altakten aus dem Steuerbereich in das DMS-System manuell zu übertragen. Die vorhandenen physischen Aktenordner wurden zunächst durch einen Dienstleister digitalisiert, gescannt und entsprechend benannt, sodass der Dateiname die Steuernummer enthält. Die Zielsetzung bestand nun darin, die über 1.100 Akten in das DMS zu übertragen und der richtigen digitalen Akte zuzuordnen. Hierfür muss aus der Steuernummer, die im Dateiname enthalten ist, zunächst die richtige Organisation (Organisationsname) bzw. das korrekte Buchungszeichen ausgelesen werden, da im DMS nicht alle Steuernummern gepflegt sind. Im DMS wird nach Namen oder dem sogenannten Buchungszeichen gesucht, sodass für die Suche und das spätere Hochladen der Akten ein erheblicher Zeitaufwand anfällt. Im Durchschnitt kann mit zehn Minuten pro Akte gerechnet werden.

Basisinformationen	
1. Prozessname	Altaktenanlage
2. Produktlebenszyklus	Nutzung
3. Verantwortlichkeit	Kämmerei
4. Prozessart	Kernprozess
Zusatzinformationen	
5. Input	Ordner mit digitalisierten Akten
6. Output	Report über hochgeladene Akten im System
7. Prozessziel	Hochladen von digitalisierten Akten im DMS
8. Prozessrisiken	Fehlerhafte Anlage von Akten
9. Automatisierungssoftware	OpenRPA
10. Entwicklungszeit	Drei Wochen
11. Betriebsmodus	Überwachter Roboter (attended)
12. Zeiteinsparung	183,33 Stunden für 1.100 Akten
13. Durchführung	Nach Bedarf
14. Produktivsetzung	September 2024

Tabelle 17: Prozessbeschreibung Altaktenablage
Quelle: Eigene Darstellung

Weitere Informationen zu dem Prozess sind in Tabelle 17 dargestellt. Der Prozess Altaktenablage diente als Proof of Concept und stellte den ersten automatisierten Prozess innerhalb der Organisation dar. Nach einer Entwicklungsdauer von drei Wochen, einschließlich einer dreitägigen Testphase, erfolgte die Produktivsetzung der Automatisierungslösung.

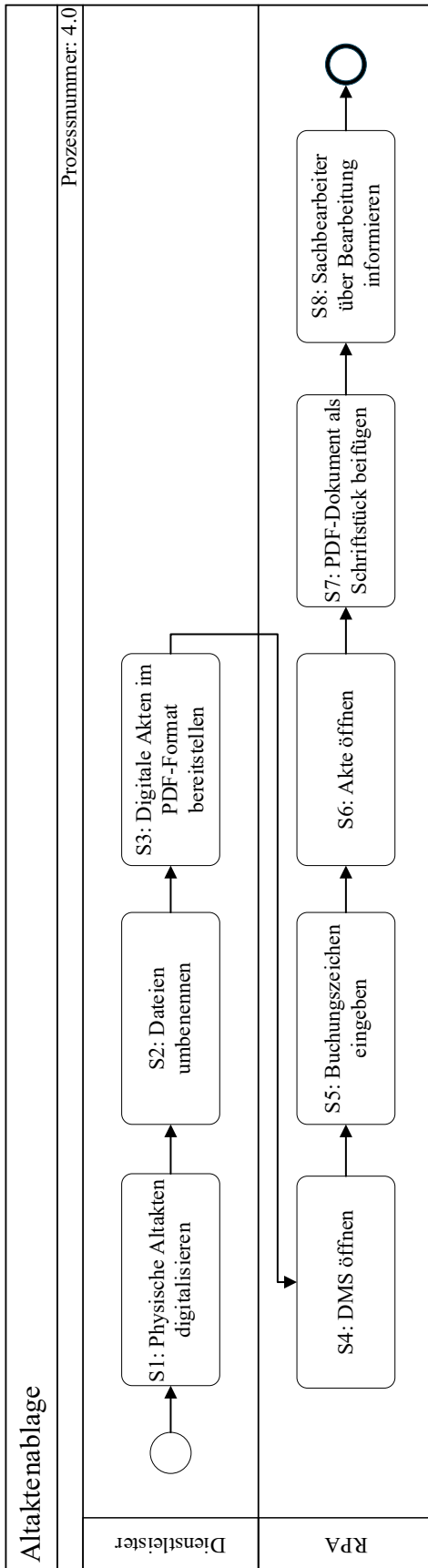


Abbildung 33: Ablauf- und Prozessbeschreibung Altaktenablage
 Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 33 ist der Prozess der Altaktenablage dargestellt (S1 – S8). Im Fokus stehen hierbei Steuerakten von Gewerbetreibenden. Zunächst werden die physischen Akten durch einen externen Dienstleister digitalisiert und anschließend entsprechend umbenannt. Wie bereits erläutert, enthält der Dateiname die Steuernummer sowie das Anfangs- und Enddatum der jeweiligen Steuerakte.

Das Anfangsdatum ergibt sich anhand des Datums auf dem ersten Schriftstück der Akte und das Enddatum entsprechend durch die Prüfung des letzten Datums auf dem letzten Schriftstück innerhalb der Akte. Eine beispielhafte Benennung einer Datei lautet: 2034917891+11-02-2020_30-04-2021. Der Dienstleister stellt daraufhin die Akte der Stadt zur Verfügung, sodass die RPA-Lösung im Anschluss mit der Verarbeitung beginnen kann. Hierfür wird das DMS geöffnet und das Buchungszeichen wird eingegeben. Im Anschluss wird die relevante Akte geöffnet und ein neues Schriftstück erstellt. Im Zuge dessen wird das PDF-Dokument hochgeladen, mit den relevanten Metadaten versehen (Anfangs- und Enddatum) und im Anschluss wird der Sachbearbeiter per E-Mail informiert, welche Akten bearbeitet sind. Falls eine Akte im DMS nicht verfügbar oder aufrufbar ist, wird diese Akte übersprungen und in einem separaten Ordner abgelegt (Nicht bearbeitet). Somit ist sichergestellt, dass keine Akten versehentlich falsch hochgeladen werden, denn es lassen sich grundsätzlich auch PDF-Dokumente in das DMS hochladen, ohne dass eine Akte ausgewählt ist. Dies würde jedoch dazu führen, dass zahlreiche Dokumente ohne Aktenbezug im DMS zu finden sind.

Analyse

Erneut wurde zur Identifizierung des Prozesses (I) wie in den vorangegangenen Anwendungsfällen das Scoring-Modell eingesetzt. Es gab keine formale Prozessbeschreibung, jedoch stellte die Organisation ein Video bereit, welches die durchzuführenden Schritte erläuterte.¹ Die Testfälle wurden durch den Prozessverantwortlichen definiert und beinhalteten relevante Sonderfälle wie beispielsweise die fehlende Akte im DMS, fehlgeschlagene Anmeldungen im System oder die Nicht-Erreichbarkeit des DMS (II). Wie bereits beschrieben wurde die Software OpenRPA ausgewählt, da eine Open Source Software eine Anforderung darstellte. Der Einsatz von UiPath bzw. einer Closed-Source-Software (proprietär) wurde ausgeschlossen (III). Der gesamte Prozess wurde als Proof of

¹ Detaillierte Ergebnisse zur Bewertung des Prozesses sind in Anhang 6 zu finden.

Concept gewertet, da die Organisation bislang noch keinen Prozess automatisiert hatte (IV).

Implement & Manage

Die Entwicklung erfolgte zunächst auf der gleichen Maschine, die auch später für den Betrieb genutzt werden sollte (I). Diese Entscheidung wurde aus Kostengründen getroffen und die Software OpenRPA wurde installiert und zur Automatisierung genutzt (II) und (III). Die Entwicklung wurde innerhalb von drei Wochen abgeschlossen und die Abnahmeprüfung verlief ohne Beanstandung (IV). Die Zielerreichung wurde durch das Unternehmen erneut nach zwölf Monaten anhand des Kriteriums der Zeitersparnis geprüft. Hier lag die Einsparung bei den erwarteten 183 Stunden (I). Jedoch sind weitere physische Akten (Stand: Juli 2025) noch in der Erstellung, sodass weitere Prozessdurchläufe erfolgen werden und demnach mit weiterer Zeitersparnis zu rechnen ist. Die Wartung sowie Weiterentwicklungen wurden nach dem Go-Live von einem externen Partner übernommen (II und III).

Ergebnis

Die Kriterien zur Validierung (Produktivsetzung, Betrieb, Zeit- und Kostenersparnis sowie Wiederverwendung) sind alle erfüllt. Die Organisation folgte der Methodik und führte die Automatisierungslösung erfolgreich ein. Der Softwarevergleich wurde nicht durchgeführt, da sich die Organisation bereits auf die Open Source Software OpenRPA festlegte. Eine proprietäre Software kam nicht in Frage, da die Organisation die kostenfreie und quelloffene Open Source Software aufgrund der geringeren Abhängigkeit eines Softwareanbieters bevorzugte.

Das Kriterium der Produktivsetzung ist erfüllt, da die Automatisierungslösung seit September 2024 genutzt wird. Das Kriterium des Betriebs ist ebenfalls erfüllt, da die Automatisierungslösung auch nach zwölf Monaten noch produktiv genutzt wird.¹ Die im Vorfeld geschätzten Zeit- und Kapazitätseinsparungen gelten als eingehalten. Das Kriterium der Wiederverwendung ist für dieses Unternehmen ebenfalls erfüllt, da weitere Prozesse im Bereich Controlling (SAP-Auswertung) automatisiert werden und somit zusätzliche Automatisierungsinitiativen in Planung sind.

¹ Die Produktivsetzung erfolgte im September 2024, wobei die Automatisierungslösung noch bis heute im Einsatz ist (Stand: Dezember 2025).

