

# Performanccsteigerung durch Automatisierung von Geschäftsprozessen

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August-Wilhelm Scheer

August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH (AWSi), Saarbrücken  
Scheer Holding GmbH, Scheer GmbH, Saarbrücken



85%

60%

CTMX	0.45	▲	+0.45%
FTR	-0.23	▼	-2.34%
CSCO	-1.01	▼	-1.89%
CHK	0.02	▲	+0.21%
AAPL	+2.58	▲	+0.37%
PFTO	-0.15	▼	-0.15%
AMZN	0.12	▲	+0.12%
TSLA	0.08	▲	+0.08%
AVGO	0.05	▲	+0.05%
SIRI	-0.65	▼	-0.65%

# Performancesteigerung durch Automatisierung von Geschäftsprozessen

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August-Wilhelm Scheer

**August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte  
und Prozesse gGmbH (AWSi), Saarbrücken  
Scheer Holding GmbH, Scheer GmbH, Saarbrücken**

1. Auflage September 2017

2. Auflage November 2017

**AWSi**  
August-Wilhelm Scheer Institut  
für digitale Produkte und Prozesse

**Verlag:**  
AWS-Institut für digitale Produkte  
und Prozesse gGmbH  
Uni Campus D 5 1  
66123 Saarbrücken/ Germany

# Inhaltsverzeichnis

<b>A. Geschäftsprozessorganisation als Nutzentreiber der IT .....</b>	<b>4</b>
<b>B. Automatisierungsstufe 1: Vom Prozessmodell zum Anwendungssystem .....</b>	<b>6</b>
I. Geschäftsprozessmodellierung .....	6
II. Modellgestütztes Customizing .....	7
III. Modellbasierte Softwaregenerierung .....	8
<b>C. Automatisierungsstufe 2: Process Mining.....</b>	<b>9</b>
I. Überblick .....	9
II. Logdatei .....	12
III. Generierung des Ist-Prozessmodells .....	14
IV. Vergleich Logdatei mit Prozessmodell.....	16
V. Vergleich generiertes Ist- mit Soll-Modell.....	18
VI. Verbesserung des Prozessmodells und des Prozessmanagements .....	19
VII. Würdigung des Process Mining.....	20
VIII. Process Mining Dashboard.....	21
<b>D. Automatisierungsstufe 3: Operational Performance Support.....</b>	<b>21</b>
I. Prozessplanung und -steuerung .....	23
II. Predictive Performance Support .....	24
III. Operational Support durch Realtime-Lernhilfen .....	26
<b>E. Automatisierungsstufe 4: Robotic Process Automation (RPA).....</b>	<b>28</b>
I. Überblick zu Robotic Process Automation (RPA) .....	29
II. Anwendungsgebiete und -fälle.....	31
III. Softwarefunktionen einfacher RPA-Anwendungen .....	35
IV. Intelligentes oder kognitives RPA.....	35
V. Steuerung von RPA-Projekten.....	38
<b>F. Scheer Innovation Netzwerk zur Geschäftsprozessautomatisierung .....</b>	<b>38</b>
Literaturverzeichnis .....	42

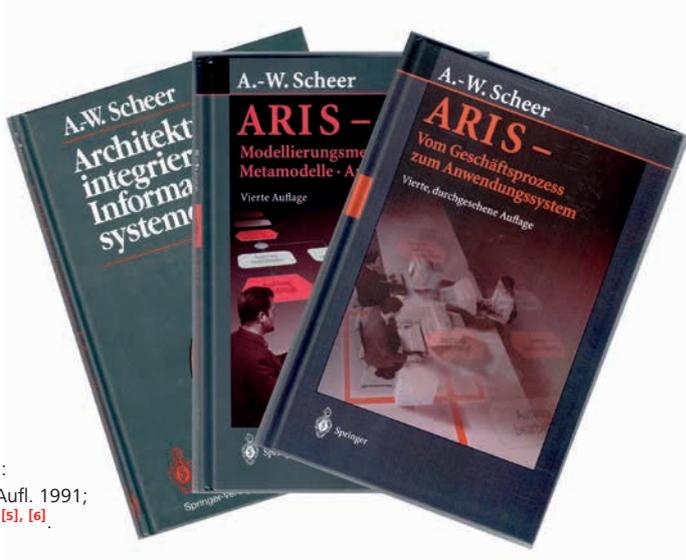


Abbildung A.01a:  
ARIS-Bücher; 1. Aufl. 1991;  
4. Aufl. 2002 [4], [5], [6].

### A. Geschäftsprozessorganisation als Nutzentreiber der IT

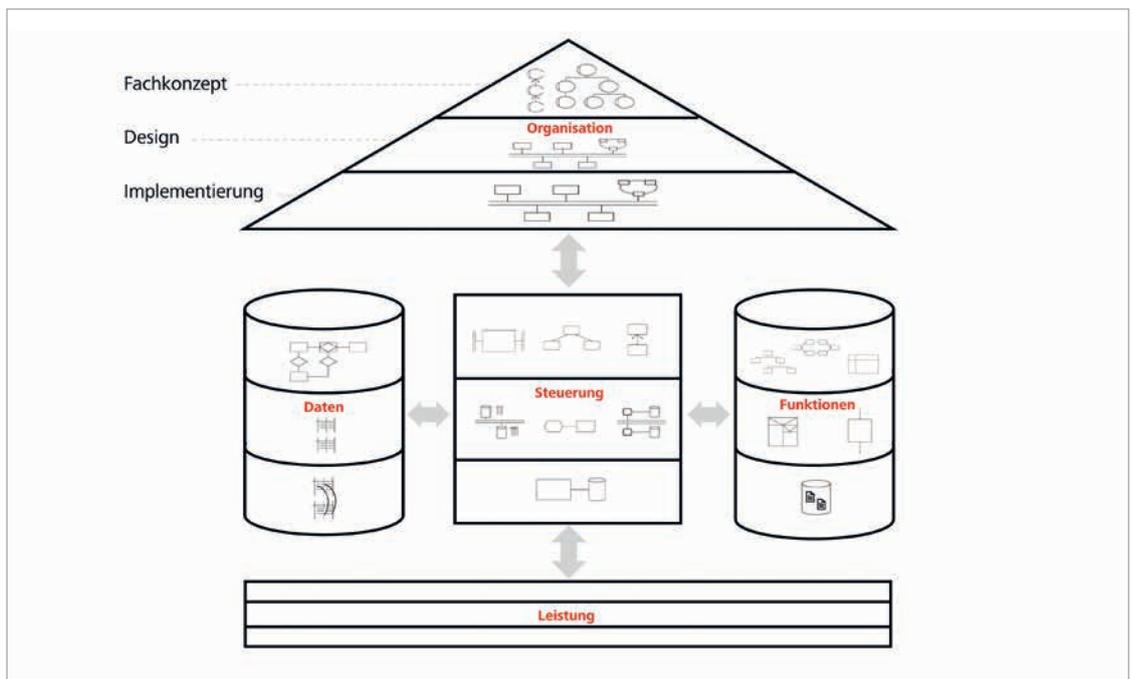
Die digitale Automatisierung von Geschäftsprozessen steht seit den 1990er Jahren im Zentrum organisatorischer Optimierungen. Ein Geschäftsprozess ist vereinfacht eine Folge von Funktionen zur Erzeugung eines Mehrwertes für eine Organisation und seine Kunden. Typische Beispiele sind die Kundenauftragsabwicklung oder die Produktentwicklung. Die Prozessorganisation, also die Gestaltung von Geschäftsprozessen von ihren Startereignissen bis zu ihren Abschlüssen (im Amerikanischen als „end to end“ bezeichnet), hat den Erfolg des IT-Einsatzes in Unternehmen begründet und das bis dahin bestehende IT-Paradoxon gelöst [1].

Dieses besagt, dass in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine negative Korrelation zwischen den Aufwänden für IT und der Produktivität beobachtet wurde. Der Grund dafür war, dass die bestehende funktionale Organisation beim Einsatz von IT nicht verändert wurde. Damit wurden zwar einzelne Funktionen unterstützt oder sogar automatisiert, aber es entstanden hohe Kosten für die Datenübertragung zwischen den Funktionen und redundante Datenhaltungen. Erst die ganzheitliche Unterstützung der Prozesse durch integrierte Datenbanken und darauf aufbauende ERP-Systeme ermöglichten ihre Verschlinkung, die Zusammenführung verschiedener Tätigkeiten an den Arbeitsplätzen sowie die Verringerung von Datenübertragungen und führten zur inzwischen dramatischen Produktivitätssteigerung.

Für die Einführung einer Prozessorganisation wurden High-Level-Ansätze entwickelt [2], in denen z. B. diskutiert wurde, ob ein radikaler Ansatz „auf der grünen Wiese“ verfolgt werden soll oder eher ein kontinuierliches Reengineering.

Zeitgleich wurden bei der Implementierung von IT-Systemen ebenfalls die Vorteile der Organisation von ganzheitlichen Prozessen erkannt. Dabei war der Begriff Prozess noch nicht gebräuchlich und wurde z. B. als Vorgangskette bezeichnet [3]. Dazu wurden konkrete Konzepte und Methoden zur Modellierung von Geschäftsprozessen entwickelt, die der Verfasser mit seinem weltweit angewendeten ARIS-Konzept und der darauf aufbauenden ARIS Software

Abbildung A.01b:  
ARIS-Konzept zur Modellierung von Geschäftsprozessen.



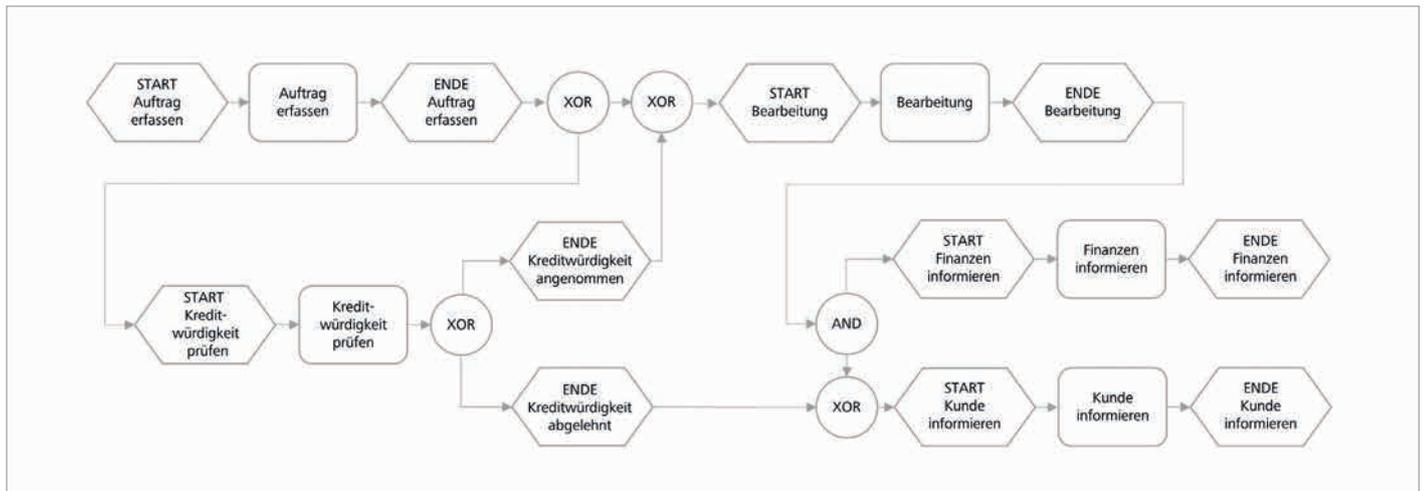


Abbildung A0.2:  
 Prozessmodell einer einfachen Auftragsbearbeitung.

mitgestalten konnte (Abb. A.01a) [4], [5], [6]. Die Abkürzung ARIS steht für Architektur integrierter Informationssysteme und betont den Integrationsgedanken als Voraussetzung für eine Prozessorganisation. Die ARIS-Software wurde unter Leitung des Verfassers von dem Unternehmen IDS Scheer AG mit dem Entwicklungsleiter Dr. Wolfram Jost entwickelt. Die erste Version erschien 1992 und wird nach dem Verkauf der IDS Scheer AG im Jahr 2009 nun von der Software AG weiterentwickelt.

Das ARIS-Konzept (vgl. Abb. A.01b) bildet einen Rahmen zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Ein Geschäftsprozess umfasst nach ARIS die Funktionen, die benötigten Daten, die beteiligten Organisationseinheiten und die erzeugten Leistungen (deliverables) sowie in der Steuerungssicht deren Beziehungen untereinander. Manchmal wird der Fluss der Funktionen (Kontrollfluss) bereits als eine verkürzte Bezeichnung für einen Prozess benutzt.

Durch ein IT-Lifecycle-Konzept werden die einzelnen Sichten des ARIS-Modells schrittweise von der organisatorisch-fachlichen Ebene über die Design-Phase in die IT-Implementierung umgesetzt.

Aus dem ARIS-Konzept hat sich in der Praxis zur fachlichen Modellierung von Geschäftsprozessen die grafische EPK- oder EPC-Notation (Ereignisgesteuerte Prozesskette bzw. Event Controlled Process Chain) zur Modellierung des Kontrollflusses durchgesetzt. Er wird um weitere Elemente des ARIS-Konzeptes wie Daten, Organisationseinheiten, IT-Systeme und Output ergänzt. In Abb. A.02 ist eine einfache Kundenauftragsbearbeitung als Prozessmodell dargestellt. Die Nomenklatur lehnt sich dabei an die ARIS-Modellierung an. Die Darstellung ist mit

der Formulierung aller Start- und Endereignisse sehr ausführlich gewählt, da das Beispiel später im Kapitel C. Process Mining weiter verwendet wird.

Die durch abgerundete Rechtecke angegebenen Funktionen transformieren Startereignisse in Ergebnisereignisse. Ereignisse sind durch logische Konnektoren (AND, OR oder XOR) verknüpft. Diese können sowohl für den Eingang als auch für den Ausgang eingesetzt werden. In Abb. A.02 ist lediglich der Kontrollfluss des Prozesses dargestellt. Falls Entscheidungen über Verzweigungen getroffen werden, so werden sie als Teil der vorangegangenen Funktion verstanden und nicht gesondert formuliert.

#### Es ergibt sich folgender Sachverhalt:

Die erste Funktion ist die Kundenauftragserfassung. Nach ihrer Bearbeitung schließt sich entweder eine Kreditwürdigkeitsprüfung des Kunden an oder es beginnt sofort die Auftragsbearbeitung. Dieses wird während der Auftragsfassung z. B. anhand der Auftragshöhe festgelegt. Beide Wege schließen sich gegenseitig aus (XOR). Bei negativem Prüfergebnis wird der Auftrag abgelehnt. Gleichzeitig (AND) wird der Kunde darüber informiert und der Prozess ist zu Ende. Bei positivem Prüfergebnis kann mit der Bearbeitung begonnen werden, ebenso, wenn der Auftragswert unter der Entscheidungsgrenze liegt. Beide Wege schließen sich wieder aus (XOR). Mit dem Ende der Bearbeitung werden Kunde und der Finanzbereich für die buchhalterische Verfolgung informiert. Das Modell umfasst alle möglichen Abläufe und stellt sie komprimiert und ohne Redundanzen in den Funktionen dar.

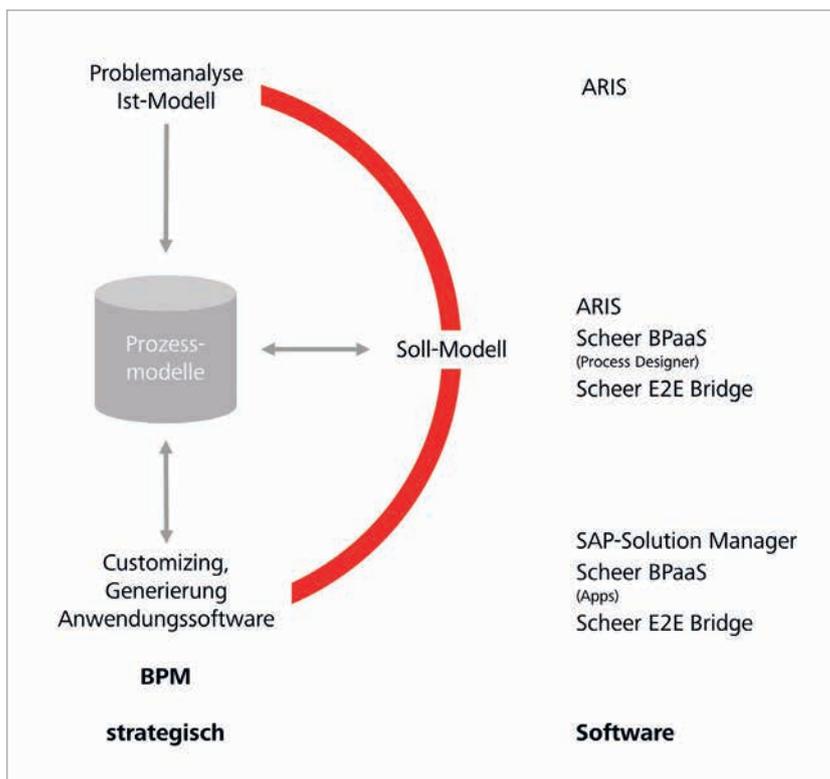


Abbildung B.01:  
Vom Prozessmodell zum  
Anwendungssystem.

Prozessmodelle bilden die Grundlage der digitalen Prozessautomatisierung, in dem sie menschliche Arbeitsleistung innerhalb der Modelle durch IT-Systeme ersetzen. Die Treiber der Automatisierung sind dabei vor allem die technische Weiterentwicklung der IT, insbesondere durch prozessorientierte Architekturen der Anwendungssoftware, sowie Big Data, Data mining, Cloud Computing und Hardware-Infrastruktur. Gleichzeitig werden Forschungsergebnisse zu Modellierungsmethoden, der Künstlichen Intelligenz und Dataming zunehmend in der Praxis der digitalen Geschäftsprozessorganisation umgesetzt.

Die Automatisierung entwickelte sich historisch in vier Stufen, denen die Gliederung der Kapitel dieser Arbeit folgt. Dies sind:

- ▶ Kapitel B: Vom Prozessmodell zum Anwendungssystem
- ▶ Kapitel C: Process Mining
- ▶ Kapitel D: Operational Performance Support
- ▶ Kapitel E: Robotic Process Automation

Ihr Stand und Trend werden im Folgenden erörtert und in das grafische Lifecycle-Modell einer Geschäftsprozessorganisation eingeordnet. Die Ausführungen werden durch Beispiele von Softwaresystemen ergänzt. Diese stammen insbesondere von Unternehmen aus dem

Einflussbereich des Verfassers, sodass er die Softwarekonzeptionen mit beeinflussen konnte. Das Konzept des Innovationsnetzwerks der Beteiligungsunternehmen des Verfassers wird im Kapitel F: Scheer Innovation Netzwerk zur Geschäftsprozessautomatisierung erläutert.

## B. Automatisierungsstufe 1: Vom Prozessmodell zum Anwendungssystem

Ziel der ersten Automatisierungsstufe ist die Einführung einer Prozessorganisation und deren Unterstützung durch eine prozessorientierte Anwendungssoftware (vgl. Abb. B.01). Dies wird als Business Process Management (BPM) bezeichnet.

Diese Phase hat in den 1990er Jahren begonnen und wird immer weiter verfeinert. Die Automatisierung durch die Anwendungssoftware umfasst neben der Ausführung einfacher Funktionen (buchen, berechnen, schreiben) vor allem die Steuerung des Kontrollflusses und die Steuerung des Datenflusses von Geschäftsprozessen.

Gleichzeitig wurden und werden Ansätze entwickelt, um von dem zu realisierenden Geschäftsprozessmodell (Soll-Modell) das Customizing der Standard-Anwendungssoftware zu unterstützen. Eine weitere Richtung besteht darin, aus einem Soll-Modell automatisch die Software, z. B. eines Workflow-Systems, zu generieren.

Auch werden die Analysephase und die Modellierung selbst durch Tools unterstützt und damit manuelle Funktionen automatisiert. Die Modelle der Geschäftsprozesse treiben den BPM-Ansatz. Die Modellversionen werden in einer Modelldatenbank gespeichert.

## I. Geschäftsprozessmodellierung

Ein BPM-Projekt beginnt i. d. R. mit dem strategischen Entschluss, eine Prozessorganisation einzuführen und dazu die Ist-Situation durch ein Prozessmodell abzubilden und zu analysieren. Ziel ist es, eine bessere Einsicht in die Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten der bestehenden Organisation zu erhalten. Die Modellierung sollte nicht zu aufwendig sein, da ja die Lösung anschließend verändert werden soll. Das Modell kann mit Hilfe eines Modellierungstools wie der ARIS-Software erstellt und in der Modelldatenbank gespeichert werden. Auch die Systeme Scheer BPaaS und Scheer E2E Bridge enthalten eine Modellierungskomponente.

Es stellt sich grundsätzlich bei einer Modellierung die Frage nach den Anforderungen an ein aussagefähiges Prozessmodell. Da diese Frage im Kapitel C. Process Mining formaler behandelt wird, sollen hier nur einige Plausibilitätsargumente genannt werden. Ein Modell soll grundsätzlich einfacher sein als die Wirklichkeit, diese gleichzeitig gut repräsentieren und nicht zu feingliedrig, aber auch nicht zu allgemein sein. Diese Anforderungen können durch halbformale Regeln unterstützt werden, werden aber von erfahrenen Modellierern auch intuitiv verfolgt.

Nach dem Ist-Modell wird ein detaillierteres Soll-Konzept entwickelt. Das Soll-Modell wird durch die Diskussion der Mängel der bestehenden Organisation (Ist-Modell) zunächst ohne Berücksichtigung einer einzuführenden Anwendungssoftware und anschließend unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der einzuführenden Software (z. B. ein ERP- oder CRM-System) erstellt. Dazu können ggf. Referenzmodelle der Softwareanbieter genutzt werden.

Das Soll-Modell ist eine Blaupause, nach der später die einzelnen Ausprägungen der Prozesse (Prozessinstanzen) ablaufen sollen. Das Modell beschreibt keine einzelnen realen Abläufe, sondern das erwünschte, ideale Prozessverhalten auf der Typebene. Den Funktionen zugeordnete Attributwerte wie Zeiten oder Kosten sind deshalb Durchschnittswerte.

Das Soll-Modell kann durch die Einstellung der Parameter von Standard-Software (Customizing) oder durch die direkte Generierung der Software in Anwendungssoftware umgesetzt werden.

## II. Modellgestütztes Customizing

Zum Customizing bieten Softwarehersteller Unterstützungen an, indem das Soll-Modell in ihre Customizing-Tools importiert wird und Grundlage der Parametrisierung wird. Insbesondere der Abgleich des Soll-Modells mit dem vom Hersteller dokumentierten Modell der Software ist sehr hilfreich. Damit wird die Konfiguration von Standardsoftware immer mehr automatisiert.

Anfang der 90er Jahre dokumentierten führende ERP-Anbieter ihre Software noch nicht durch Modelle. Der Verfasser hatte engen fachlichen Kontakt zu den Gründern der SAP AG und konnte diese nach zähen Diskussionen von der Nützlichkeit von Daten- und Prozessmodellen überzeugen. Ein Gegenargument war,

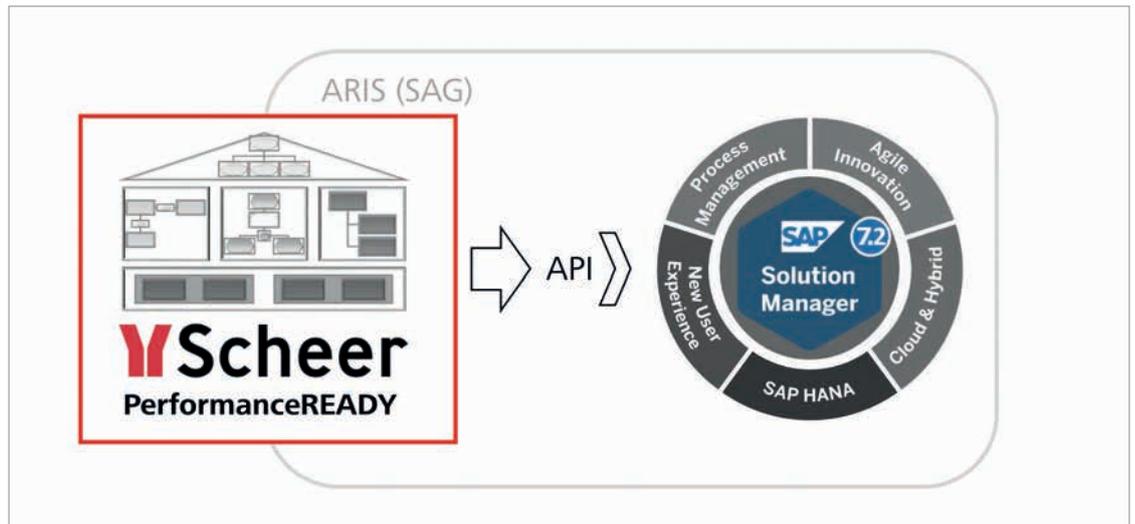
dass Konkurrenten die Modelle benutzen könnten, um die Software zu kopieren. Zum Schluss siegte aber die Einsicht, dass die Anwender eine inhaltliche Dokumentation der Software benötigen, um ihre Anforderungen abgleichen zu können. Gleichzeitig konnten sie sich an den Best-Practice-Inhalten der Modelle bei der Definition ihrer Anforderungen orientieren bzw. sogar von ihnen lernen.