5.3 Zusammenfassung

Im vorliegenden **Kapitel 5** wird die in Kapitel 4 entwickelte Methodik an unterschiedlichen realen Anwendungsfällen validiert. Ziel ist der Nachweis, dass die Vorgehensweise im beabsichtigten Einsatzumfeld wirkt. Dafür werden in der Arbeit klare Validierungskriterien herangezogen – Produktivsetzung, Betrieb, Einsparpotenzial (Zeit/Kapazität) und Wiederverwendung. **Kapitel 5.1** beschreibt den Validierungsrahmen: Kriterien, Ablauf der Validierung und die Verortung der Fälle im Lebenszyklus. **Kapitel 5.2** stellt die Anwendungsfälle der Unternehmen und des Öffentlichem Sektors dar. Pro Anwendungsfall werden Ausgangslage, Umsetzung gemäß Methodik sowie die Ergebnisse ausgewiesen. Abweichungen von der Methodik bzw. ausgelassene Schritte werden begründet. Die Verortung im Lebenszyklus macht zudem sichtbar, in welcher Phase die Automatisierung ihren Nutzen entfaltet. Alle Organisationen nutzten die in der Arbeit eingeführte Methodik und konnten erhebliche Zeit- und Kapazitätseinsparungen erzielen. Kein Anwendungsfall scheiterte während der Analyse, Implementierung oder während des Betriebs. Die Anwendungsfälle beziehen sich nicht auf eine einzelne Branche und Aufgabenbereich innerhalb einer Organisation. Somit kann festgehalten werden, dass die Validierung der Methodik in diesem vorliegenden Kapitel einen wertvollen Beitrag leistet und aufzeigt, wie beispielsweise die Identifizierung von geeigneten Prozessen in der Praxis erfolgt, welche Effizienzgewinne zu erzielen sind und wie eine konkrete Umsetzung von Automatisierungsinitiativen durch Organisationen erfolgt.

6 Ergebnisse

6.1 Einführung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Validierung bzw. des Einsatzes der entwickelten Methodik zusammengeführt, analysiert und diskutiert. Im Mittelpunkt steht die Analyse der realisierbaren Zeit-, Kosten- und Kapazitätseinsparungen über die unterschiedlichen Anwendungsfälle hinweg sowie die Bewertung, inwieweit die in Kapitel 3 formulierten Anforderungen als erfüllt angesehen werden können. Darüber hinaus werden die eingangs formulierten Forschungsfragen erneut aufgegriffen und beantwortet. Neben der quantitativen Evidenz (z. B. realisierte Stunden- und Kosteneinsparungen) werden Beobachtungen aus den Fallstudien berücksichtigt. Die Ergebnisse werden anschließend verglichen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Industrie- und Verwaltungskontext sichtbar zu machen. Gemäß des Design-Science-Research-Ansatzes von Hevner et al. (2004), welcher in dieser Arbeit genutzt wird, wird eine qualitative und quantitative Bewertung des Artefakts vorgenommen. Das Artefakt stellt in diesem Fall die entwickelte Methodik dar.

6.2 Anwendungsfälle

In Kapitel 5 sind insgesamt fünf verschiedene Anwendungsfälle beschrieben, die von verschiedenen Organisationen durchgeführt werden.

Anwendungsfall	Zeiteinsparung	VZÄ	Kosteneinsparung	Validierung
Teileanlage (U-1)	100 h / Monat	0,55	7.750 € / Monat	✓
Auftragsverarbeitung (U-2)	70 h / Monat	0,39	6.180 € / Monat	✓
Kostenauswertung (PS-1)	30 h / Monat	0,17	2.640 € / Monat	✓
Altaktenablage (PS-2)	183 h / Lauf	0,09	5.450 € / Lauf	✓
Neutraldaten (U-1)	33.333 Stunden / Lauf	16,01	998.790 € / Lauf	✓

Tabelle 18: Übersicht über die Effizienzgewinne je Anwendungsfall
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 18 sind nochmals alle umgesetzten Anwendungsfälle aufgelistet. Dabei wird die Zeiteinsparung betrachtet, die sich nach einem zwölfmonatigen Betrieb der jeweiligen Automatisierungslösung ergeben hat. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass sich

die im Anhang dargestellten Berechnungen auf geschätzte Werte vor der Umsetzung beziehen und daher bei den Prozessen Teileanlage und Kostenauswertung von den späteren Ist-Werten abweichen. Im laufenden Betrieb ergab sich bei diesen Prozessen eine höhere Einsparung. Jeder der beschriebenen Anwendungsfälle folgt der vorgeschlagenen Methodik und die Organisationen profitieren bis heute von einer erheblichen Zeit-, Kosten- und Kapazitätseinsparung.

Der zeitliche Einsparungseffekt unterscheidet sich, da einzelne Prozesse wie beispielsweise der Prozess Neutraldaten nicht regelmäßig durchgeführt werden und die Zeiteinsparung daher in Stunden pro Durchlauf angegeben sind. Entsprechend werden die Anwendungsfälle in zwei Gruppen unterteilt: eine Gruppe umfasst regelmäßig durchzuführende Prozesse, während die zweite Gruppe Prozesse beinhaltet, die bedarfsabhängig ausgeführt werden. Drei der Prozesse der betrachteten Organisationen werden regelmäßig durchgeführt (Teileanlage von U-1, Auftragsverarbeitung von U-2 und Kostenauswertung von PS-1). Zwei Prozesse werden lediglich bei Bedarf (Altaktenablage) oder einmalig ausgeführt (Neutraldaten).

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Monat	66,7
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Monat	2,7
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	86,7
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	56,7
Kosteneinsparung C_p	€ pro Monat	5.523
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,37

Tabelle 19: Zeit- und Kostenersparnisse für die regelmäßig durchzuführenden Prozesse
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 19 sind die durchschnittlichen Zeit- und Kostenersparnisse der regelmäßig durchzuführenden Prozesse zu finden. Die durchschnittliche Zeiteinsparung liegt bei 66,7 Stunden pro Monat, wobei der Wartungsaufwand bei rund drei Stunden pro Monat liegt. Die monatliche Kosteneinsparung beträgt knapp 5.523 € und insgesamt liegt die durchschnittliche Kapazitätseinsparung bei 0,37 VZÄ.

Der Prozess Neutraldaten dagegen wurde von der Organisation (U-1) lediglich einmal durchgeführt, wobei erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen erzielt werden konnten.

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Durchlauf	33.333
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Durchlauf	24
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	30
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50
Kosteneinsparung C_p	€ pro Durchlauf	998.790
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	16,01

Tabelle 20: Zeit- und Kostenersparnisse für den Prozess Neutraldaten

Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 20 sind die Zeit- und Kosteneinsparungen beschrieben. Diese Prozessautomatisierung unterscheidet sich von den anderen Automatisierungen dahingehend, dass lediglich eine einmalige Durchführung (jedoch über einen längeren Zeitraum) erfolgte. Die erzielten Einsparungen dienen daher als Orientierung für vergleichbare Prozesse, zeigen jedoch eindrucksvoll, dass auch die Automatisierung eines einmalig durchzuführenden Prozesses mittels einer Automatisierungslösung sinnvoll sein kann. Schließlich konnte die Organisation keine andere technische Lösung (Schnittstelle o. Ä.) finden und einsetzen. Eine Alternative wäre gewesen unter großem manuellem Aufwand, die wichtigsten Datensätze und Relationen abzuspeichern und zu übertragen. Dies hätte jedoch enorme Kapazitäten gebunden und ist in der Praxis wohl kaum umsetzbar.

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Durchlauf	183
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Durchlauf	1
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	30
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50
Kosteneinsparung C_p	€ pro Durchlauf	5.450
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,09

Tabelle 21: Zeit- und Kostenersparnisse für den Prozess Altaktenablage

Quelle: Eigene Darstellung

Der bei Bedarf durchzuführende Prozess der Altaktenablage erzielte eine Kosteneinsparung von 5.450 € pro Durchlauf und eine entsprechende Zeiteinsparung von 183 Stunden für rund 1.100 Akten (siehe Tabelle 21). Die Organisation konnte zum Zeitpunkt der Umsetzung das weitere Volumen von Akten noch nicht final beantworten, jedoch ist in den nächsten Jahren mit weiteren Digitalisierungsinitiativen in diesem Bereich zu rechnen. Die an dieser Stelle implementierte Automatisierungslösung fokussierte sich zunächst auf

Gewerbesteuerakten, wobei zahlreiche weitere Akten (Grundsteuer etc.) ebenfalls mittels der entwickelten Automatisierungslösung zukünftig bearbeitet werden können.

6.3 Anforderungen an die Methodik

In diesem Abschnitt erfolgt die Prüfung der Anforderungen aus Kapitel 3 an die Methodik sowie die Diskussion der gestellten Forschungsfragen. In den letzten drei Spalten der folgenden Tabelle ist ersichtlich, ob eine Anforderung vollständig (V), teilweise (T) oder nicht (N) erfüllt ist.

	Anforderungen an die Methodik	V	T	N
F1: Identifikation geeigneter Prozesse	A.1.1: Die Methodik muss eine standardisierte, gewichtete Bewertung von Prozessen ermöglichen.	X		
	A.1.2: Die Methodik muss bei der Bewertung von Prozessen sowohl den Status quo als auch zukünftige Prozessentwicklungen abbilden können (z. B. Volumenentwicklung).	X		
	A.1.3: Die Methodik muss bei der Bewertung technologische Fortschritte in der Datenverarbeitung (z. B. durch KI) berücksichtigen. Die Bewertung kann zweistufig erfolgen: Zunächst wird lediglich der Einsatz von RPA angenommen. Unterschreitet das Ergebnis eine definierte Schwelle, erfolgt eine erneute Bewertung unter der Annahme, dass zusätzlich KI eingesetzt wird.	X		
	A.1.4: Die Bewertung soll anpassbar sein, um organisationsspezifische Präferenzen zu ermöglichen.	X		
	A.1.5: Die Methodik soll sowohl einfache als auch komplexe Prozesse differenziert bewerten können.	X		
	A.1.6: Die Methodik muss am Ende der Bewertung für jeden untersuchten Prozess einen gewichteten numerischen Gesamtwert berechnen. Es existiert keine festgelegte Mindestpunktzahl, sodass die Organisation bestimmte Grenzen selbst festlegen kann.	X		
	A.1.7: Die Methodik muss eine nachvollziehbare Bewertungslogik aufweisen, sodass alle Zwischenschritte für Nutzer verständlich dokumentiert sind.	X		
	A.1.8: Die Methodik ist für den Einsatz in KMU sowie in Organisationen der öffentlichen Hand validiert.	X		

F2: Bestimmung Automatisierungstiefe	A.2.1: Die Methodik muss in der Lage sein, auf Basis der bewerteten Prozessmerkmale eine Klassifikation der Automatisierungstiefe vorzunehmen (z. B. partielle oder vollständige Automatisierung).	X		
	A.2.2: Die Methodik muss erkennen, wenn ein Prozess potenziell hybrid automatisierbar ist (RPA + KI) und dem Benutzer ermöglichen, eine zweite Bewertung unter KI-Annahme durchzuführen.	X		
F3: Bestimmung Zeit- und Kostenersparnisse	A.3.1: Die Methodik muss auf Basis der Bewertung eine prognostische Zeitersparnis (z. B. in Stunden pro Monat) berechnen können.	X		
	A.3.2: Aus der Zeitersparnis und einem frei definierbaren Kostensatz (z. B. €/Stunde) muss die Methodik die zu erwartende Kosteneinsparung pro Jahr berechnen können, wobei die Betriebskosten zu berücksichtigen sind.	X		
	A.3.3: Die Berechnungsformeln müssen dokumentiert und für Anwender nachvollziehbar sein.	X		
	A.3.4: Die Methodik darf auch dann anwendbar sein, wenn keine exakten Ist-Daten (z. B. Zeiterfassung, Kostenrechnung) vorliegen. Es müssen Schätzwerte zugelassen werden, um die Methode praxistauglich zu halten.	X		
F4: Festlegung Software	A.4.1: Im Rahmen der Anwendung der Methodik ist der Softwarevergleich auf die beiden Systeme UiPath (Closed Source) und OpenRPA (Open Source) begrenzt. Die Methodik ermöglicht jedoch grundsätzlich, mehrere RPA-Softwarelösungen anhand von Bewertungskriterien zu untersuchen.	X		
	A.4.2: Die Gewichtung der Kriterien soll durch einen paarweisen Vergleich erfolgen, um Präferenzen abzubilden.	X		
	A.4.3: Die Methodik muss es ermöglichen, die Kriterienliste und deren Gewichtung an organisationsspezifische Anforderungen anzupassen (z. B. regulatorische Vorgaben).	X		

Tabelle 22: Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik
Quelle: Eigene Darstellung

Im Folgenden werden die Anforderungen (Rigor Cycle) sowie deren Erfüllung diskutiert und beschrieben (siehe Tabelle 22). Die Methodik ermöglicht eine gewichtete und auch standardisierte Bewertung von Prozessen. Dies ist anhand von fünf in der Arbeit beschriebenen Anwendungsfällen ersichtlich. Im Rahmen einer Prozessbewertung sind auch künftige Entwicklungen zu berücksichtigen. Die vorgeschlagene Methodik nutzt hierfür ein neues Kriterium (Zukünftiges Prozessvolumen), welches als Minimalkriterium im Scoring-Modell der Methodik zu finden ist. Eine Erweiterbarkeit oder Abänderung der Kriterien sowie die Bewertung von unterschiedlichen Prozessen mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad wird ebenfalls als erfüllt angesehen, denn die Organisationen bewerten die Prozesse in der Komplexität sowohl mit drei Punkten (Teileanlage) als auch mit

vier Punkten (Auftragsverarbeitung).¹ Es kann daher festgehalten werden, dass die vorgeschlagene Methodik mithilfe des angepassten Scoring-Modells in dieser Arbeit Organisationen bei der Identifikation von geeigneten Prozessen unterstützt und alle gestellten Anforderungen erfüllt (**Forschungsfrage 1**). Darüber hinaus ist auch eine zweistufige Bewertung möglich, wenn relevante Schwellenwerte unterschritten werden. Da die Methodik Schwellenwerte für die drei Kriterien standardisierte Datentypen, Standardisierungsgrad und Anzahl der Ausnahmen vorgibt, können auch diese Anforderungen als erfüllt bewertet werden (**Forschungsfrage 2**). Darüber hinaus wird deutlich, dass die Methodik die Berechnung der Zeit- und Kosteneinsparungen ermöglicht und dabei die Betriebskosten berücksichtigt. Die Berechnungsformeln sind hierbei einsehbar und können bei Bedarf mit Schätzwerten befüllt werden. Die Organisationen nutzten im Rahmen der Anwendungsfälle vorgegebene Kostensätze, die von den Verantwortlichen aus dem Bereich des Controllings zuvor beziffert oder geschätzt wurden. Die Organisation (U-1) nutzt bei der Bewertung des Prozesses Neutraldaten geringere Stundensätze, da mit einem Einsatz von studentischen Hilfskräften oder Auszubildenden gerechnet werden kann. Darüber hinaus kalkuliert eine Organisation (PS-2) aus dem Öffentlichen Sektor mit geringeren Stundensätzen für den Prozess Altaktenablage. Die Ergebnisse der erzielten Einsparungen sind im vorangegangenen Kapitel zu finden, sodass auch die Anforderungen zur Bestimmung der Zeit- und Kostenersparnisse als erfüllt anzusehen sind (**Forschungsfrage 3**). Zur Bewertung der Automatisierungssoftware ist in der Arbeit ein flexibler Ansatz zu finden, der einen paarweisen Vergleich nutzt. Zudem ist in der Arbeit ein konkreter Vergleich zwischen einer Open Source Software (OpenRPA) und einer Closed-Source-Software (UiPath) zu finden (**Forschungsfrage 4**). Gemäß des Ansatzes von Hevner et al. (2004) gilt es jedoch auch, Anforderungen aus der Praxis (Relevance Cycle) zu berücksichtigen, um die Praxistauglichkeit nachzuweisen.

¹ Siehe Anhang 2 und Anhang 4.

	Anforderungen an die Methodik	V	T	N
Anwendungsbezogene Anforderungen	A.5.1: Die Methodik soll eine Schritt-für-Schritt-Handlungsanleitung enthalten, die insbesondere KMU und kleinere Organisationen während des gesamten Automatisierungsprojekts bedarfsgerecht unterstützt.	X		
	A.5.2: Die Bestandteile der Methodik sollten einzeln einsetzbar und kombinierbar sein – je nach Reifegrad und Ressourcen der Organisation.	X		
	A.5.3: Die Methodik soll typischen Fehlerquellen wie einer falschen Prozessauswahl im RPA-Projektverlauf präventiv begegnen.	X		
	A.5.4: Die Methodik muss anhand von Anwendungsfällen von KMU und Organisationen aus dem Öffentlichen Sektor validiert sein. Hierbei kommen folgende Kriterien zum Einsatz: Produktivsetzung, Betrieb, Einsparung und Wiederverwendung.	X		

Tabelle 23: Anwendungsbezogene Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik
Quelle: Eigene Darstellung

Daher sind in Tabelle 23 die praxisbezogenen Anforderungen sowie deren Erfüllung nochmals zusammenfassend dargestellt. Die Methodik erfüllt die Anforderung einer Schritt-für-Schritt-Handlungsanleitung und ist modular aufgebaut, sodass die einzelnen Module flexibel und unabhängig voneinander durch Organisationen eingesetzt werden können. Anhand der beschriebenen Anwendungsfälle zeigt sich zudem, dass Organisationen einzelne Schritte der Methodik situationsabhängig auch nicht durchgeführt haben. Beispielsweise setzt eine Organisation (PS-1) auf den Softwareanbieter UiPath und verzichtet demnach auf einen paarweisen Vergleich, der gemäß der Methodik vorgeschlagen wird. Darüber hinaus sind die Module gegliedert, unterteilt und zeitlich angeordnet (Analyse, Implement und Manage), sodass typischen Fehlerquellen (z. B. falsche Prozessauswahl) präventiv begegnet wird. Eine umfangreiche Validierung ist wie bereits beschrieben in Kapitel 5 zu finden, sodass alle anwendungsbezogenen Anforderungen als erfüllt angesehen werden.

6.4 Querschnittsergebnisse

Die beschriebenen Anwendungsfälle zeigen übereinstimmend, dass die entwickelte Methodik in verschiedenen Kontexten bzw. Sektoren umsetzbar ist und zuverlässig zu Effizienzgewinnen führt. Alle Organisationen haben die Vorgehensweise angewandt und die Validierungskriterien erfüllt, denn die Lösungen werden produktiv genutzt, seit über zwölf Monaten stabil betrieben, die prognostizierten Zeit- und Kapazitätseffekte gelten

als erreicht und die Methodik wird bis heute eingesetzt. Damit liegt ein Wirknachweis in verschiedenen Organisationen vor.

Über die Anwendungsfälle hinweg lassen sich noch zwei Punkte hervorheben: Erstens erleichtert die systematische Analysephase mithilfe des vorgeschlagenen Scoring-Modells und klaren Testfällen die Auswahl der Prozesse und eine Identifikation ungeeigneter Prozesskandidaten. Zweitens erweist sich ein Proof of Concept dabei für alle Organisationen als sinnvoll, wenn unstrukturierte Dokumente oder die Durchführung innerhalb einer Citrix-Umgebung vorlagen. Hier kann der Einsatz von KI gezielt helfen und Lücken zu schließen, die reine RPA-Lösungen nicht erfüllen. Organisationen wird daher empfohlen gezielte Testprojekte durchzuführen, um die Machbarkeit besser bewerten zu können. Diese Ergebnisse stimmen mit Erkenntnissen aus Fallstudien in der aktuellen Forschung überein (Kreuzwieser et al., 2021).

Inhaltlich decken die Anwendungsfälle verschiedene Prozesskategorien ab: regelmäßig wiederkehrende Kern- und Unterstützungsprozesse (z. B. Teileanlage, Auftragsverarbeitung, Kostenauswertung) sowie anlassbezogene bzw. einmalige Aufgaben (z. B. Altaktenablage, Neutraldaten). Gerade bei häufig durchzuführenden Prozessen ergeben sich hohe monatliche Stunden- und Kosteneinsparungen. Bei einmaligen oder sporadischen Prozessen dominiert dagegen die schnelle, fehlerarme Abarbeitung großer Prozessvolumina wie beispielsweise die Erstellung oder Migration umfangreicher Datensätze. Daher kann als Querschnittsergebnis festgehalten werden, dass sich sogar einmalig durchzuführende Prozesse für eine Automatisierung eignen können.

In Summe stützt die Validierung die Aussage, dass die Methodik sektoren- und prozessübergreifend anwendbar ist und zahlreiche Prozesse mittels RPA und KI über den Produktlebenszyklus automatisiert werden können.

Das begleitende Change-Management erfolgt durch die einzelnen Organisationen unterschiedlich, sodass an dieser Stelle noch weitere Erkenntnisse als Querschnittsergebnisse benannt werden können. Die Unternehmen U-1 und U-2 informierten die relevanten Stakeholder und Mitarbeiter über das Intranet sowie per E-Mail und veröffentlichten im Rahmen der Umsetzung zwei interne Beiträge. Ein erster Beitrag erfolgte zu Projektbeginn, um die Mitarbeitenden über die Zielsetzung des Projekts sowie über die konkrete Zeitplanung zu informieren. Darüber hinaus erfolgte eine weitere Benachrichtigung nach Abschluss der Entwicklung. Die Prozessverantwortlichen und relevante Stakeholder wurden

zu einem persönlichen Termin eingeladen, sodass eine Begutachtung des Prozesses möglich war. Die Organisationen PS-1 und PS-2 dagegen informieren die Stakeholder in Abteilungssitzungen und stellen die Automatisierungslösung kurz vor dem Go-Live nochmals vor. Eine der Organisationen veranstalteten zudem einen „Tag der Automatisierung“ und zeigte allen interessierten Mitarbeitern der Verwaltung die bereits entwickelte Automatisierungslösung. Im Zuge dessen konnten über 20 weitere Prozessideen generiert werden, die im Anschluss bewertet und teilweise umgesetzt wurden.