Der Verfasser hatte zu der Zeit ein Datenmodell eines Industriebetriebes mit rund 300 Entity- und Relationships entwickelt<sup>[7]</sup> und später um Prozessmodelle ergänzt. Diese waren die Basis für die Zusammenarbeit mit der SAP AG. Bei der Modellierung des SAP-R3-Systems explodierten die Modelle aufgrund der hohen Variantenzahl von Datenobjekten und Prozessen zur vier- bis fünfstelligen Anzahl von Elementen. In dem Modell des Verfassers war z. B. nur ein Datenobjekt für den Typ „Kundenauftrag“ angelegt. Das SAP-System musste aber Varianten wie „Kundenauftrag Inland“, „Exportauftrag“, „Auftrag mit Abholung“ usw. verwalten. Die Einsatzbreite für viele Branchen und die Kombination der Varianten von Objekten führte dann zu einer hohen Vielfalt und Komplexität der Prozesse.

Die Customizing-Kopplung der Modelle mit der Software war zunächst noch nicht stringent. Es ging mehr darum, die grundsätzliche organisatorisch-inhaltliche Ausrichtung durch die Modelle zu erkennen. Insofern geht auch ein Argument von van der Aalst, dass über 20 % der Prozessmodelle der SAP „Fehler“ wie Deadlocks enthalten sollen und deshalb für den Anwender keinen Nutzen hätten, ins Leere<sup>[8]</sup>. Ein Deadlock liegt vor, wenn in einem Modell von einem Ereignis kein Weg zu einem definierten Endzustand des Prozesses führt. Dieses sind allerdings Spitzfindigkeiten, da dieses nicht bedeutet, dass auch die Software zu einem Deadlock führt und ob dieser vermeintliche „Fehler“ für das gesamte Prozessverständnis von Bedeutung ist. Vielmehr könnte der Abbruch eines Prozesszweiges gewollt sein.

Die Argumentation ist eher aus einem rein formalen Modellverständnis heraus zu verstehen und verkennt den disruptiven Fortschritt der Modellierung und des automatischen Customizings gegenüber der vorher bestehenden Dokumentation der Systeme durch textliche Beschreibungen in Benutzerhandbüchern. Gegenwärtig nimmt die Bedeutung der Modellierung zur Einführung von SAP-Software noch zu. Das

Abbildung B.02:  
Verbindung von ARIS-Software (Software AG) und der Scheer Referenzmodelle mit dem Solution Manager der SAP AG.



Implementierungswerkzeug „Solution Manager 7.2“ der SAP enthält selbst eine einfache Modellierungsmethode, besitzt aber vor allem eine offene Schnittstelle für fremde Modellierungswerkzeuge, an die sich auch die ARIS-Werkzeuge andocken können, um Modelle auszutauschen.

Dazu können in EPK-modellierte Prozessmodelle automatisch in die vom Solution Manager der SAP benutzte Beschreibungssprache BPMN transformiert werden. Die Scheer GmbH hat mit den ARIS-Produkten für mehrere Industrien Referenzmodelle entwickelt, die unter der Bezeichnung „Performance Ready“ von Kunden an ihre Bedürfnisse zu einem individuellen SAP-orientierten Soll-Modell angepasst werden und dann mit dem Solution Manager der SAP weiterverarbeitet werden (vgl. Abb. B.02). Beim Customizing können dann

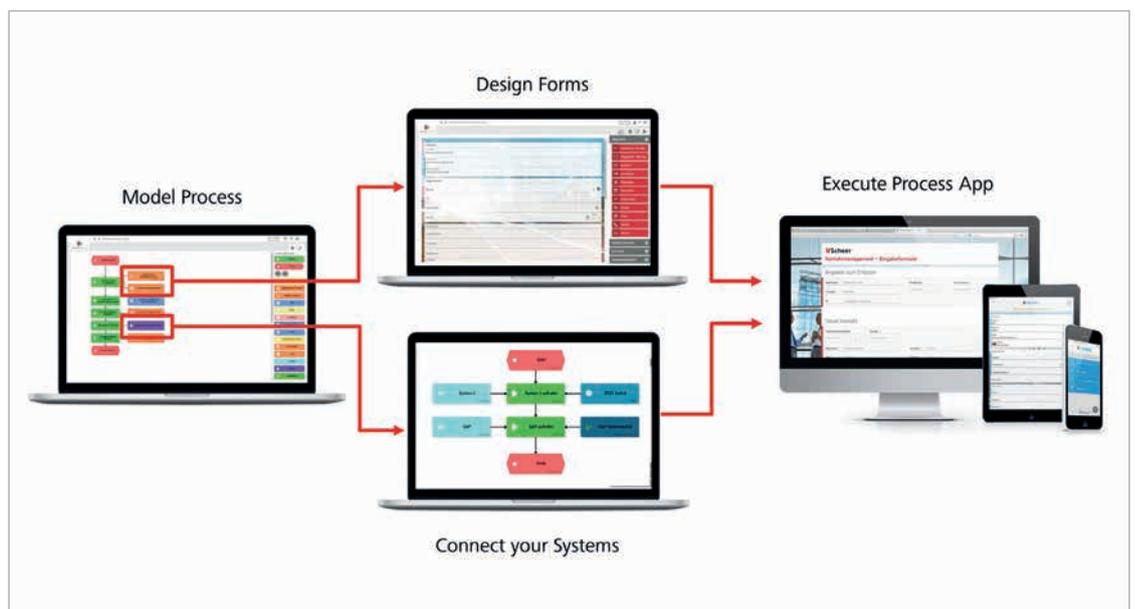
vom Soll-Modell die benötigten Teilprozesse der Software exakt identifiziert werden und Parameter für Entscheidungsregeln übernommen werden, so z.B. Wertgrenzen für die unterschiedliche Behandlung von Kundenaufträgen bezüglich der Kreditwürdigkeitsprüfung.

Die Scheer GmbH setzt diesen modellgetriebenen Ansatz erfolgreich in großen BPM- und SAP-Einführungsprojekten ein. Die Modellierung von Geschäftsprozessen ist heute zum Standard von BPM-Projekten und Grundlage der Dokumentation und des Customizing von Standard-Anwendungssoftware geworden.

### III. Modellbasierte Softwaregenerierung

Neben vorgefertigter Standard-Anwendungssoftware stehen heute Ansätze zur Verfügung, bei denen die Software automatisch aus einem Soll-Modell generiert wird. Diese Systeme

Abbildung B.03:  
Model driven Software Generation mit dem System Scheer BPaaS.



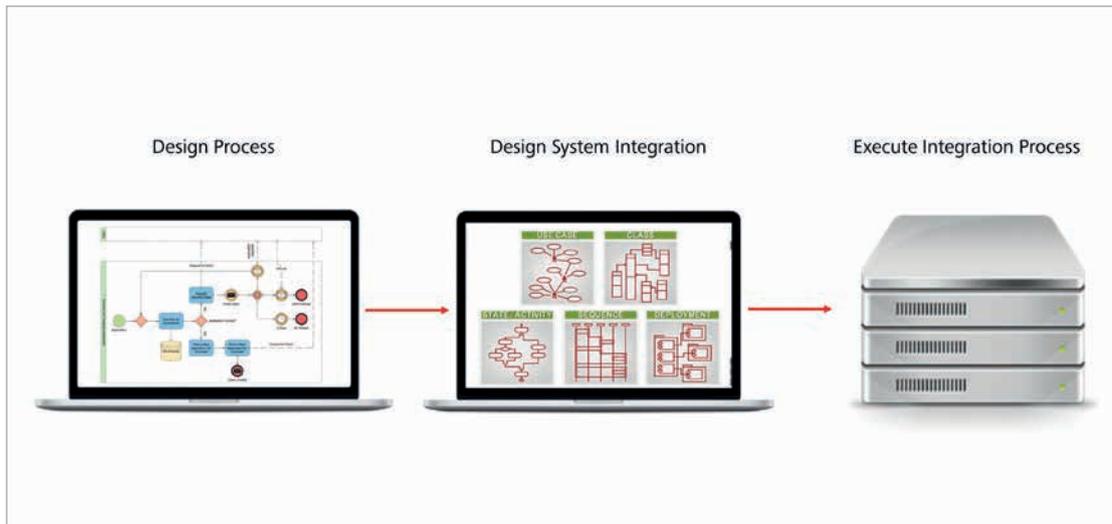


Abbildung B.04:  
Model driven Software-  
generation mit dem System  
„Scheer E2E Bridge“.

werden als BPMS (Business Process Management Systeme) bezeichnet. Sie bestehen i. d. R. aus einer Plattform mit Workflow-Funktionalität, einer Integrationskomponente zur Anbindung verschiedener Systeme, einer Runtime-Umgebung und einer Rule Engine. Das fachliche Soll-Modell wird dazu weiter verfeinert und um technische Aspekte ergänzt. Dazu haben sich erweiterte Modellierungskonzepte wie BPMN, BPEL und UML als industrielle Standards durchgesetzt. Die fachliche Beschreibung eines Geschäftsmodells mit Hilfe der ARIS-EPK-Methode kann dann automatisch in diese Konzepte transformiert und weiterverarbeitet werden.

Zu den BPMS gehören Workflow-Systeme, Dokumentenmanagementsysteme und umfassende Plattformsysteme wie Webmethods der Software AG oder Websphere von IBM. In den Unternehmen Scheer GmbH und Scheer E2E werden mit den Systemen Scheer BPaaS und der Scheer E2E Bridge eigene schlanke und hochintegrierte BPMS-Entwicklungen verfolgt.

Scheer BPaaS konzentriert sich auf die automatische App-Generierung aus Prozessmodellen, indem der Soll-Prozess modelliert wird, die gewünschten Ausgabeformate beschrieben werden, die Interfaces für die anzuschließenden externen Systeme erfasst werden und daraus Process-Apps generiert werden (vgl. Abb. B.03). Dieser Ansatz wird erfolgreich zur Generierung von Lösungen in Fachabteilungen eingesetzt, da keine oder nur geringe Programmieraufgaben anfallen.

Die Software „Scheer E2E Bridge“ generiert modellgetriebene Software zur Integration von Prozessen, insbesondere im E-Commerce-Umfeld. Der Soll-Geschäftsprozess wird zunächst in

BPMN 2.0 modelliert und dann schrittweise durch UML-Modelle weiter verfeinert und mit technischen Angaben angereichert (vgl. Abb. B.04). Bei einer direktionalen Verbindung zwischen dem fachlichen Modell und der implementierten Lösung wird nicht nur bei Änderungen des fachlichen Inhalts automatisch die Software angepasst, sondern auch umgekehrt führt eine Softwareänderung automatisch zu einer Modellanpassung. Damit haben Modell und Software immer die gleiche Aktualität.

In beiden Fällen, dem Customizing eines Standard-Anwendungssystems oder der Generierung eines Systems mit einem BPMS steht am Ende ein ablauffähiges Anwendungssystem zur Verfügung und schließt den Halbkreis der Abb. B.01 des Business Process Managements.

Ein BPM-Projekt von der Ist-Analyse bis zum lauffähigen Anwendungssystem kann je nach Größe des Unternehmens und der Anzahl der zu reorganisierenden Teil-Geschäftsprozesse mehrere Monate bis zu mehreren Jahren umfassen und zeigt damit die Komplexität und strategische Bedeutung der Geschäftsprozessorganisation für Unternehmen. Das modellgetriebene Vorgehen hat sich dabei gut bewährt und trägt wesentlich zum großen Erfolg der BPMS- und ERP-Systeme bei.

## C. Automatisierungsstufe 2: Process Mining

### I. Überblick

Mit der Implementierung einer lauffähigen Prozesslösung ist der enge BPM-Ansatz von der Problemerkennung bis zum lauffertigen Anwendungssystem abgeschlossen. Aber erst die Ausführung der Prozesse zeigt, ob sich der



entwickeln. Process Mining kann Auskunft geben, ob bei der Prozessausführung Compliance-Regeln eingehalten oder verletzt werden, an welchen Stellen Kapazitätsengpässe entstehen, ob von vorgesehenen Kapazitätszuordnungen abgewichen wurde, wie sich Durchlaufzeiten und Qualität verhalten usw. Daraus automatisch Schlussfolgerungen zur Verbesserung der Prozesse zu ziehen, erfordert den Einsatz komplexer Methoden aus KI, insbesondere des Machine Learning. Das so angepasste Modell wird dann als neues Soll-Modell gespeichert. Die Anwendungssysteme erzeugen zusätzlich Ergebnisdaten, die in Abb. C.01 als Unternehmensdaten bezeichnet sind. Auch diese stehen im Rahmen von Business Intelligence (BI) und Data Mining für Auswertungen zur Verfügung.

Die Logdaten werden in periodischen Abständen, z. B. einmal pro Monat, oder im Streaming kontinuierlich analysiert. Treten gravierende Änderungen im Umfeld des Prozesses auf, die zu einer grundsätzlichen Überprüfung der Prozessstruktur Anlass geben, oder soll eine neue Anwendungssoftware eingeführt werden, kann der strategische BPM-Ansatz neu begonnen werden. Eine vielzitierte Architektur des Process Minings zeigt Abb. C.02. Sie stimmt weitgehend mit dem linken Teil der Abb. C.01 überein. Die wesentlichen Funktionen des Process Minings sind Discovery (Ist-Modell-Generierung), Conformance (Vergleich) und Enhancement (Erweiterung und Anpassung).

Die Ergänzung des BPM-Ansatzes um das Process Mining, insbesondere auch durch den

Einsatz von KI-Techniken, führt zu einer neuen Qualität des Prozessmanagements und wird deshalb als intelligent BPM (iBPM) bezeichnet. Das Process Mining wird gegenwärtig wissenschaftlich intensiv mit formalen Methoden bearbeitet (vgl. z. B. [8]).

Ziel dieser Forschungen ist es, das Process Mining durch Entwicklung komplexer Algorithmen nahezu vollständig zu automatisieren. Der Verzicht auf den Einsatz menschlichen Fachwissens führt aber z. T. zu einer überhöhten Komplexität der Algorithmen für Aufgaben, die ein erfahrener Prozessmanager intuitiv leicht und besser erledigen kann. Hier ist eine Kombination aus Automatik und Fachwissen sinnvoller. Auch fehlen den Wissenschaftlern häufig tiefere praktische Erfahrungen mit marktgängigen Systemen.

Dieses belegt die wissenschaftliche Process-Mining-Literatur, die erst Arbeiten ab dem Jahr 2000 erfasst. Unter Leitung des Verfassers wurde dagegen bereits Anfang der 90er Jahre von der damaligen IDS Scheer AG mit Dr. Helge Hess das System ARIS PPM (Process Performance Manager) als eines der ersten Process-Mining-Softwareprodukte entwickelt und seitdem international erfolgreich eingesetzt.

Inzwischen gibt es ein immer breiteres Angebot kommerzieller Softwaresysteme zum Process Mining. In der Wissenschaft dominiert dagegen das Open-Source-Produkt ProM mit offenen Schnittstellen für Plugins [9], [10], das aber in der Praxis kaum eingesetzt wird.

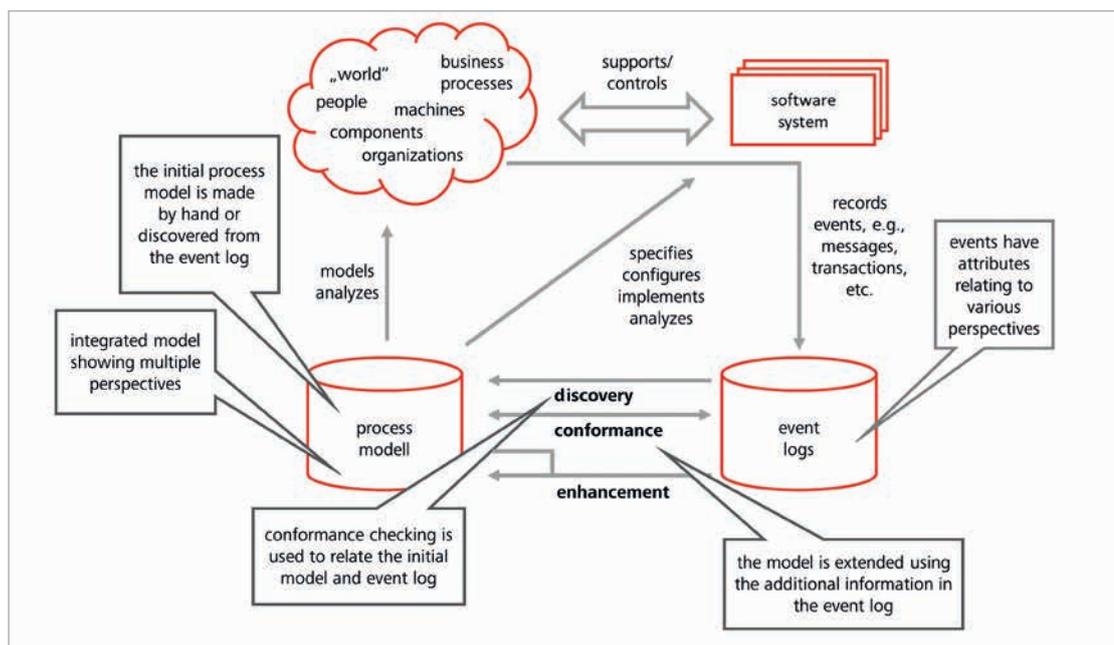


Abbildung C.02:  
Architektur des Process  
Minings nach van der Aalst [6].



Abbildung C.03a:  
Instanzenmodelle der Auftragsbearbeitung nach Abb. A.02.

## II. Logdatei

### a. Aufbau

Ausgang des Process Minings ist die Logdatei aus einem oder mehreren Anwendungssystemen, z. B. ERP-, CRM- oder Workflow-Systemen <sup>[11]</sup>. Diese speichern während der Laufzeit Ereignisdaten mit ihren Attributen. Je nach System können diese nach Art, Granularität und Umfang unterschiedlich sein. Ereignisse sind Zeitpunktgeschehen und bezeichnen eine Zustandsänderung in einem Bearbeitungsprozess. Eine erste Aufgabe des Process Mining ist es, die unterschiedlichen Ereignisdaten eines Prozesses zu harmonisieren und in einer einheitlichen Datei zur Auswertung zur Verfügung zu stellen. Hier können sich bereits Probleme ergeben, indem Daten falsch, unwichtig oder unvollständig sind. Dieses wird als Rauschen (noise) bezeichnet <sup>[12]</sup>. Auch kann die Identifikation einer Prozessinstanz durch mehrere Ident-Nummern und Namensgebungen in verschiedenen Systemen schwierig sein. Zur

Lösung dieser Aufgaben werden deshalb Algorithmen entwickelt <sup>[10]</sup>.

Ohne weitere technische Einzelheiten zu vertiefen, wird der Aufbau einer Logdatei an dem einfachen Beispiel des Prozessmodells der Auftragsbearbeitung aus Abb. A.02 gezeigt.

In Abb. C.03a sind zunächst die drei möglichen Instanzen als Modelle grafisch dargestellt. Es wird die ausführliche Schreibweise mit Angabe von Start- und End-Ereignissen aus Abb. A.02 beibehalten. Die Instanz 34711 beschreibt den Fall, dass die Kreditprüfung negativ verläuft, somit der Auftrag abgelehnt und der Kunde darüber informiert wird.

Die Instanz 34712 führt zu einer Bearbeitung ohne Kreditprüfung. Der Kunde und die Finanzabteilung werden nach Abschluss der Bearbeitung informiert. Bei der Instanz 34713 verläuft die Kreditprüfung positiv, der Auftrag wird bearbeitet und Kunde sowie Finanzabteilung werden vom Ende der Bearbeitung informiert. Als logischer Konnektor ist nur noch die

„AND“-Verknüpfung enthalten, da bei Ist-Instanzen keine alternativen Abläufe mehr vorkommen.

In Abb. C.03b sind die vom Auftragsbearbeitungssystem erzeugten Logdaten der drei Instanzen aus Abb. C.03a eingetragen. Pro Ereignis ist jeweils eine Zeile angelegt. Diese sind zur besseren Übersichtlichkeit nach den Instanzen-ID's geordnet. Jedem Ereignis wird eine Ereignis-ID zugeordnet. Da in dem Beispiel nur zwei Ereignistypen eingeführt sind, bezeichnen sie entweder Start oder Ende einer Funktion. Für Start und Ende sind Zeitstempel nach Tag, Monat und Uhrzeit erfasst, die je nach System beliebig fein sein können, z. B. bis auf Millisekunden genau.

Viele Anwendungssysteme erfassen entweder nur den Start oder das Ende von Funktionen. Um hier aber leichter die Funktionsdauern und logischen Verknüpfungen ermitteln zu können, sind beide Ereignistypen angegeben.

Jedem Ereignis ist weiter die betroffene Organisationseinheit bzw. ein Bearbeiter zugeordnet. Die letzte Spalte steht stellvertretend für weitere beschreibende Attribute, z. B. Qualitätsangaben, Mengen, Kosten usw. Mit der Logdatei steht nun die Ausgangsbasis für das eigentliche Process Mining bereit.

## b. Auswertungen

Eine Logdatei mit dem Aufbau der Abb. C.03b bietet bereits eine Basis für viele praktische Auswertungen über das reale Prozessverhalten. Derartige Auswertungen gehören zwar auch zum Standard der wissenschaftlichen

Process-Mining-Literatur [8], [10], [11], allerdings wird dort nicht besonders herausgestellt, dass diese allein mit der Logdatei möglich sind. Vielmehr wird dort vor allem ein reales Ist-Modell generiert, was auf ein größeres wissenschaftliches Interesse an dessen algorithmischen Problemen schließen lässt.

Allein aus der Logdatei können aber bereits die Verteilungen der Bearbeitungszeiten pro Funktion statistisch ausgewertet und grafisch dargestellt werden. Ebenso können Auslastungsstatistiken für Organisationseinheiten und Bearbeiter ermittelt werden.

Die einzelnen Instanzen können nach ihren Start- und Endzeiten zeitlich grafisch dargestellt werden (vgl. Abb. C.04a für die drei Instanzen des Beispiels).

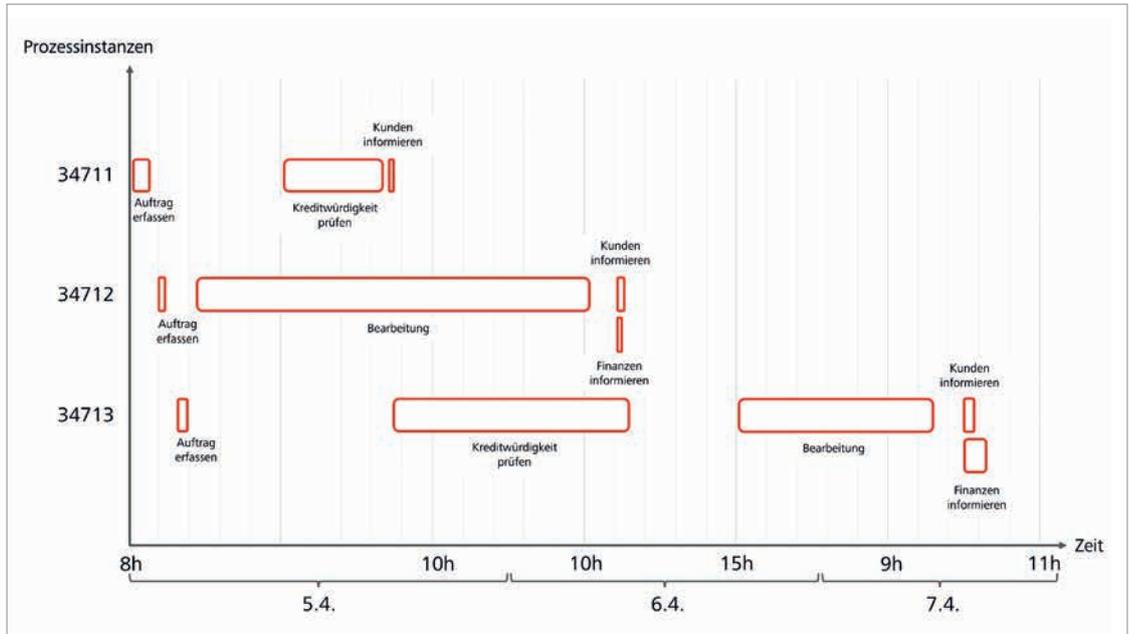
Bei der Auswertung einer Vielzahl von Prozessinstanzen einer Periode können aus der Steilheit der Startlinie (vgl. Abb. C.04b) Anhaltspunkte für Engpassituationen gewonnen werden. Je steiler die Kurve ist, umso mehr Aufträge kommen pro Zeiteinheit an.