6.5 Zusammenfassung

Im vorliegenden **Kapitel 6** sind die relevanten Ergebnisse, die aus der Validierung und der Umsetzung der Anwendungsfälle resultieren, zu finden. In **Kapitel 6.2** sind nochmals relevante Kennzahlen zu den fünf Anwendungsfällen zu finden – wobei Kennzahlen zur Zeit- und Kosteneinsparung im Fokus stehen. An dieser Stelle wird nochmals hervorgehoben, dass alle Organisationen, die RPA und KI zur Prozessautomatisierung einsetzen erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen erzielen können und großes Potenzial besteht. Dies kann anhand der beschriebenen Anwendungsfälle auch nachvollzogen werden. In **Kapitel 6.3** wird ersichtlich, dass die aus der Wissenschaft (Rigor Cycle) und Praxis (Relevance Cycle) formulierten Anforderungen durch die Methodik erfüllt werden und die zu Beginn formulierten Forschungsfragen beantwortet werden können. Die vorgestellte Methodik ermöglicht die zuverlässige Identifizierung von Prozessen, die sich für eine Automatisierung eignen (**Forschungsfrage 1**). Darüber hinaus unterstützt die Methodik die Organisationen dabei, die Automatisierungstiefe zu bestimmen und festzustellen, wann der Einsatz von KI in Betracht gezogen werden sollte bzw. ob eine partielle Automatisierung (nur RPA) oder eine vollständige Automatisierung (RPA und KI) effizient und angebracht erscheint (**Forschungsfrage 2**). Die Methodik liefert ebenfalls bei der Kalkulation der Zeit- und Kosteneinsparungen zuverlässige und nachvollziehbare Ergebnisse (**Forschungsfrage 3**). Zudem werden Organisationen bei der Softwareauswahl unterstützt und es wird ein geeigneter Ansatz für einen Softwarevergleich bereitgestellt (**Forschungsfrage 4**). Die Validierung anhand von fünf verschiedenen Anwendungsfällen aus unterschiedlichen Branchen zeigt auf, dass Automatisierungslösungen erhebliches Potenzial besitzen, bestehende manuelle Prozesse zu automatisieren und Mitarbeiter zu entlasten. In **Kapitel 6.4** sind Querschnittsergebnisse zu finden, die zeigen, wie das

Change-Management der Organisationen umgesetzt wurde und Anstoß für weitere wissenschaftliche Arbeiten darstellt. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit alle zuvor formulierten Forschungsfragen beantwortet werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der systematischen Planung, Umsetzung und Bewertung von Automatisierungslösungen auf Basis von RPA und KI. Ausgangspunkt der Arbeit ist die Beobachtung, dass in vielen Organisationen noch immer ein erheblicher Anteil der Arbeitszeit für manuelle, repetitive und regelbasierte Tätigkeiten aufgewendet wird, obwohl diese Prozesse grundsätzlich ein hohes Automatisierungspotenzial besitzen. Die hier vorliegende Arbeit adressiert vier Aspekte und Problemstellungen. Zum einen liefert die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik einen Ansatz zur Identifikation geeigneter Prozesse (Forschungsfrage 1) und zur Bestimmung der Automatisierungstiefe dieser Prozesse (Forschungsfrage 2). Darüber hinaus erfolgt eine praxisnahe Validierung anhand verschiedener Anwendungsfälle, um Zeit- und Kostenersparnisse zu ermitteln (Forschungsfrage 3). Mithilfe eines Ansatzes und eines paarweisen Vergleichs werden zudem die beiden Softwareanbieter UiPath und OpenRPA miteinander verglichen (Forschungsfrage 4). Im Folgenden werden die einzelnen Kapitel und Inhalte der vorliegenden Arbeit nochmals kompakt zusammengefasst.

In **Kapitel 1** wird zunächst die Problemstellung der Arbeit beschrieben und die Motivation, Zielsetzung sowie der wissenschaftliche Rahmen der Dissertation erläutert. Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass in vielen Organisationen trotz fortschreitender Digitalisierung weiterhin zahlreiche manuelle, repetitive und regelbasierte Tätigkeiten existieren, die erhebliche personelle Ressourcen binden. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Effizienz, Qualität, Flexibilität und Time-to-Market, während Faktoren wie Fachkräftemangel und zunehmende Prozesskomplexität den Handlungsdruck erhöhen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Automatisierung von Prozessen am Computer, insbesondere in Verwaltungen und KMU, zunehmend an Bedeutung.

Die Arbeit verfolgt das Ziel, eine systematische und praxisnahe Methodik zur Planung und Umsetzung von Automatisierungsvorhaben auf Basis von RPA und KI zu entwickeln. Im Fokus steht dabei die Unterstützung von Organisationen bei der Identifikation geeigneter Prozesse, der Bestimmung einer Automatisierungstiefe sowie der Bewertung von Zeit- und Kosteneinsparungspotenzialen. Darüber hinaus soll die Methodik zur Reduktion typischer Fehlerquellen beitragen, die in der Praxis häufig zum Scheitern von

Automatisierungsprojekten führen. Methodisch basiert die Arbeit auf dem Design-Science-Research-Ansatz, der die Entwicklung eines Artefakts mit einer wissenschaftlichen Validierung verbindet. Die Einleitung grenzt den Untersuchungsrahmen ab, formuliert die zentralen Forschungsfragen und gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit. Damit schafft **Kapitel 1** die inhaltliche und methodische Grundlage für die nachfolgenden Kapitel und ordnet die Arbeit sowohl in den wissenschaftlichen Diskurs als auch praktische Anwendung ein.

Zu Beginn der Arbeit werden in **Kapitel 2** die theoretischen und begrifflichen Grundlagen gelegt. Der Prozessbegriff wird differenziert betrachtet und sowohl aus transformativer als auch koordinativer Sichtweise eingeordnet. Prozesse werden als strukturierte Abfolge von Aktivitäten verstanden, die einen Input in einen Output überführen. Aufbauend darauf wird der Produktlebenszyklus sowie das Konzept des PLM erläutert, welches als ganzheitlicher Ansatz zur Steuerung von Informationen, Prozessen und Organisationseinheiten entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts verstanden wird. IT-Systeme wie ERP-, PDM- oder CRM-Systeme werden dabei als unterstützende Werkzeuge betrachtet. Die Auseinandersetzung mit dem Begriff des PLM sowie den dazugehörigen IT-Systemlösungen erscheint unabdingbar, da Automatisierungslösungen sehr häufig bei der Prozessdurchführung auf diese IT-Systemlösungen angewiesen sind. Eine Automatisierungslösung benötigt beispielsweise Zugriff auf ein SAP-System (ERP), um relevante Kostenstellen abzurufen oder Kundenbestellungen zu verarbeiten beziehungsweise anzulegen. Die Untersuchung dieser IT-Systemlösungen sowie die Beschreibung der Funktionen erscheint daher in diesem Kapitel sinnvoll.

Ein zentraler Bestandteil der Grundlagen ist zudem die Abgrenzung und Einordnung von verschiedenen Automatisierungstechnologien. RPA wird als Technologie verstanden, die insbesondere für die Automatisierung regelbasierter, strukturierter und repetitiver Tätigkeiten geeignet ist, da sie Aktivitäten des Menschen mit bestehenden IT-Systemen softwarebasiert nachgebildet werden. KI wird ergänzend betrachtet, insbesondere in Bezug auf die Verarbeitung unstrukturierter Daten und die Automatisierung von Prozessschritten, die nicht eindeutig regelbasiert beschrieben werden können. Die Arbeit folgt der Auffassung, dass RPA und KI nicht als konkurrierende, sondern als komplementäre Technologien zu verstehen sind.

Im Anschluss daran ist in **Kapitel 3** der Stand der Technik zu finden. Dabei werden bestehende Ansätze zur Prozessbewertung, zur Bestimmung der Automatisierungstiefe sowie zur Abschätzung von Zeit- und Kosteneinsparungen untersucht. Die Analyse zeigt, dass in der Literatur zwar zahlreiche Kriterien und Frameworks existieren, diese jedoch häufig entweder zu abstrakt sind oder sich nur auf einzelne Aspekte von Automatisierungsprojekten konzentrieren. Auf Basis dieser Analyse werden Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik abgeleitet, die sowohl dem Rigor- als auch dem Relevance-Cycle zugeordnet werden können.

Auf dieser Grundlage wird in **Kapitel 4** der Arbeit eine modulare Methodik zur Prozessautomatisierung entwickelt und vorgestellt, die sich in drei Hauptmodule Analyse, Implement und Manage gliedert.

Im Modul Analyse erfolgt zunächst die systematische Identifikation und Bewertung potenziell geeigneter Prozesse. Hierbei werden sowohl qualitative als auch quantitative Kriterien herangezogen, um Prozesse hinsichtlich ihres Automatisierungspotenzials, ihrer Komplexität und ihres erwarteten Nutzens zu beurteilen. Ergänzend werden Testfälle definiert und erste Abschätzungen zu Zeit- und Kosteneinsparungen vorgenommen. Ein weiterer Bestandteil dieses Moduls ist die strukturierte Softwareauswahl, die Organisationen dabei unterstützt, geeignete RPA- und KI-Softwareanbieter zu vergleichen und auszuwählen.

Das Modul Implement beschreibt die technische und organisatorische Umsetzung einer Automatisierungslösung. Hierzu zählen Aspekte der IT-Infrastruktur, der Entwicklungsumgebung, der Umsetzung der Automatisierungslogik sowie der Inbetriebnahme. Das Modul Manage adressiert schließlich den Betrieb, die Überwachung und die kontinuierliche Verbesserung der Automatisierungslösungen.

Die entwickelte Methodik wird in **Kapitel 5** anhand mehrerer Anwendungsfälle aus unterschiedlichen Sektoren validiert. Die Anwendungsfälle umfassen Kern-, Unterstützungs- und Managementprozesse. Die Ergebnisse zeigen, dass die Methodik eine zuverlässige Identifikation geeigneter Prozesse ermöglicht, eine fundierte Entscheidung über den Einsatz von RPA und KI unterstützt und nachvollziehbare Aussagen zu Zeit- und Kosteneinsparungen liefert. Zudem wird ersichtlich, dass auch Prozesse, die nur bei Bedarf oder einmalig durchgeführt werden, grundsätzlich zur Automatisierung geeignet

sind. Organisationen sind daher angehalten, auch diese Prozesskandidaten bei einer Analyse zu beleuchten. Die relevanten Ergebnisse je Anwendungsfall inklusive einer detaillierten Auswertung von Querschnittsergebnissen sind in **Kapitel 6** zu finden.

Insgesamt leistet die Arbeit einen Beitrag zur Schließung einer identifizierten Forschungslücke, indem sie eine integrierte und praxisnahe Methodik zur Prozessautomatisierung bereitstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass RPA- und KI-basierte Automatisierungslösungen ein erhebliches Potenzial zur Effizienzsteigerung und Entlastung von Mitarbeitern besitzen, sofern sie methodisch fundiert geplant und umgesetzt werden.

7.2 Ausblick

In diesem Abschnitt folgt ein Ausblick und die Diskussion von weiteren noch zu erforschenden Anwendungsgebieten und -feldern sowie ein Ausblick auf künftige Entwicklungen im Bereich der Prozessautomatisierung.

Die vorliegende Arbeit adressiert mit einer praxis- und anwendungsorientierten Methodik besonders öffentliche Verwaltungen (bis zu 40.000 Einwohner) und KMU. Dies basiert auf den Annahmen, dass begrenzte Automatisierungserfahrung vorhanden ist und die Umsetzung durch die einzelnen Fachbereiche dezentral getrieben wird. Zudem existiert in den betrachteten Organisationen kein Center of Excellence, das in Großunternehmen und größeren Behörden häufig Automatisierungsinitiativen plant und umsetzt. Daher bedarf es weiterer Forschung hinsichtlich der Anwendbarkeit bzw. Adaptivität der hier entwickelten Methodik auf Großunternehmen bzw. größere Behörden.

Gegenstand weiterer Forschung könnte im Zuge dessen auch sein, ab welcher Organisationsgröße die Etablierung eines Center of Excellence sinnvoll ist. Die dezentrale Steuerung und Umsetzung von Automatisierungsprojekten verkürzt vermutlich die Projektdauer, jedoch wird der Wartungsaufwand für einen Mitarbeiter ansteigen, falls Automatisierungslösungen durch verschiedene Fachbereiche mithilfe unterschiedlicher Software und abweichenden Konventionen programmiert und gestaltet werden. Daher bedarf es hier weiterer Forschung, um festzustellen, wann eine dezentrale Umsetzung oder eine zentrale Umsetzung über ein Center of Excellence geeignet ist.

Ein weiterer Ansatzpunkt für zukünftige Forschung liegt in der stärkeren Automatisierung der Analysephase. In der vorliegenden Arbeit erfolgt die Identifikation und Bewer-

tung geeigneter Prozesse innerhalb der Organisationen auf Basis von Prozessbeschreibungen und qualitativen Kriterien. Mit zunehmender Verfügbarkeit von Prozess- und Log-Daten könnten datengetriebene Verfahren, insbesondere aus dem Bereich des Process Mining, eine objektive Grundlage für die Auswahl und Priorisierung von Automatisierungsvorhaben bzw. Prozessen schaffen. Die Integration solcher Verfahren in die Methodik könnte dazu beitragen, Automatisierungspotenziale systematischer zu identifizieren sowie Zeit und Unschärfen bei der Prozessauswahl weiter zu reduzieren.

Eine Integration von Process Mining in die Methodik bzw. in das Modul Analyse kann Gegenstand weiterer Forschung sein und weitere Einsparpotenziale heben.

Darüber hinaus zeichnen sich mit dem zunehmenden Einsatz agentenbasierter Systeme neue Entwicklungen in der Prozessautomatisierung ab. Im Gegensatz zu klassischen RPA-Ansätzen, bei denen Prozessabläufe detailliert modelliert und implementiert werden müssen, verfolgen agentenbasierte Ansätze einen stärker zielorientierten Ansatz. Nutzer könnten künftig weniger vorgeben, wie ein Prozess technisch abzulaufen hat, sondern vielmehr beschreiben, welches Ergebnis erreicht werden soll. Der Agent übernimmt daraufhin die Planung und Ausführung der notwendigen Schritte und greift dabei auf bestehende Automatisierungskomponenten wie RPA-Skripte oder Schnittstellen zurück. In diesem Kontext würde RPA weiterhin eine zentrale Rolle spielen, jedoch zunehmend als ausführende Ebene innerhalb eines übergeordneten Automatisierungskonzepts.

Literaturverzeichnis

- ABBYY Software Ltd. (2020). *State of Process Mining and Robotic Process Automation*. Zugriff am 4. Januar 2026, verfügbar unter https://digital.abbyy.com/hubfs/content/report-processintelligence-process-mining-rpa-2020-en.pdf?_ga=2.108290562.1620765802.1649845778-768197253.1648656342
- Abramovici, M. (2007). Future Trends in Product Lifecycle Management (PLM). In F. L. Krause (Hrsg.), *The Future of Product Development* (S. 665–674). Springer Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69820-3_64
- agitur GmbH. (2025a). *Allgemeine Geschäftsbedingungen*, S. 1–14.
- agitur GmbH. (2025b). *Hinweise zur Umsetzung von Automatisierungsprojekten*, S. 1–7.
- Aguilar-Savén, R. S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6)
- Aguirre, S. & Rodriguez, A. (2017). Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study. In J. C. Figueroa-García, E. R. López-Santana, J. L. Villa-Ramírez & R. Ferro-Escobar (Hrsg.), *Communications in Computer and Information Science. Applied Computer Sciences in Engineering* (Bd. 742, S. 65–71). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66963-2_7
- Arnold, V., Dettmering, H., Engel, T. & Karcher, A. (2011). *Product Lifecycle Management beherrschen: Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21813-2>
- Axmann, B. & Harmoko, H. (2022). Process & Software Selection for Robotic Process Automation (RPA). *Tehnički glasnik*, 16(3), 412–419. <https://doi.org/10.31803/tg-20220417182552>
- Balasundaram, S. & Venkatagiri, S. (2020). A structured approach to implementing Robotic Process Automation in HR. *Journal of Physics: Conference Series*, 1427(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1427/1/012008>
- Becker, J., Kugeler, M. & Rosemann, M. (2012). *Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33844-1>

- Bernstein, C. (2024). *What is happy path testing?* Zugriff am 10. November 2025, verfügbar unter <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/happy-path-testing>
- Biel, A. (2021). Robotisierung im Controlling? Robotic Process Automation (RPA) im Controlling – Interview mit Prof. Dr. Christian Langmann, Hochschule München University of Applied Sciences. *Controller Magazin*(3), 20–25.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2025). *Maschinen- und Anlagenbau: Artikel -Wirtschaftsbranchen*. Zugriff am 4. Januar 2026, verfügbar unter <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html>
- Bundeszentrale für politische Bildung. (2025). *Automatisierung: Mechanisierung*. Zugriff am 5. Januar 2026, verfügbar unter <https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/lexikon-der-wirtschaft/18743/automatisierung/>
- Buxmann, P. & Schmidt, H. (2019). *Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57568-0>
- Cambridge University Press & Assessment. (2024). *Dictionary*. Zugriff am 17. September 2024, verfügbar unter <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/re-purposing>
- Chacon Montero, J., Jimenez Ramirez, A. & Gonzalez Enriquez, J. (2019). Towards a Method for Automated Testing in Robotic Process Automation Projects. In *IEEE/ACM 14th International Workshop on Automation of Software Test (AST)* (S. 42–47). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AST.2019.00012>
- CIMdata. (2002). *Product lifecycle management - empowering the future of business*. Zugriff am 14. August 2024, verfügbar unter [http://www.cimdata/publications/pdf/PLM Definition 0210.pdf](http://www.cimdata/publications/pdf/PLM%20Definition%200210.pdf)
- Cooper, H. M. (1988). Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews. *Knowledge in Society*, *1*(104), 104–126. <https://doi.org/10.1007/BF03177550>
- Corallo, A., Latino, M. E., Lazoi, M., Lettera, S., Marra, M. & Verardi, S. (2013). Defining Product Lifecycle Management: A Journey across Features, Definitions, and Concepts. *ISRN Industrial Engineering*, *2013*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2013/170812>

- Curtis, B., Kellner, M. I. & Over, J. (1992). Process modeling. *Communications of the ACM*, 35(9), 75–90. <https://doi.org/10.1145/130994.130998>
- Davenport, T. H. (1997). *Process innovation: Reengineering work through information technology* (11. Aufl.). Harvard Business School Press.
- Deutsches Institut für Normung (2014). *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch: Teil 351: Leittechnik* (IEC 60050-351:2013).
- Deutsches Institut für Normung (2015). *Qualitätsmanagementsysteme: Anforderungen* (ISO 9001:2015).
- Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. (2025). *Der deutsche Wortschatz von 1600 bis heute*. Zugriff am 30. Juli 2025, verfügbar unter <https://www.dwds.de/wb/Methodik#wb-1>
- Eigner, M. (2009). *Product Lifecycle Management: Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management* (2. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b93672>
- European Commission. (2025). *Mechanical engineering*. Zugriff am 5. Januar 2026, verfügbar unter https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/mechanical-engineering_en
- European Union. (2025). *Access to European Union law: Kleine und mittlere Unternehmen*. Zugriff am 8. August 2025, verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/DE/legal-content/glossary/small-and-medium-sized-enterprises.html>
- EY. (2016). *Get ready for robots*. Zugriff am 11. Juni 2025, verfügbar unter <https://eyfinancialservicesthoughtgallery.ie/wp-content/uploads/2016/11/ey-get-ready-for-robots.pdf>
- Farinha, D., Pereira, R. & Almeida, R. (2023). A framework to support Robotic process automation. *Journal of Information Technology*, 39(1), 149–166. <https://doi.org/10.1177/02683962231165066>
- Flechsig, C., Anslinger, F. & Lasch, R. (2022). Robotic Process Automation in purchasing and supply management: A multiple case study on potentials, barriers, and implementation. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 28(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2021.100718>
- Gartner. (2025a). *Enterprise Resource Planning to Optimize Operations*. Zugriff am 14. Juli 2025, verfügbar unter <https://www.gartner.com/en/information-technology/topics/enterprise-resource-planning>