Eine weitere interessante Auswertung ist die Unterstützung der Fraud Detection, also das Erkennen von Betrugsfällen. Es ist bekannt, dass eine Vielzahl von Betrugsfällen auf interne, also von Mitarbeitern ausgeführte Manipulationen zurückgeht. Werden z. B. in einem Finanzinstitut plötzlich unerwartet viele Überweisungen an einem sonst eher ruhigen Wochentag getätigt, dann kann dieses Anlass zu einer Prüfung sein. Anhand der Zeitstempel der Funktion „Überweisung“ einer Logdatei können diese Fälle leicht ermittelt werden.

Instanz ID	Ereignis ID	START Funktion Tag, Monat, Uhrzeit	ENDE Funktion Tag, Monat, Uhrzeit	Name Funktion	Organisation/ Bearbeiter	Weitere Attribute
34711	...1	5.4.8.02	-	Auftrag erfassen	M	XX
	2	-	5.4.8.10	Auftrag erfassen	M	YY
	3	5.4.9.03	-	Kreditwürdigkeit prüfen	S	BB
	4	-	5.4.9.40	Kreditwürdigkeit prüfen	S	ZZ
	5	5.4.9.45	-	Kunde informieren	K	LL
	6	-	5.4.9.46	Kunde informieren	K	MM
34712	9	5.4.8.12	-	Auftrag erfassen	M	ZZ
	12	-	5.4.8.14	Auftrag erfassen	M	XX
	13	5.4.8.27	-	Bearbeitung	L	XX
	15	-	6.4.10.03	Bearbeitung	L	BB
	17	6.4.11.02	-	Kunde informieren	K	AA
	18	-	6.4.11.14	Kunde informieren	K	KK
	20	6.4.11.02	-	Finanzen informieren	F	FF
21	-	6.4.11.05	Finanzen informieren	F		
34713	25	5.4.8.20	-	Auftrag erfassen	M	LL
	26	-	5.4.8.25	Auftrag erfassen	M	HH
	27	5.4.9.45	-	Kreditwürdigkeit prüfen	S	JJ
	30	-	6.4.11.25	Kreditwürdigkeit prüfen	S	FF
	31	6.4.15.03	-	Bearbeitung	L	GG
	33	-	7.4.9.28	Bearbeitung	L	ZZ
	34	7.4.10.02	-	Kunde informieren	K	RR
	35	-	7.4.10.08	Kunde informieren	K	SS
	37	7.4.10.02	-	Finanzen informieren	F	CC
	38	-	7.4.10.15	Finanzen informieren	F	DD

Abbildung C.03b:  
Logdatei der Auftragsbearbeitung.

Abbildung C.04a:  
Zeitlicher Ablauf der drei Beispielinstanzen.



Diesen an sich interessanten Auswertungen fehlt aber der Bezug zu dem gesamten Prozessmodell, da der Kontrollfluss der Funktionen aller möglichen Instanzen nicht bekannt ist. Deshalb ist für prozessbezogene Auswertungen zusätzlich ein Prozessmodell erforderlich. Dieses kann ein manuell erstelltes Soll-Modell sein oder ein aus den Daten der Logdatei generiertes Ist-Modell. Da die Vergleiche der Logdatei mit den beiden Modelltypen gleich sind, wird zunächst die Generierung des Ist-Modells behandelt. Danach wird der Vergleich von Logdatei mit den Modellen analysiert. Anschließend werden Soll- und Ist-Modell gegenübergestellt.

### III. Generierung des Ist-Prozessmodells

Im Mittelpunkt des Process Mining steht häufig

die automatische Generierung des Prozessmodells aus einer Logdatei. Die Aussagekraft eines manuellen Soll-Modells wird angezweifelt, da es veraltet, das menschliche Arbeitsverhalten bei Zeitangaben nicht richtig widerspiegelt oder zu grob ist<sup>[10]</sup>.

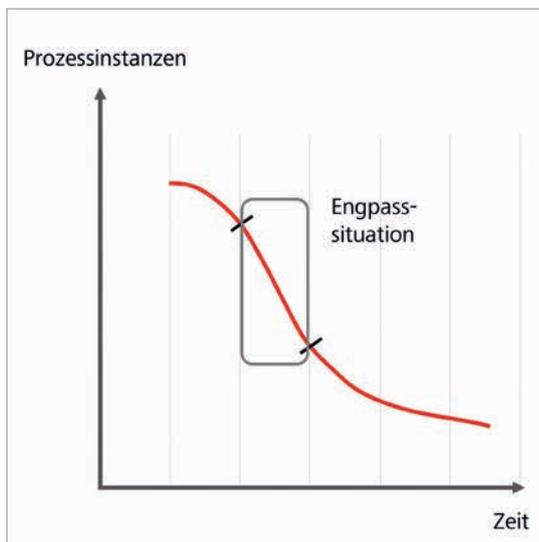
Deshalb wird ein Modell aus den tatsächlichen Prozessabläufen ermittelt. Andererseits beruht dieses nur auf den Fällen, die in dem betrachteten Zeitabschnitt tatsächlich bearbeitet wurden. Es kann also keine Wege enthalten, die möglich, aber in der Betrachtungsperiode nicht beschrritten worden sind. Zur Modellgenerierung sind recht komplizierte Algorithmen entwickelt worden. Diese werden hier nicht im Einzelnen dargestellt (vgl. dazu aber z. B. [8], [10]).

Zum grundsätzlichen Verständnis der Generierung werden lediglich einige Plausibilitäts-hinweise zur Vorgehensweise gegeben.

Aus den Zeitstempeln der Event-ID's ergeben sich Hinweise auf die logische Reihenfolge der ausgeführten Funktionen<sup>[8]</sup>. Wenn z. B. eine Funktion F1 immer zeitlich vor der Funktion F2 ausgeführt wird, dann lautet die Anordnungsbeziehung F2 NACH F1. Wenn eine Funktion F3 immer auf F1 und F2 folgt, F1 und F2 aber zeitlich parallel ausgeführt werden, dann liegt eine UND-Verknüpfung zwischen F1, F2 und F3 vor. Treten bestimmte Funktionen in den Instanzen nie gemeinsam auf, so lässt dieses auf eine exklusive ODER(XOR)-Beziehung schließen.

Treten Funktionen mal gemeinsam auf und mal nur einzeln, dann lässt dieses auf eine

Abbildung C.04b:  
Startlinie der Instanzen einer größeren Logdatei.



Inklusiv-ODER(OR)-Beziehung schließen. Auf Basis derartiger Überlegungen lässt sich ein Algorithmus zur Modellgenerierung entwickeln (z. B. der Alpha-Algorithmus von van der Aalst [6]). Ein generiertes Modell ist immer nur so gut, wie es die Datenbasis zulässt. Es ist umso repräsentativer, je mehr Instanzen einbezogen werden.

Deshalb wird die Berechnung periodisch mit möglichst einer großen Anzahl Instanzen (viele Hundert) ausgeführt. Das betrachtete Zeitfenster kann sich bei einem Streaming kontinuierlich weiterbewegen. Eine grundsätzliche Problematik bei jeder Modellerstellung, sei sie manuell oder automatisch, sind die Effekte von Über- und Unterbestimmung (Overfitting, Underfitting) [6].

Bei Überbestimmung ist das Modell zu detailliert und enthält zu viele unwichtige Angaben. Wenn z. B. bei einem Auftragsprozess große und kleine Aufträge, Exportaufträge und Inlandsaufträge, Standard- und kundenbezogene Einzelaufträge, die jeweils unterschiedliche Bearbeitungen erfahren, zusammen in einem Modell erfasst werden, dann führt dieses zu einem unübersichtlichen Modell, das häufig als Spaghetti-Modell bezeichnet wird. Im Extrem verliert die Modellierung dann ihren Sinn.

Bei Unterbestimmung ist ein Modell zu grob und damit wenig aussagekräftig, wenn z. B. nur eine der drei Instanzen aus Abb. C.03a als generelles Modell angesetzt wird. Eine Balance zwischen Über- und Unterbestimmung zu finden, ist sowohl bei manueller Modellierung als auch bei der algorithmischen Generierung eine Herausforderung. Im Process Mining sind dazu Algorithmen entwickelt worden, die ein vorliegendes Modell bereinigen, indem z. B. Funktionen, die ganz selten benutzt werden, aus dem Modell entfernt werden oder Wege, die sich sehr ähneln, zusammengelegt, also verdichtet werden. Weitere Kriterien für sinnvolle Prozessmodelle sind „Precision“, „Generalization“ und „Simplicity.“

Ein Modell ist unpräzise, wenn es ein Verhalten erlaubt, das zwar theoretisch, aber nicht in der Realität vorkommt. Es soll generalisieren und nicht nur alle detaillierten Pfade auflisten. Von mehreren Modellalternativen, die die oben genannten Kriterien erfüllen, sollte die gewählt werden, die am einfachsten zu verstehen ist. Als Ergebnis der Generierung liegt dann ein Modell vor, das die Kontrollstruktur der einbezogenen Prozessinstanzen komprimiert wiedergibt.

Bei Anwendung der obigen Regeln würde das Prozessmodell der Abb. A.02 aus der

Logdatei der Abb. C.03 komplett erfasst werden, da alle drei möglichen Instanzen als Input vorliegen. Dieses ist natürlich auf die Einfachheit des Beispiels zurückzuführen. Bei Hunderten Funktionen und noch mehr Instanzen ergeben sich wesentlich größere Probleme.

Auch zur automatischen Konsistenzprüfung der Modelle, z. B. auf Deadlock-Situationen, bei denen ein Ereignis keinen Weg zu einem Endereignis aufweist, sind Algorithmen entwickelt worden. Diese können auch auf manuell modellierte Modelle angewendet werden. Somit tragen die Arbeiten zur automatischen Modellgenerierung auch zur Verbesserung der manuellen Modellierung bei.

In Abb. C.05a ist für den Behandlungsprozess in einem Krankenhaus ein generiertes Modell aus [6] wiedergegeben, das wegen seiner Unübersichtlichkeit als Spaghetti-Modell bezeichnet wird. Es ist aus einer Logdatei mit 24331 Ereignissen, die zu 376 Funktionen gehören, ermittelt worden.

Die fehlende Generalisierung ist darauf zurückzuführen, dass unterschiedliche Krankheiten mit verschiedenen Verläufen in einem gemeinsamen Modell erfasst werden. Da hier der Forschungsaspekt im Vordergrund steht, ist auch die grafische Darstellung wenig benutzerfreundlich. Abb. C.05b zeigt dagegen den Ausschnitt eines generierten Modells des Systems ARIS PPM in der benutzerfreundlicheren EPK-Darstellung [13].