- Gartner. (2025b). *Robotic Process Automation Reviews and Ratings: What is Robotic Process Automation ?* Zugriff am 7. Mai 2025, verfügbar unter <https://www.gartner.com/reviews/market/robotic-process-automation>
- Genius ERP. (2025). *Back to Basics: ERP for Engineers: Engineering, Product Development - All industries*. Zugriff am 27. Dezember 2025, verfügbar unter https://www.geniuserp.com/resources/blog/back-to-basics-erp-for-engineers/?utm_source=chatgpt.com
- Gethmann, C. F., Buxmann, P., Distelrath, J., Humm, B. G., Lingner, S., Nitsch, V., Schmidt, J. C. & Spiecker genannt Döhmann, I. (2022). *Künstliche Intelligenz in der Forschung: Neue Möglichkeiten und Herausforderungen für die Wissenschaft* (Bd. 48). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63449-3>
- Geyer-Klingeberg, J., Nakladal, J., Baldauf, F. & Veit, F. (2018). Process Mining and Robotic Process Automation: A Perfect Match. *16th International Conference on Business Process Management (BPM)*, 124–131.
- Ghose, A. & Koliadis, G. (2007). Auditing Business Process Compliance. In D. Hutchison, T. Kanade, J. Kittler, J. M. Kleinberg, F. Mattern, J. C. Mitchell, M. Naor, O. Nierstrasz, C. Pandu Rangan, B. Steffen, M. Sudan, D. Terzopoulos, D. Tygar, M. Y. Vardi, G. Weikum, B. J. Krämer, K. Lin & P. Narasimhan (Hrsg.), *Lecture notes in computer science. Service-Oriented Computing – ICSOC 2007* (S. 169–180). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74974-5_14
- Gillot, J. N. (2008). *The complete guide to business process management: Business process transformation or a way of aligning the strategic objectives of the company and the information system through the processes*. Gillot, J. N.
- Grant, R. M. & Nippa, M. (2006). *Strategisches Management: Analyse, Entwicklung und Implementierung von Unternehmensstrategien* (5. Aufl.). Pearson Studium.
- Grieves, M. (2006). *Product lifecycle management: Driving the next generation of lean thinking*. Mc-Graw-Hill.
- Groover, M. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (4. Aufl.). Pearson International.

- Gu, J., Kuen, J., I. Morariu, V., Zhao, H., Barmpalios, N., Jain, R., Nenkova, A. & Sun, T. (2021). Unified Pretraining Framework for Document. *35th Conference on Neural Information Processing Systems s (NeurIPS 2021)*, 34, 39–50.
- Häberle, S. G. (Hrsg.). (2008). *Das neue Lexikon der Betriebswirtschaftslehre: Kompendium und Nachschlagewerk mit 200 Schwerpunktthemen, 6000 Stichwörtern, 2000 Literaturhinweisen sowie 1300 Internetadressen*. Oldenbourg.
- Heale, R. & Twycross, A. (2018). What is a case study? *Evidence-based nursing*, 21(1), 7–8. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102845>
- Herm, L. V., Janiesch, C., Helm, A., Imgrund, F., Hofmann, A. & Winkelmann, A. (2023). A framework for implementing robotic process automation projects. *Information Systems and e-Business Management*, 21(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10257-022-00553-8>
- Hevner, A. (2007). A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 19(2), 87–92.
- Hevner, A., March, S. T., Park, J. & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- Hinterhuber, H. H. & Friedrich, S. A. (1997). Markt- und ressourcenorientierte Sichtweise zur Steigerung des Unternehmungswertes. In D. Hahn & B. Taylor (Hrsg.), *Strategische Unternehmungsplanung / Strategische Unternehmungsführung* (S. 988–1016). Physica-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-41482-8_47
- httc e.V. (2017). *Groupware Systeme: Zusammenarbeit über zeitliche und räumliche Distanz unterstützen*. Zugriff am 14. August 2025, verfügbar unter https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/agentru-kommunikation-groupware-systeme.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Huang, F. & Vasarhelyi, M. A. (2019). Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework. *International Journal of Accounting Information Systems*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2019.100433>
- Hungenberg, H. (2012). *Strategisches Management in Unternehmen: Ziele - Prozesse - Verfahren* (7. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-3841-1>

- IEEE Corporate Advisory Group. (2017). *2755-2017 - IEEE Guide for Terms and Concepts in Intelligent Process Automation*. Zugriff am 16. August 2025, verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8070671>
- Institute for Robotic Process Automation. (2019). *What is Robotic Process Automation?* Zugriff am 14. April 2022, verfügbar unter <https://irpaa.com/what-is-robotic-process-automation/>
- International Organization for Standardization. (2025). *What is artificial intelligence (AI)?* Zugriff am 13. August 2025, verfügbar unter <https://www.iso.org/artificial-intelligence/what-is-ai>
- Janvier-James, A. M. (2011). A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective. *International Business Research*, 5(1), 194–207. <https://doi.org/10.5539/ibr.v5n1p194>
- Järvinen, P. (2007). Action Research is Similar to Design Science. *Quality & Quantity*, 41(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11135-005-5427-1>
- Krebsbach, H. (2024). *What is PLM? Product lifecycle management explained*. Zugriff am 5. Januar 2026, verfügbar unter <https://www.atlassian.com/agile/product-management/plm>
- Kreuzwieser, S., Kimmig, A. & Ovtcharova, J. (2021). Robotic Process Automation: A Case Study in Quality Management at Mercedes-Benz AG. *American Journal of Intelligent Systems*, 11(1), 8–13.
- Lacity, M. & Willcocks, L. P. (2016). Robotic process automation at Telefonica O2. *MIS Quarterly Executive*, 15(1), 21–35.
- Lacity, M. C. & Willcocks, L. P. (2016). A new approach to automating services. *MIT Sloan Management Review*, 58(1), 41–49.
- Langmann, C. & Turi, D. (2020). *Robotic Process Automation (RPA) - Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen: Voraussetzungen, Funktionsweise und Implementierung am Beispiel des Controllings und Rechnungswesens*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28299-8>
- Leimeister, J. M. (2015). *Einführung in die Wirtschaftsinformatik* (12. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg. <https://permalink.obvsg.at/AC11780275>
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-77847-9>
- Leshob, A., Bourgoïn, A. & Renard, L. (2018). Towards a Process Analysis Approach to Adopt Robotic Process Automation. *IEEE 15th International Conference on*

- e-Business Engineering (ICEBE)*, 46–53.
<https://doi.org/10.1109/ICEBE.2018.00018>
- Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S. & Kiela, D. (2020). *Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.11401>
- Masterman, T., Besen, S., Sawtell, M. & Chao, A. (2024). *The Landscape of Emerging AI Agent Architectures for Reasoning, Planning, and Tool Calling: A Survey*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.11584>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N. & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence*. Zugriff am 13. August 2025, verfügbar unter <https://raysolomonoff.com/dartmouth/boxa/dart564props.pdf>
- McNiff, J. (2003). *Action research: Principles and practice* (2. Aufl.). Routledge Falmer.
- Memon, J., Sami, M., Khan, R. A. & Uddin, M. (2020). Handwritten Optical Character Recognition (OCR): A Comprehensive Systematic Literature Review (SLR). *IEEE Access*, 8, 142642–142668. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012542>
- Mendling, J., Decker, G., Hull, R., Reijers, H. A. & Weber, I. (2018). How do Machine Learning, Robotic Process Automation, and Blockchains Affect the Human Factor in Business Process Management? *Communications of the Association for Information Systems*, 43(1), 297–320. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04319>
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D. & Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Merriam-Webster. (2024). *Merriam-Webster Dictionary*. Zugriff am 3. März 2024, verfügbar unter <https://www.merriam-webster.com/dictionary/process>
- Merriam-Webster. (2025). *Merriam-Webster Dictionary*. Zugriff am 3. März 2025, verfügbar unter <https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial%20intelligence>

- Meziane, F. & Rezgui, Y. (2004). A document management methodology based on similarity contents. *Information Sciences*, 158(1), 15–36.
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2003.08.009>
- Ming, X. G., Yan, J. Q., Wang, X. H., Li, S. N., Lu, W. F., Peng, Q. J. & Ma, Y. S. (2008). Collaborative process planning and manufacturing in product lifecycle management. *Computers in Industry*, 59(2-3), 154–166.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.06.012>
- Moffitt, K. C., Rozario, A. M. & Vasarhelyi, M. A. (2018). Robotic Process Automation for Auditing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.2308/jeta-10589>
- Mont, O. (2002). Clarifying the concept of product-service system. *Journal of Cleaner Production*, 10(3), 237–245. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00039-7)
- Mori, S., Suen, C. Y. & Yamamoto, K. (1992). Historical review of OCR research and development. *Proceedings of the IEEE*, 80(7), 1029–1058.
<https://doi.org/10.1109/5.156468>
- Office of the Federal Register. (2025). *Definitions: Electronic Code of Federal Regulations (eCFR)*. Zugriff am 18. November 2025, verfügbar unter https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-H/part-820/subpart-A/section-820.3?utm_source=chatgpt.com
- OpenIAP. (2025). *OpenRPA*. Zugriff am 11. August 2025, verfügbar unter <https://openrpa.dk/openrpa>
- Oracle. (2025). *Product Lifecycle Management*. Zugriff am 30. Juli 2025, verfügbar unter <https://www.oracle.com/de/scm/product-lifecycle-management/>
- Ovtcharova, J., Kreuzwieser, S. & Elstermann, M. (2025). *Vorlesung: Product Lifecycle Management*. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. & Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- PLM Technology Guide. (2025). *What is PLM?* Zugriff am 8. Juli 2025, verfügbar unter <https://plmtechnologyguide.com/what-is-plm/>

- Pohl, K. & Rupp, C. (2015). *Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung zum "Certified Professional for Requirements Engineering: Foundation Level nach IREB-Standard* (4. Aufl.). dpunkt.verlag.
- pwc. (2020). *Robotic Process Automation (RPA) in der DACH-Region: Analyse mit Blick auf Finance & Accounting*. Zugriff am 12. Mai 2025, verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/rechnungslegung/robotic-process-automation-rpa-in-der-dach-region.pdf>
- Räckers, M., Halsbenning, S., Rätz, D., Richter, D. & Schweighofer, E. (Hrsg.). (2019). *GI-Edition lecture notes in informatics proceedings: Bd. 291. Digitalisierung von Staat und Verwaltung*. Gesellschaft für Informatik e.V.
- Rangan, R. M., Rohde, S. M., Peak, R., Chadha, B. & Bliznakov, P. (2005). Streamlining Product Lifecycle Processes: A Survey of Product Lifecycle Management Implementations, Directions, and Challenges. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 5(3), 227–237.
<https://doi.org/10.1115/1.2031270>
- Richter-von Hagen, C. & Stucky, W. (2004). *Business-Process- und Workflow-Management: Prozessverbesserung durch Prozess-Management* (1. Aufl.). Teubner Reihe Wirtschaftsinformatik. Vieweg+Teubner Verlag.
- Riesener, M., Kuhn, M., Lender, B. & Schuh, G. (2022). Methodology for Automated Master Data Management using Artificial Intelligence. *IEEE International Conference 2022*, 1276–1280. <https://doi.org/10.1109/IEEM55944.2022.9989629>
- Romao, M., Costa, J. & Costa, C. J. (2019). Robotic Process Automation: A Case Study in the Banking Industry. *14th Iberian Conference 2019*, 1–6.
<https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760733>
- Salesforce. (2024). *Was ist Order to Cash?* Zugriff am 7. Dezember 2024, verfügbar unter <https://www.salesforce.com/de/sales/cpq/was-ist-order-to-cash/#cash>
- Santos, F., Pereira, R. & Vasconcelos, J. B. (2020). Toward robotic process automation implementation: an end-to-end perspective. *Business Process Management Journal*, 26(2), 405–420. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2018-0380>
- SAP. (2022). *SAP Is a Leader in the 2022 Gartner® Magic Quadrant™ for Cloud ERP for Product-Centric Enterprises*. Zugriff am 14. Juli 2025, verfügbar unter <https://news.sap.com/2022/09/magic-quadrant-cloud-erp-for-product-centric-enterprises-sap-a-leader/>