Die Beispiele zeigen einerseits die Mächtigkeit der Algorithmen, komplexe Modelle zu erzeugen. Andererseits zeigen sie aber auch, dass es schwierig ist, diese Modelle intuitiv zu verstehen. Da außer dem Inhalt der Logdatei

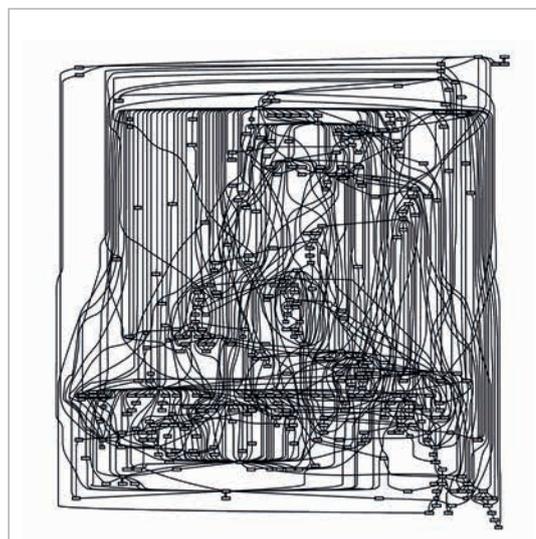
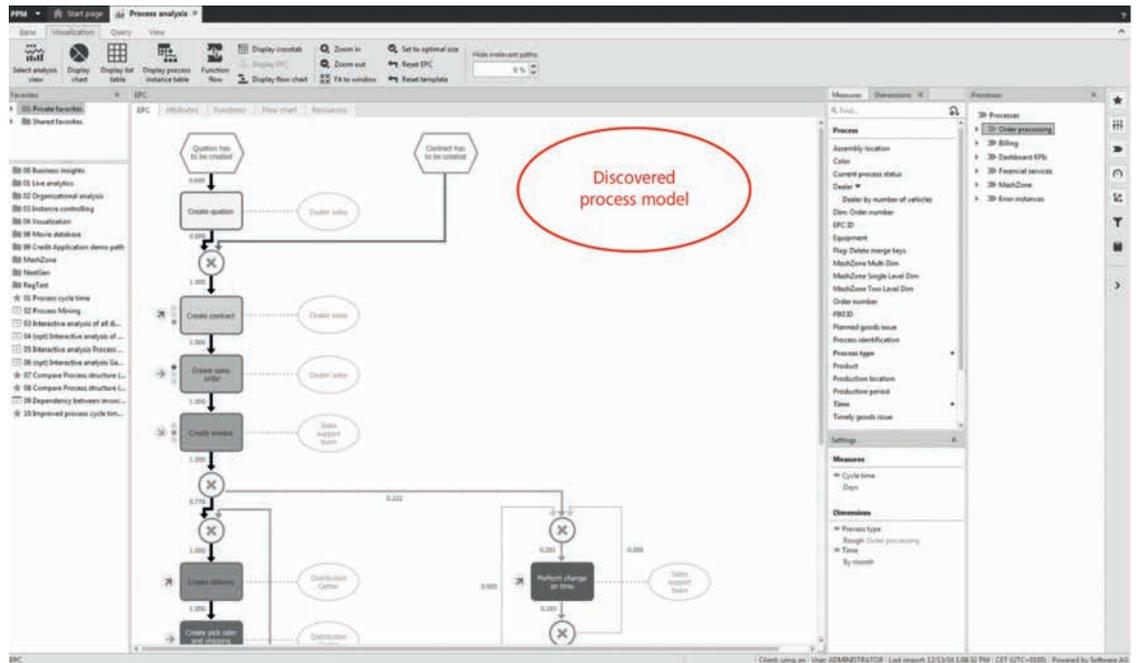


Abbildung C.05a:  
Generiertes Spaghetti-  
Modell aus [6].

Abbildung C.05b:  
Prozessgenerierung mit dem  
System ARIS PPM (SAG).



kein weiterer Kontext verwendet wird, können die Modelle nicht inhaltlich strukturiert werden, indem z. B. inhaltlich zusammengehörende Teilprozesse auch grafisch zusammengefasst werden. Bei einer manuellen Modellierung kann dagegen dieses Kontextwissen zur Strukturierung der Modelle eingebracht werden. Es bietet sich deshalb eine Verbindung von algorithmischer und kontextbezogener Modellierung an.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Fälle der Logdatei zu teilen und daraus Modelle zu erstellen, die dann i. d. R. einfacher sind. Van der Aalst et al. zeigen dafür in dem Krankenhausbeispiel die Trennung der Patientenprozesse nach Krankheitsarten. Hierzu benutzen sie ein vorliegendes (manuell erstelltes) Datenmodell zur Segmentierung und kombinieren damit Kontext und Algorithmik <sup>[14]</sup>.

Liegt bereits ein Soll-Modell mit Semantik vor, so können auch dessen Strukturen bei einer Überarbeitung des Ist-Modells genutzt werden.

#### IV. Vergleich Logdatei mit Prozessmodell

Für die folgenden Auswertungen steht neben der Logdatei ein Prozessmodell zur Verfügung, sei es ein manuell erstelltes Soll-Modell oder ein aus den Logdaten generiertes Ist-Modell. Die gezeigten Beispiele der Abb. C.06 und Abb. C.07 sind vom System Scheer Process Mining erstellt.

Durch Vergleich des Ablaufs einer einzelnen Instanz mit dem Prozessmodell kann

geprüft werden, ob alle vom Modell geforderten Prozessfunktionen durchlaufen wurden. Je nach Detailliertheit der in der Logdatei zur Verfügung gestellten Attributdaten können auch inhaltliche Prüfungen vorgenommen werden, indem z. B. Abweichungen zwischen im Modell geplanten und tatsächlich angefallenen Kosten ermittelt werden. Darüber hinaus kann, durch das Prozessmodell geführt, auf weitere Unternehmensdaten der ausführenden Anwendungssysteme zugegriffen werden.

Eine optisch eindrucksvolle Auswertung ist die animierte Simulation der Logprozesse, indem die einzelnen Instanzen dynamisch im Zeitraffer das grafische Modell durchlaufen.

Da es aussieht, als wenn Ameisen die verschiedenen Wege durchlaufen, wird es auch als Ameisendiagramm bezeichnet. Die Häufigkeit, mit der die unterschiedlichen Wege des Modells durchlaufen werden, können durch die Stärke der Verbindungslinien gekennzeichnet werden. Somit können sogenannte Preferred Lines erkannt werden <sup>[8], [15]</sup>. In Abb. C.06 ist dieses an dem Onboarding-Prozess von Mitarbeitern angedeutet.

Den Attributen von Elementen des Prozessmodells können aus der Logdatei ermittelte Ist-Werte zugeordnet werden. Interessant sind z. B. die Durchlaufzeiten der einzelnen Funktionen, die leicht als Mittelwert und Varianz aus den Zeitstempeln der Funktionen errechnet werden können. Da aus dem Kontrollfluss die Folgefunktionen bekannt sind, können auch

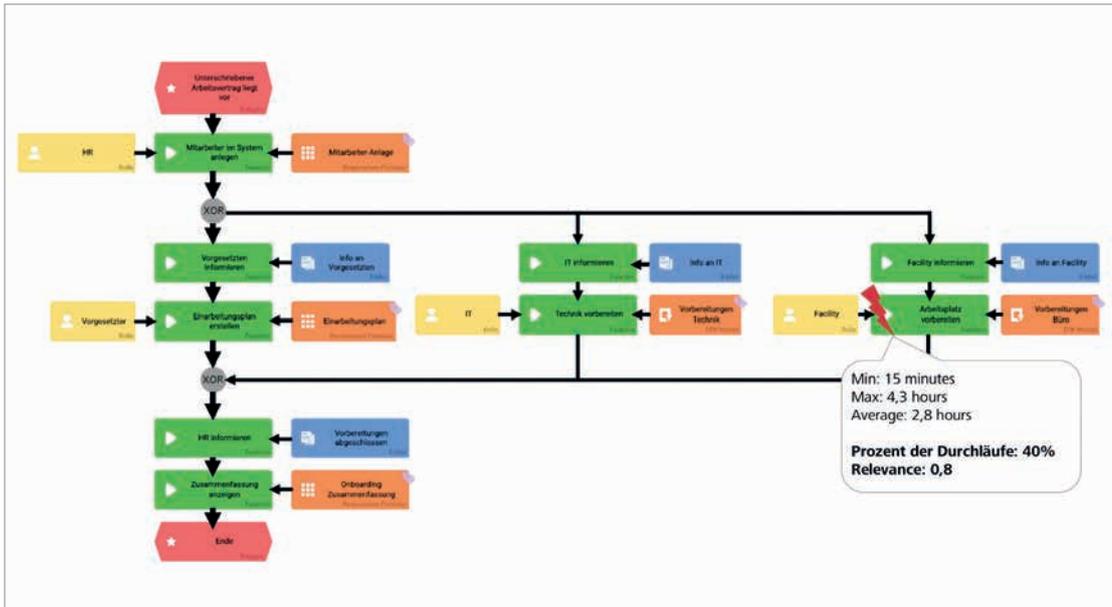


Abbildung C.06: Dynamische Simulation der Logdatei (Ameisendiagramm) mit preferred lines, Zeitwerten und Relevanz von Funktionen.

deren logisch früheste Startzeiten ermittelt, mit ihren tatsächlichen Startzeiten verglichen und daraus unerwünschte Wartezeiten sowie Engpässe erkannt werden.

Aus der Häufigkeit, mit der eine Funktion durchlaufen wird, ihrer Wartezeit sowie Höhe und der Varianz ihrer Dauer, kann anhand eines Index die Relevanz für eine nähere Untersuchung erkannt werden (vgl. Abb. C.06). Da die Funktion „Arbeitsplatz vorbereiten“ in 42 % der Fälle durchlaufen wird und eine hohe Spanne in der Bearbeitungszeit zeigt, verdient sie eine besondere Aufmerksamkeit.

Wird eine Funktion wiederholt nacheinander bearbeitet (Zyklus), so weist dieses auf Qualitätsprobleme bei der Bearbeitung hin (Abb. C.07).

Die für einzelne Funktionen möglichen Auswertungen können auch für Prozesszweige und den ganzen Prozess ausgeführt werden.

Besonders aufschlussreich ist die Analyse von Verzweigungen. Hier können die Häufigkeiten der Ergebnisse von Entscheidungsregeln ermittelt und deren Sinnhaftigkeit überprüft werden. Eine weitere automatische Auswertung sind die Kommunikationsbeziehungen zwischen Mitarbeitern bzw. Organisationseinheiten [8], [16].

Für die Fraud-Analyse können durch Kombination von Prozessmodell, Logdatei und Unternehmensdaten der Anwendungssysteme raffinierte Analysen durchgeführt werden. Für die einzelnen Funktionen eines Einkaufsprozesses sind z.B. in [17] detaillierte Indikatoren für

Risiken aufgeführt, die mit Prozessdaten und Daten aus dem Einkaufssystem analysiert werden können. Anhaltspunkte für Risiken in einzelnen Funktionen sind z. B.:

- ▶ **Funktion „Bestellanforderung“:** Anforderung durch nicht autorisierte Person, mehrfache Anforderung, ungewöhnliche Mengen;
- ▶ **Funktion „Bestellung“:** Bestellung von Scheinlieferungen, überhöhte Preise, nicht autorisierte Lieferanten, Verbindung von Lieferanten und Mitarbeitern;
- ▶ **Funktion „Bestellfreigabe“:** Bestellung ohne Bestellanforderung, Freigabe durch nichtautorisierte Person, Freigabe außerhalb definierter Limits;

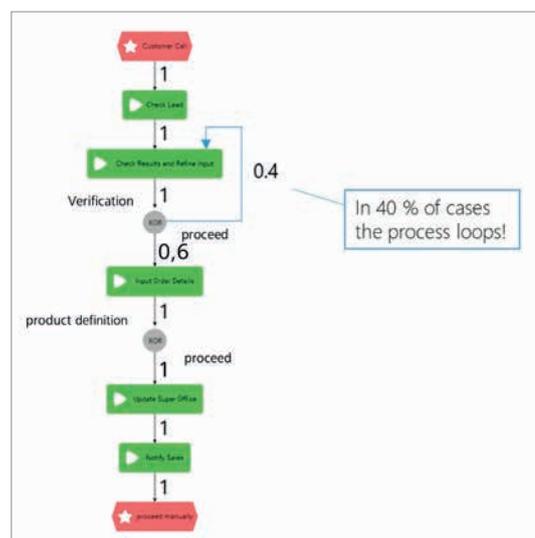
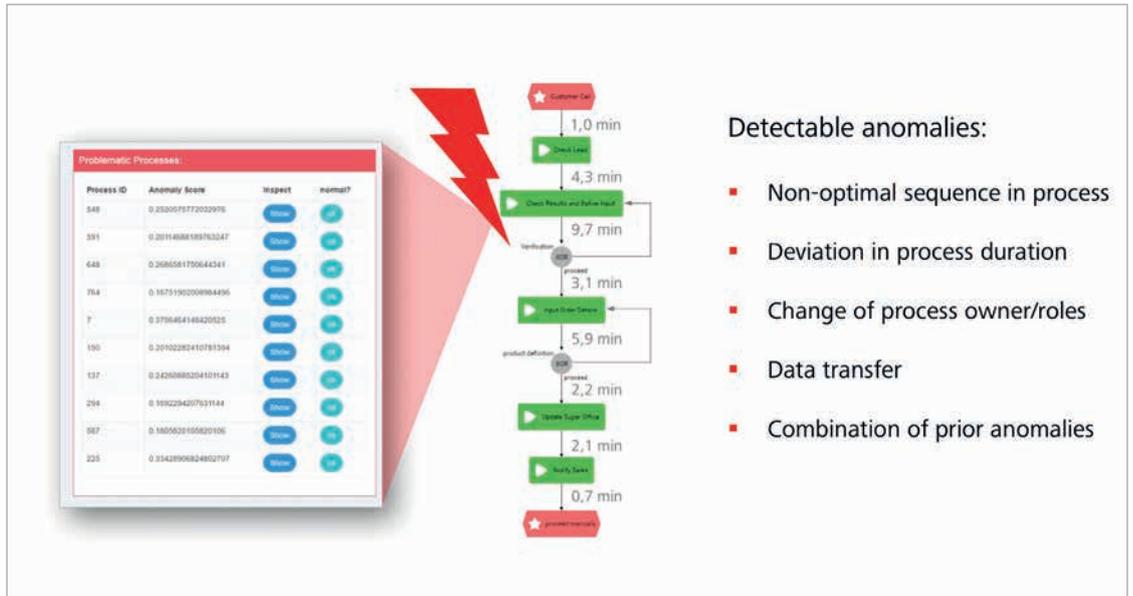


Abbildung C.07: Beispiel eines Prozesszyklus.

Abbildung C.08:  
Anomalieerkennung in Geschäftsprozessen.



- ▶ **Funktion „Wareneingang“:** Abweichung zur Bestellung, Wareneingangsprüfung fehlt, ungewöhnliche Schadensfälle;
- ▶ **Funktion „Rechnung“:** Rechnung ohne Bestellbezug, Rechnung ohne Leistungsnachweis, Abweichungen zu Lieferung oder Bestellung, Scheinrechnung;
- ▶ **Funktion „Zahlungsanweisung“:** Zahlung ohne Rechnung, nicht ausgenutzte Skonti, Über- oder Doppelzahlung, ungewöhnlicher Zahlungsempfänger.

Neben diesen inhaltlich gezielten Analysen wird mit der automatischen Anomalieerkennung in Geschäftsprozessen ein generischer Ansatz verfolgt, der zunächst anhand eines Algorithmus die Logdatei analysiert und den Instanzen jeweils eine Anomaliekennzahl zuordnet [18].

Die Höhe der Kennzahl gibt an, ob die Prozessinstanz von dem normalen Verhalten aller Prozessinstanzen abweicht. Der Algorithmus schaltet bei der Beurteilung den menschlichen Einfluss aus und objektiviert damit das Ergebnis. Die als anomale Instanzen erkannten Prozessabläufe können dann inhaltlich analysiert werden.

Die Analyse kann leicht auch auf große Datenmengen angewendet werden, die manuell nicht ausgewertet werden können. Durch Einsatz von Lernverfahren der KI (Machine Learning) kann das System sich selbstlernend verbessern.

Am AWS-Institut für digitale Produkte und Prozesse in Saarbrücken ist ein Algorithmus entwickelt worden, der selbstständig

verschiedene anomale Situationen in Prozessen entdeckt [19]. Ein Beispielausschnitt zeigt Abb. C.08. Entdeckte Anomalien können sein:

- ▶ **Reihenfolgeanomalie:** Die Funktionen einer Instanz wurden in einer Reihenfolge ausgeführt, die selten vorkommt.
- ▶ **Zeitliche Anomalie:** Die Dauer einer Funktion oder die Dauer einer Funktionssequenz ist ungewöhnlich.
- ▶ **Organisationsanomalie:** Eine Funktion wird von einer nicht vorgesehenen und überraschenden Person oder Institution ausgeführt.
- ▶ **Datenanomalie:** Es werden im Prozess ungewöhnliche Daten transportiert.
- ▶ **Mehrdimensionale Anomalie:** Es tritt eine ungewöhnliche Kombination von Abweichungen auf, die einzeln noch keine Anomalie darstellen.

Die Betrachtungen zeigen, welche mächtigen inhaltlichen Auswertungen durch Kombination von Prozessmodell, Logdatei und Unternehmensdaten möglich sind. Viele der Analysen gelten inzwischen als Standard des Process Mining und werden von kommerziellen Tools bereits vorformuliert vorgehalten.

## V. Vergleich generiertes Ist- mit Soll-Modell

Stehen ein generiertes Ist- und ein Soll-Modell zur Verfügung, so können diese miteinander verglichen werden. Da Modelle eine komprimierte Darstellung sind, sind die Analysen auf

einer höheren Aggregationsebene als bei dem Vergleich mit der Logdatei. Grundsätzlich ist zu untersuchen, ob sich bei Abweichungen das Soll-Modell verändert hat oder ob sich die Prozessausführung nicht an die vorgesehenen Bearbeitungsregeln hält.

So können tote Zweige entdeckt werden, also Prozessabschnitte, die im Soll-Modell vorhanden sind, aber von echten Prozessinstanzen nicht durchlaufen werden und deshalb im Ist-Modell nicht erfasst sind. Es ist dann zu untersuchen, ob diese Teile dauerhaft deaktiviert sind und die Organisation durch Umverteilung von Kapazitäten darauf reagieren soll. Aber auch der umgekehrte Fall kann auftreten, dass neue Prozessarme im ‚Ist‘ aufgetreten sind, die im Soll-Modell nicht vorhanden sind.

Interessant ist auch das Modell, das nur aus Funktionen und Wegen besteht, die in beiden Modellen enthalten sind.

## VI. Verbesserung des Prozessmodells und des Prozessmanagements

Aus den Vergleichen Logdatei mit Soll-Modell und Ist- mit Soll-Modell können Verbesserungspotenziale aufgezeigt werden. Zunächst kann das bestehende Soll-Modell durch die Erkenntnisse der Ist-Prozesse überarbeitet werden, so dass ein realistischeres Soll-Modell für die nächste Analyse zur Verfügung steht.

Aber es gilt nicht nur, das Modell so eng wie möglich an die Realität anzupassen, wie es insbesondere wissenschaftliche Veröffentlichungen anstreben<sup>[10]</sup>. Wichtiger sind konkrete Maßnahmen, die getroffen werden, um die Prozessorganisation zu verbessern.

Sind sowohl im Soll- als auch im Ist-Modell Attributwerte für Funktionen wie durchschnittliche Bearbeitungszeiten oder Kosten erfasst, so können aus den Abweichungen Anregungen für organisatorische Änderungen gewonnen werden. Beispielsweise können Mitarbeiter besser geschult werden oder durch qualifiziertere ersetzt werden.

Es können Kapazitätsengpässe durch Umverteilung von Ressourcen verringert werden, Bearbeitungsschleifen durch Einsatz präziserer technischer Verfahren oder besserer Ausbildung von Mitarbeitern reduziert werden. Auch können Prozesse verschlankt werden, indem überflüssige Funktionen und Wege eliminiert werden<sup>[11]</sup>. Die Häufigkeiten, die angeben, wie oft bestimmte Verzweigungen durchlaufen

werden, helfen die Entscheidungsregeln zu präzisieren<sup>[8]</sup>.

Der Vergleich der Ist-Modelle verschiedener Organisationseinheiten wie Niederlassungen oder Tochterunternehmen mit dem Soll-Modell hilft „Best Practice“ Modelle zu identifizieren, von denen die anderen Einheiten lernen können<sup>[14]</sup>. Lerneffekte können auch erzielt werden, indem z. B. die besten 10 Prozessinstanzen analysiert werden und als „Best Practice“ den Mitarbeitern vorgestellt werden.

Die Analyse, welche Eigenschaften von Instanzen ihre Durchlaufzeiten bestimmen, können zur Segmentierung von Prozessorganisationen für z. B. einfache und komplexe Produkte oder Inlandsaufträge und Exportaufträge genutzt werden<sup>[14]</sup>. Als Ergebnis dieser vielfältigen Anpassungen wird das Soll-Modell verbessert und enger an die Realität angepasst. Es sollte aber das führende System bleiben, da es die größere Semantik und den strategischen Willen der Unternehmensorganisation enthält.

Durch die Kombination von Prozessmodell, Logdatei und Unternehmensdaten sind mächtige inhaltliche Auswertungen möglich.

Die Änderungen werden unter Berücksichtigung von Änderungskosten und -nutzen getroffen. Anschließend werden die ausführenden Anwendungssysteme entsprechend angepasst. Bei einer engen Verbindung zwischen Modell und Software, wie es bei BPMS-Software der Fall ist, geschieht dieses automatisch. Bei ERP- oder CRM-Systemen wird dieses über die Verbindung zu den Customizing-Tools erreicht.

Kommerzielle Mining Tools, die keine Modellierungsfunktion anbieten, behaupten häufig, dass nur generierte Ist-Modelle nützlich sind. Auch in der wissenschaftlichen Literatur zum Process Mining wird den generierten Ist-Modellen einseitig und z. T. polemisch<sup>[10]</sup> eine höhere Qualität zugesprochen als einem manuell erstellten Soll-Modell. Zur objektiveren Abwägung sind in Abb. C.09 die Eigenschaften beider Modelltypen gegenübergestellt.

Abbildung C.09:  
Gegenüberstellung der Eigenschaften von manuellem Soll-Modell und generiertem Ist-Modell.

Manuell erstelltes Soll-Modell	Automatisch generiertes Ist-Modell
• Repräsentiert idealisierte Abläufe	• Repräsentiert tatsächliches Verhalten
• Bei Erstellung entsteht tiefe Einsicht in die Prozesse	• Eher mechanistisches Vorgehen ohne Kontextwissen
• Intuitive Einhaltung von Modellierungsregeln (over- and underfitting, Präzision, Generalisierung, Einfachheit)	• Analyse der Modellierungsregeln durch Kennzahlen
• Intensive Ausnutzung menschlichen Fachwissens und Kreativität bei Entwurf und Analyse	• Begrenzter Einsatz menschlichen Fachwissens bei Analyse und Interpretation
• Hoher Erstellungsaufwand	• Automatische Erstellung
• Erfassung theoretisch mögliches Verhalten	• Begrenzt auf tatsächliches Verhalten
• Fachliche Strukturierung des Modells	• Tendenz zu unübersichtlichen Modellen (Spaghetti)
• Disruptive Verbesserungen durch Fachwissen	• Eher kontinuierliche Verbesserung der Ist-Situation
• Modellausrichtung auf Implementierungsmöglichkeiten (ERP-orientiertes Sollmodell)	• Leichte und flexible Auswertungsmöglichkeiten
	• Hohes Forschungsinteresse
	• Anpassung der Implementierung an die Ist-Situation

Es zeigt sich, dass beide Vorgehensweisen Vor- und Nachteile aufweisen, so dass ihre Kombination sinnvoll ist.

## VII. Würdigung des Process Mining

Das Process Mining ist ein wichtiger Fortschritt im Prozessmanagement. Dieses wird in der Praxis immer mehr anerkannt und durch Mining-Software durchgeführt, die den Prozessverantwortlichen bei der Analyse und Verbesserung unterstützen. Insgesamt zeigen sich zwei unterschiedliche Richtungen der Entwicklung des Process Mining.

Durch den Einsatz von KI-Methoden sind in den nächsten Jahren wesentliche Fortschritte im Process Mining zu erwarten.

Softwareunternehmen, die den Fokus auf die Modellierung und das mehr strategische BPM legen, sehen Process Mining als Ergänzung dieses Ansatzes. Es sorgt dafür, dass das modellierte Soll-Modell besser die Realität widerspiegelt. Das manuell erstellte Modell ist dann weiterhin das führende Modell. Hierzu zählt die Software AG (SAG), die das Produkt ARIS PPM in den BPM-Kreislauf einordnet und mit der Modellierungssoftware von ARIS eine mächtige Modellierungsunterstützung für Soll-Prozesse bietet (Abb. C.10).

Auch die von den Unternehmen der Scheer Gruppe entwickelte Software „Scheer

Process Mining“ folgt diesem Ansatz und sieht sie als Ergänzung ihrer modellbasierten BPM-MS-Software „Scheer BPaaS“ und „Scheer E2E Bridge“.