- SAP. (2025). *What is a manufacturing execution system (MES)?* Zugriff am 13. Juli 2025, verfügbar unter https://www.sap.com/products/scm/digital-manufacturing/what-is-mes.html?utm_source=chatgpt.com
- Sarferaz, S. (2023). *ERP-Software: Funktionalität und Konzepte: Basierend auf SAP S/4HANA* (1. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40499-4>
- Schreyögg, G. (1999). *Organisation: Grundlagen moderner Organisationsgestaltung ; mit Fallstudien* (3. Aufl.). Gabler.
- Schuh, G., Rozenfeld, H., Assmus, D. & Zancul, E. (2008). Process oriented framework to support PLM implementation. *Computers in Industry*, 59(2-3), 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.06.015>
- Schuler, J. & Gehring, F. (2018). Implementing Robust and Low-Maintenance Robotic Process Automation (RPA) Solutions in Large Organisations. *SSRN Electronic Journal*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3298036>
- Seasongood, S. (2016). A case for robotics in accounting and finance. *Financial Executive*, 32, 31–39.
- Shi, C., Yang, H., Cai, D., Zhang, Z., Wang, Y., Yang, Y. & Lam, W. (2024). *A Thorough Examination of Decoding Methods in the Era of LLMs*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.06925>
- Siemens. (2025). *Product Lifecycle Management-Software*. Zugriff am 11. März 2025, verfügbar unter <https://www.sw.siemens.com/de-DE/solutions/product-lifecycle-management-plm/>
- Sprague, R. H. (1995). Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. *MIS Quarterly*, 19(1), 29–49. <https://doi.org/10.2307/249710>
- Stark, J. (2024). *Product lifecycle management: 21st century paradigm for product realisation* (5. Aufl.). *Decision Engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53521-5>
- Statista. (2024). *Welche Geschäftsrisiken sehen Sie für Ihre Unternehmen innerhalb der nächsten Monate?* Zugriff am 11. April 2025, verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1290347/umfrage/geschaeftsrisiken-fuer-die-deutsche-industrie/>

- Staud, J. (2001). *Geschäftsprozessanalyse: Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für Betriebswirtschaftliche Standardsoftware* (2. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-07468-8>
- Syed, R., Suriadi, S., Adams, M., Bandara, W., Leemans, S. J., Ouyang, C., Hofstede, A. H. ter, van de Weerd, I., Wynn, M. T. & Reijers, H. A. (2020). Robotic Process Automation: Contemporary themes and challenges. *Computers in Industry*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103162>
- Talwar, R. (1993). Business re-engineering—a strategy-driven approach. *Long Range Planning*, 26(6), 22–40. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(93\)90204-S](https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90204-S)
- UiPath. (2025). *Studio-Benutzerhandbuch*. Zugriff am 6. November 2025, verfügbar unter <https://docs.uipath.com/de/studio/standalone/2022.10/user-guide/hardware-and-software-requirements>
- van der Aalst, W. M. P. (2005). Business alignment: using process mining as a tool for Delta analysis and conformance testing. *Requirements Engineering*, 10(3), 198–211. <https://doi.org/10.1007/s00766-005-0001-x>
- van der Aalst, W. M. P., Bichler, M. & Heinzl, A. (2018). Robotic Process Automation. *Business & Information Systems Engineering*, 60(4), 269–272.
<https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4>
- van Looy, A., Backer, M. de & Poels, G. (2011). Defining business process maturity. A journey towards excellence. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(11), 1119–1137. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.624779>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L. & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. (2025). Zugriff am 11. September 2025, verfügbar unter www.vdma.eu
- vom Brocke, J., Hevner, A. R. & Mädche, A. (Hrsg.). (2020). *Design Science Research. Cases* (1. Aufl.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4>
- W24 Service GmbH. (2025). *KI-Betriebssystem für Fertigungszeichnungen*. Zugriff am 12. Januar 2026, verfügbar unter <https://werk24.io/?lang=de>

- Wannenwetsch, H. H. & Nicolai, S. (2004). *E-Supply-Chain-Management: Grundlagen — Strategien — Praxisanwendungen*. Gabler Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-322-82873-6>
- Wanner, J., Hofmann, A., Fischer, M., Imgrund, F., Christian, J. & Jerome, G. K. (2019). Process Selection in RPA Projects – Towards a Quantifiable Method of Decision Making. *Fortieth International Conference on Information Systems*.
- Webster, J. & Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2).
- Whitley, B. E. & Kite, M. E. (2012). *Principles of Research in Behavioral Science* (3. Aufl.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203085219>
- Wirtschaftslexikon. (2024). *Wirtschaftslexikon24*. Zugriff am 14. Januar 2025, verfügbar unter <https://www.wirtschaftslexikon24.com/e/unterst%C3%BCtzungsprozess/unterst%C3%BCtzungsprozess.htm>
- Yen, D. C., Chou, D. C. & Chang, J. (2002). A synergic analysis for Web-based enterprise resources planning systems. *Computer Standards & Interfaces*, 24(4), 337–346. [https://doi.org/10.1016/S0920-5489\(01\)00105-2](https://doi.org/10.1016/S0920-5489(01)00105-2)
- Zairi, M. (1997). Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness. *Business Process Management Journal*, 3(1), 64–80.
<https://doi.org/10.1108/14637159710161585>

Publikationsliste

Peng, J., Kreuzwieser, S., Wang, D., Kimmig, A., Fan, Z., Li, J., & Ovtcharova, J. (2025). A novel contrastive learning framework for multi-parameter optimization in 3D printing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 161, 112209.

Peng, J., Kimmig, A., Kreuzwieser, S., Niu, Z., Tao, X., & Ovtcharova, J. (2025). 3D modeling from a single image via a novel dual-decoder framework for Agile design. *Computers in Industry*, 169, 104303.

Greif, L., Hübschle, N., Kimmig, A., Kreuzwieser, S., Martenne, A., & Ovtcharova, J. (2025). Structured sampling strategies in Bayesian optimization: evaluation in mathematical and real-world scenarios. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-31.

Mukherjee, A., Karande, A., Häfner, P., Poonia, M. D., Kimmig, A., Kreuzwieser, S., ... & Grethler, M. (2025). A LLM-based voice user interface for voice dialogues between user and industrial machines. *Procedia CIRP*, 134, 378-383.

Kreuzwieser, S., Mayer, A., Elstermann, M., & Ovtcharova, J. (2024). Collaboration, Artificial Intelligence and Augmented Reality Enable Purchasing X. 0. In *Digitalization in Procurement* (pp. 265-282). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bönsch, J., Greif, L., Hauck, S., Kreuzwieser, S., Mayer, A., Michels, F. L., & Ovtcharova, J. (2024). Virtual Engineering: Hands-on Integration of Product Lifecycle Management, Computer-Aided Design, eXtended Reality, and Artificial Intelligence in Engineering Education. *Chemie Ingenieur Technik*, 96(11), 1460-1474.

Peng, J., Wang, D., Kreuzwieser, S., Kimmig, A., Tao, X., Wang, L., & Ovtcharova, J. (2024). Product quality recognition and its industrial application based on lightweight machine learning. *Engineering Optimization*, 56(12), 2242-2267.

Peng, J., Kreuzwieser, S., Wang, D., Kimmig, A., Fan, Z., Li, J., & Ovtcharova, J. (2025). A novel contrastive learning framework for multi-parameter optimization in 3D printing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *161*, 112209.

Kreuzwieser, S., Mayer, A., Elstermann, M., & Ovtcharova, J. (2023). Kollaboration, künstliche Intelligenz und erweiterte Realität ermöglichen den Einkauf X. 0. In *Digitalisierung im Einkauf* (pp. 267-285). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bongard, S., Schröder, S., & Kreuzwieser, S. (2023). Das DIPO-Tool zur Wirtschaftlichkeitsanalyse des Einsatzes alternativer Antriebstechnologien in der Logistik. In *Towards the New Normal in Mobility: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte* (pp. 97-119). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kreuzwieser, S., Kimmig, A., Michels, F., Bulander, R., Häfner, V., Bönsch, J., & Ovtcharova, J. (2023). Human-machine-interaction in innovative work environment 4.0— a human-centered approach. In *New digital work: Digital sovereignty at the workplace* (pp. 68-86). Cham: Springer International Publishing.

Kreuzwieser, S., Philippeit, U., Vödisch, J., Kimmig, A., Ovtcharova, J., & Bulander, R. (2023). *Robotic Process Automation: Automatisierung von Geschäftsprozessen im Qualitätsmanagement. QZ Qualität und Zuverlässigkeit*, *68*(1), 20–23. <https://www.qz-online.de/a/fachartikel/robotic-process-automation-3246843>

Bulander, R., Kreuzwieser, S., Kimmig, A., Kölmel, B., & Ovtcharova, J. (2022). Robotic Process Automation und Künstliche Intelligenz: Aktuelle und zukünftige Potenziale von RPA und KI. *ERP Management* *18*, Seiten-44.

Kreuzwieser, S., Kimmig, A., & Ovtcharova, J. (2021). Robotic process automation: a case study in quality management at Mercedes-Benz AG. *Am. J. Intell. Syst.*, *11*, 8-13.

Anhang

Anhang 1:

Regelbasiertheit

Bewertet, in welchem Maße der Prozess durch klare Regeln/Wenn-Dann-Logiken abbildbar ist.

- 1: Subjektive Entscheidungen; sehr viele unklare Einzelfallentscheidungen
- 2: Teils regelbasiert; viele unklare Einzelfallentscheidungen
- 3: Mischung aus Regeln und Einzelfällen; Regeln vorhanden, aber lückenhaft
- 4: Weitgehend regelbasiert; Entscheidungen meist klar ableitbar
- 5: Vollständig regelbasiert; klare Kriterien und deterministische Entscheidungen

Standardisierung

Bewertet, in welchem Maße ein Prozess einem festgelegten und dokumentierten Ablauf folgt. Eine hohe Ausprägung zeigt zudem geringe Varianz zwischen den durchzuführenden Personen sowie konsistente Bearbeitung.

- 1: Kein dokumentierter Standardablauf; Ausführung stark uneinheitlich
- 2: Einzelne Elemente/Schritte dokumentiert; Ausführung überwiegend uneinheitlich
- 3: Teilweise dokumentierter Standardablauf; Ausführung teilweise einheitlich
- 4: Weitgehend dokumentierter Standardablauf; Ausführung überwiegend einheitlich
- 5: Vollständig dokumentierter Standardablauf; Ausführung stets einheitlich

Erwartete Zeiteinsparung

Bewertet das realistische Einsparpotenzial (z. B. Stunden/Monat) durch die Automatisierung.

- 1: Keine relevante Entlastung; kein Nutzen
- 2: Geringe Entlastung; Nutzen nur in einzelnen Fällen sichtbar
- 3: Mittlere Entlastung; Nutzen regelmäßig erkennbar
- 4: Hohe Entlastung; Nutzen deutlich erkennbar
- 5: Sehr hohe Entlastung; Nutzen sehr deutlich erkennbar

Zukünftiges Prozessvolumen

Bewertet, wie viele Fälle/Instanzen künftig bearbeitet werden müssen.

- 1:** Stark abnehmend (Prozess verliert deutlich an Volumen)
- 2:** Abnehmend (Prozess verliert an Volumen)
- 3:** Konstant (Volumen bleibt voraussichtlich stabil)
- 4:** Zunehmend (moderates Wachstum des Volumens erwartet)
- 5:** Stark zunehmend (deutliches Wachstum / Skalierung absehbar)

Komplexitätsgrad

Bewertet die Anzahl der Schritte und die durchzuführenden Kalkulationen.

- 1:** Sehr viele Schritte und/oder sehr komplexe Kalkulationen (mehrstufig, viele Abhängigkeiten/Variablen, häufige Sonderlogiken)
- 2:** Viele Schritte und/oder komplexe Kalkulationen (mehrere Regeln, wiederkehrende Sonderfälle)
- 3:** Mittlere Schrittzahl und Komplexität (überschaubare Regeln, vereinzelte Kalkulationen)
- 4:** Wenige Schritte und einfache Kalkulationen (klare Formeln)
- 5:** Sehr wenige Schritte und sehr einfache oder keine Kalkulationen

Anzahl Applikationen

Bewertet, wie viele Systeme für die Ausführung des Prozesses notwendig sind.

- 1:** Mehr als fünf Applikationen/Systeme
- 2:** Vier oder fünf Applikationen/Systeme
- 3:** Drei Applikationen/Systeme
- 4:** Zwei Applikationen/Systeme
- 5:** Eine Applikation/System

Anzahl Entscheidungspunkte

Bewertet, wie viele Entscheidungspunkte während des Prozesses auftreten.

- 1:** Sehr viele Entscheidungspunkte mit komplexen Bedingungen
- 2:** Viele Entscheidungspunkte mit komplexen Bedingungen
- 3:** Mittlere Anzahl an Entscheidungspunkten mit einfachen/komplexen Bedingungen
- 4:** Wenige Entscheidungspunkte mit einfachen Bedingungen
- 5:** Keine bzw. nahezu keine Entscheidungspunkte mit einfachen Bedingungen

Anzahl manueller Eingriffe

Bewertet, wie häufig ein manuelles Eingreifen bei der Prozessausführung erforderlich ist.

- 1:** Sehr viele manuelle Eingriffe/Prüfungen erforderlich
- 2:** Viele manuelle Eingriffe/Prüfungen
- 3:** Mittlere Anzahl manueller Eingriffe/Prüfungen
- 4:** Wenige manuelle Eingriffe/Prüfungen
- 5:** Keine manuellen Eingriffe/Prüfungen notwendig

Anzahl verwendeter Sprachen

Bewertet, wie viele Sprachen für die Prozessausführung erforderlich sind.

- 1:** Mehr als fünf Sprachen erforderlich
- 2:** Vier bis fünf Sprachen
- 3:** Drei Sprachen
- 4:** Zwei Sprachen
- 5:** Eine Sprache

Anzahl Ausnahmen

Bewertet, wie häufig Ausnahmen bzw. Sonderfälle im Prozess auftreten, die vom Standardablauf abweichen und dort nicht definiert sind.

- 1: Sehr viele Ausnahmen/Sonderfälle; häufige Abweichungen vom Standardablauf
- 2: Viele Ausnahmen/Sonderfälle; regelmäßige Abweichungen vom Standardablauf
- 3: Mittlerer Anteil an Ausnahmen; gelegentliche Abweichungen vom Standardablauf
- 4: Wenige Ausnahmen; kaum Abweichungen vom Standardablauf
- 5: Keine Ausnahmen; Fälle folgen immer dem Standardablauf

Standardisierte Datentypen

Bewertet, wie strukturiert die Daten bei der Prozessausführung sind.

- 1: Überwiegend unstrukturierte Daten (Freitext, Scans ohne feste Struktur)
- 2: Teilweise strukturiert, aber viele unstrukturierte Daten
- 3: Mischung aus strukturierten und unstrukturierten Daten
- 4: Überwiegend strukturierte Daten und wenige unstrukturierte Bestandteile
- 5: Vollständig strukturierte/standardisierte Daten (z. B. CSV, XML, feste Maskenfelder)

Ausprägung Sicherheitsrisiko

Bewertet, wie hoch das Sicherheitsrisiko durch eine Automatisierung ist.

- 1: Sehr hohes Sicherheitsrisiko; hochsensible Daten/Transaktionen
- 2: Hohes Risiko; sensible Daten
- 3: Mittleres Risiko; mäßig sensible Daten
- 4: Geringes Risiko; wenige sensible Daten
- 5: Sehr geringes Risiko; keine sensiblen Daten bzw. minimaler Schutzbedarf

Anhang 2:

Prozesse (U-1)	Teileanlage	Neutraldaten
Gewichteter Punktwert	101	99
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)		
Regelbasiertheit	5	5
Standardisierung*	4	5
Erwartete Zeiteinsparung	5	5
Zukünftiges Prozessvolumen	5	1
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)		
Komplexitätsgrad	3	4
Anzahl Applikationen	2	5
Anzahl Entscheidungspunkte	4	4
Anzahl manueller Eingriffe	4	4
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)		
Anzahl verwendeter Sprachen	5	5
Anzahl Ausnahmen	4	4
Standardisierte Datentypen*	5	5
Ausprägungen Sicherheitsrisiko	4	3

Teileanlage:

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Monat	71
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Monat	5
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	80
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50
Kosteneinsparung C_p	€ pro Monat	5.430
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,38

Neutraldaten:

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Durchlauf	33.333
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Durchlauf	24
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	30
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50
Kosteneinsparung C_p	€ pro Durchlauf	998.790
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	16,01

Anhang 3:

Paarweiser Vergleich

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Summe	%
K1		2	2	2	2	2	2	12	28,6%
K2	0		0	1	1	2	2	6	14,3%
K3	0	2		2	2	2	2	10	23,8%
K4	0	1	0		1	1	1	4	9,5%
K5	0	1	0	1		2	1	5	11,9%
K6	0	0	0	1	0		1	2	4,8%
K7	0	0	0	1	1	1		3	7,1%
								42	100%

Kriterien	Gewichtung	UiPath		OpenRPA	
		Rating	Wert	Rating	Wert
K1	28,6%	5	1,43	4	1,14
K2	14,3%	4	0,57	4	0,57
K3	23,8%	0	0,00	5	1,19
K4	9,5%	4	0,38	4	0,38
K5	11,9%	4	0,48	4	0,48
K6	4,8%	5	0,24	3	0,14
K7	7,1%	5	0,36	2	0,14
	100%	27,00	3,45	26,00	4,05

Anhang 4:

Prozesse (U-2)	Auftragsverarbeitung
Gewichteter Punktwert	94
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)	
Regelbasiertheit	5
Standardisierung*	4
Erwartete Zeiteinsparung	4
Zukünftiges Prozessvolumen	4
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)	
Komplexitätsgrad	4
Anzahl Applikationen	4
Anzahl Entscheidungspunkte	3
Anzahl manueller Eingriffe	3
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)	
Anzahl verwendeter Sprachen	4
Anzahl Ausnahmen	4
Standardisierte Datentypen*	4
Ausprägungen Sicherheitsrisiko	3

Auftragsverarbeitung:

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Monat	70
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Monat	2
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	90
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	60
Kosteneinsparung C_p	€ pro Monat	6.180
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,39

Anhang 5:

Prozesse (PS-1)	Kostenauswertung
Gewichteter Punktwert	100
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)	
Regelbasiertheit	5
Standardisierung	5
Erwartete Zeiteinsparung	3
Zukünftiges Prozessvolumen	4
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)	
Komplexitätsgrad	4
Anzahl Applikationen	4
Anzahl Entscheidungspunkte	4
Anzahl manueller Eingriffe	4
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)	
Anzahl verwendeter Sprachen	5
Anzahl Ausnahmen	4
Standardisierte Datentypen	4
Ausprägungen Sicherheitsrisiko	4

Kostenauswertung:

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Monat	20
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Monat	1
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	90
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	60
Kosteneinsparung C_p	€ pro Monat	1.740
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,11

Anhang 6:

Prozesse (PS-2)	Altaktenablage
Gewichteter Punktwert	100
Minimalkriterien (3-faches-Gewicht)	
Regelbasiertheit	5
Standardisierung	5
Erwartete Zeiteinsparung	3
Zukünftiges Prozessvolumen	4
Zusatzkriterien (2-faches-Gewicht)	
Komplexitätsgrad	4
Anzahl Applikationen	5
Anzahl Entscheidungspunkte	3
Anzahl manueller Eingriffe	4
Sonderkriterien (1-faches-Gewicht)	
Anzahl verwendeter Sprachen	5
Anzahl Ausnahmen	4
Standardisierte Datentypen	4
Ausprägungen Sicherheitsrisiko	4

Altaktenablage:

Beschreibung	Einheit	Wert
Zeiteinsparung E_p	Stunden pro Durchlauf	183,33
Wartungsaufwand M_p	Stunden pro Durchlauf	1
Personalkostensatz c_p	€ pro Stunde	30
Wartungskostensatz c_m	€ pro Stunde	50
Kosteneinsparung C_p	€ pro Durchlauf	5.450
Kapazitätseinsparung CA_p	in VZÄ	0,09