Bei Softwareunternehmen, die sich allein auf das Process Mining spezialisiert haben, wird die manuelle Modellierung des Soll-Modells heruntergespielt, und sie bieten auch keine komfortable manuelle Modellierung in ihren Systemen an (siehe z. B. das System „Celonis“<sup>[20]</sup>). Die wissenschaftliche Forschung kennt ebenfalls diese Trennung. Die mehr betriebswirtschaftlich orientierten Vertreter betonen den BPM-Ansatz, während die Informatik orientierte Forschung das algorithmische Process Mining im Vordergrund sieht und die Bedeutung der manuellen Modellierung herunterspielt.

Die Mining-Forschung konzentriert sich dann auf formale Verfahren zur nahezu vollständigen Automatisierung des Mining von der Aufbereitung der Logdatei, über die Generierung des realen Ist-Modells bis zu den Auswertungen. Aufgrund der intensiven Forschungstätigkeiten sind in den nächsten Jahren wesentliche Fortschritte, insbesondere durch Einsatz von KI-Methoden zu erwarten. Da der Mensch aber möglichst nicht einbezogen werden soll, fehlt den Ansätzen die Kenntnis des fachlichen Umfeldes, und einfache vom Prozessverantwortlichen auszuführende Tätigkeiten werden durch sehr komplexe Algorithmen bisher nur angenähert erreicht.

Es liegt für praktische Zwecke deshalb nahe, die menschlichen Fähigkeiten wie Kreativität und die schnelle Erfassung komplexer Strukturen mit den Datenanalyseverfahren des Process Mining zu verknüpfen. Erste Erkenntnisse scheinen auch in der formal-wissenschaftlichen Welt zu reifen<sup>[12]</sup>. Es stellt sich die Frage, ob nicht auch der Ansatz verfolgt werden kann, anstatt der

aufwendigen Modellgenerierung die Auswertung der Logdatei komfortabler zu unterstützen.

Ein Modell soll immer einfacher als die Wirklichkeit sein. Die automatisch generierten Modelle sind nun aber, wie gezeigt wurde, alles andere als einfach zu verstehen. Bereits aus dem Vergleich des Modells der Abb. A.02 mit den drei Instanzenmodellen der Abb. C.02 zeigt sich, dass die einzelnen Abläufe für sich leicht zu verstehen sind, während das aggregierte Modell trotz des einfachen Beispiels recht komplex ist.

Anstelle des aufwendig zu generierenden Prozessmodells können deshalb die einzelnen Instanzenmodelle aus der Logdatei leicht ermittelt und gespeichert werden. Auf diese können komfortable Suchalgorithmen gerichtet werden, um Fälle mit bestimmten Eigenschaften zu filtern oder Ähnlichkeiten durch Nearest-Neighbor-Algorithmen zu identifizieren. Als Ergebnis können verschiedene Klassen von Abläufen ermittelt werden, die jeweils durch typische Instanzenmodelle repräsentiert werden. Diese Instanzenmodelle enthalten keine logischen alternativen Verzweigungen mehr und sind einfach zu verstehen. Die Entwicklung von Algorithmen verlagert sich dann von der Modellgenerierung auf das Filtern und Strukturieren der aus der Logdatei abgeleiteten Datei der Instanzenmodelle. Dieser Ansatz kann mit der Behandlung von Produktvarianten in der Autoindustrie verglichen werden. Hier werden aus den Millionen möglicher Varianten eines Autotyps typische Beispiele für Kombinationen aus Motorstärke, Farbe und Innenausstattung gebildet,

die jeweils Anforderungen bestimmter Cluster repräsentieren. Diese für den Bedarf bestimmter Kundengruppen oder Nutzungsfälle repräsentativen Autos werden dann in den Ausstellungenräumen gezeigt. Auch dienen sie intern zur Berechnung von Kapazitätsbedarfen in der Produktion oder sind Basis für Kostenkalkulationen. Natürlich benötigt man für die detaillierte Produktionsplanung und Produktkonfiguration die gesamte Konstruktionslogik mit allen Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, also das gesamte Produktmodell.

Auch für die Entwicklung der Software für einen Unternehmensprozess benötigt man die gesamten Anforderungen, wie sie das vollständige Prozessmodell zum Ausdruck bringt. Für das spätere Prozessmanagement, also z. B. die Kapazitätsplanung und Prozesskostenrechnung können aber repräsentative Prozessinstanzen bereits ausreichend sein.

## VIII. Process Mining Dashboard

Kommerzielle Process Mining Systeme bieten komfortable Dashboards an, mit denen der Prozessmanager die Mining-Auswertungen aktuell abrufen kann ( Abb. C.11 oder siehe auch <sup>[13]</sup>, <sup>[20]</sup>).

### D. Automatisierungsstufe 3: Operational Performance Support

Während ein BPM-Projekt eine langfristige strategische Bedeutung für ein Unternehmen besitzt und die während des Process Mining

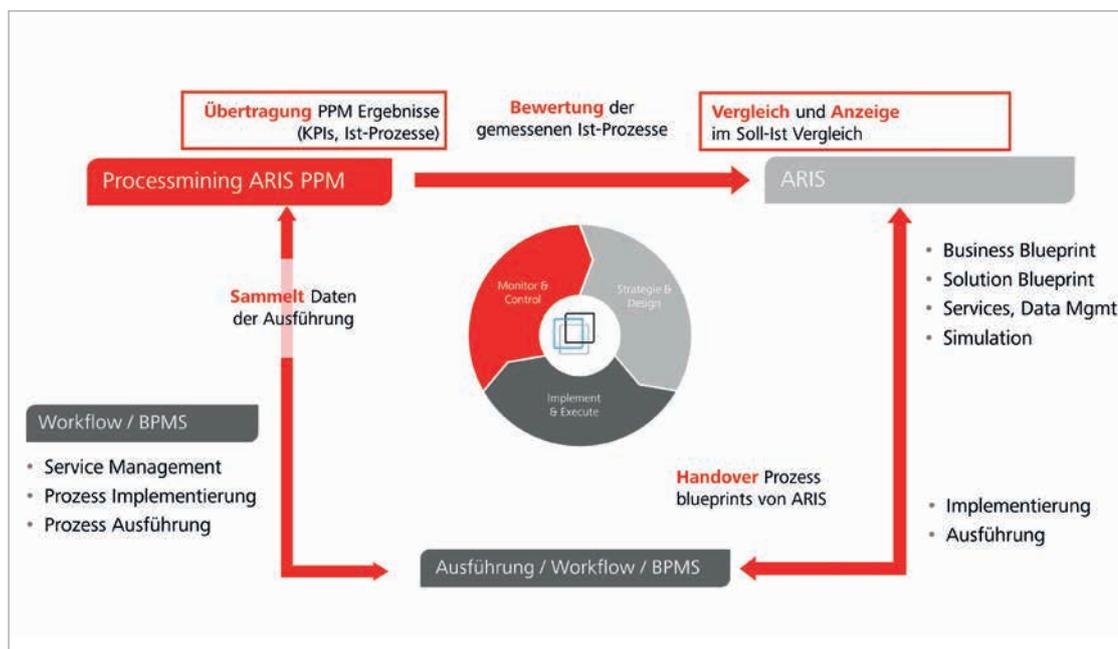
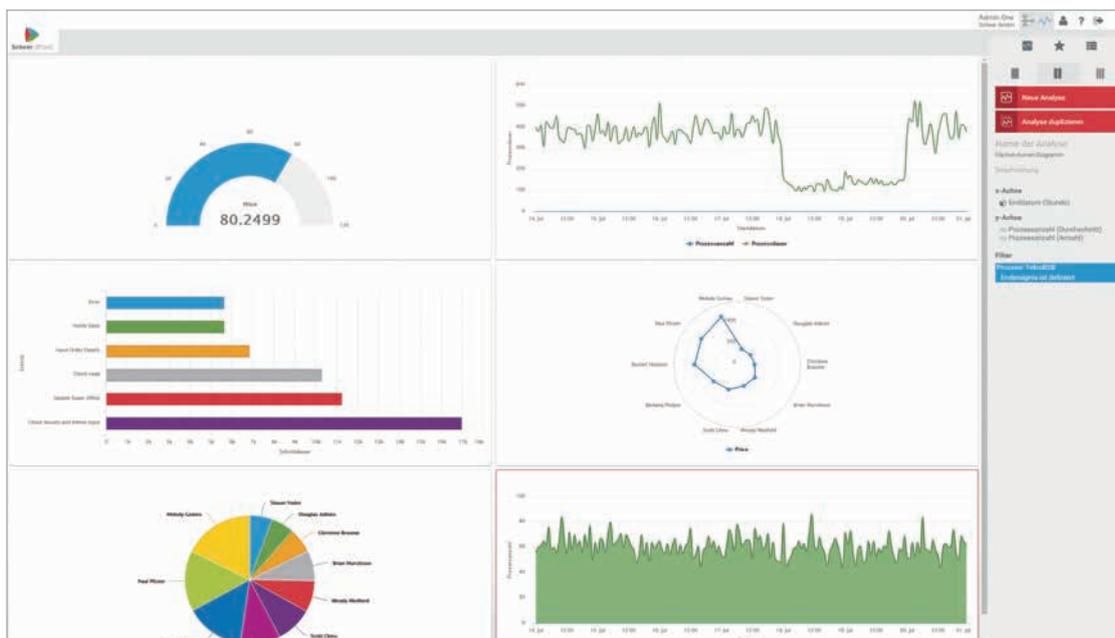


Abbildung C.10: BPM-Kreislauf von ARIS (Modellierung) und ARIS PPM.

Abbildung C.11:  
Dashboard zu Process Mining  
(Scheer BPaaS).



erkannten Anpassungsmaßnahmen kurzfristig-taktischer Natur sind, wird nun die operative Unterstützung der einzelnen Prozessinstanzen in realtime behandelt.

In dem linken Teil des Prozesskreislaufs der Abb. C. 01 wurden von dem Process Mining die Daten der bereits ausgeführten Prozessinstanzen (post mortem) dokumentiert und ausgewertet.

Nun wird der Realtime-Blick, also pre mortem, auf die Bearbeitung der einzelnen Instanzen gerichtet. Ziel ist es, die Ausführung der Instanzen noch während ihrer Bearbeitung durch automatisierte Hilfen zu unterstützen.

In der Process-Mining-Literatur [6] wird zwar darauf hingewiesen, dass die für die periodenbezogenen Post-mortem-Auswertungen vorgestellten Methoden wie Monitoring, Comparison und Enhancement auch während der Bearbeitung einzelner Instanzen angewendet werden können, aber dieses wird nicht mit der gleichen Ausführlichkeit behandelt. Vor allem gehen die Möglichkeiten der Realtime-Prozessunterstützung viel weiter als das reine Process Mining. Während das Process Mining weitgehend eine passive Anwendung ist, da lediglich Daten analysiert werden, können nun aktive Unterstützungen durch Optimierungsalgorithmen zur Ablaufbeschleunigung, durch automatische Hilfestellungen zur Fehlerbehandlung und zur Qualitätssicherung gegeben werden. Auch kann durch Predictive Analytics frühzeitig auf zu erwartende Problemsituationen wie

Maschinenausfälle oder Unterbrechungen hingewiesen werden [11].

Die Bearbeitung einer einzelnen Instanz bildet deshalb in Abb. D.01 einen eigenen Kreis. Da nun eine einzelne Instanz im Vordergrund steht, ist der Kreis durch eine einzelne feingezogene Linie dargestellt. Der Operational-Performance-Support-Kreis wird durch die Realtime-Daten der Instanzausführung, Daten seines Umfeldes, durch intelligente Algorithmen sowie durch fachlichen Content zur Benutzerunterstützung gesteuert. Zum Umfeld gehören je nach Anwendungsfall z.B. die Zustände der eingesetzten Ressourcen, die Außentemperatur oder Angebot- und Nachfragesituation des Marktes nach den zu erzeugenden Leistungen. Der Kreislauf ist über die Funktion Instanzenausführung mit dem Geschäftsprozesskreislauf verbunden, so dass auch die Logdatei, Unternehmensdaten und die Prozessmodelle genutzt werden können.

Die Funktionen umfassen die Planung und Steuerung der Instanz, vorausschauende Analysen, um ungeplante Effekte zu vermeiden und Online-Lernhilfen für Benutzer in Problemsituationen.

Abb. D.01 repräsentiert somit das gesamte Prozessmanagement von Strategie über Taktik bis zur operativen Steuerung. Wegen des Einsatzes komplexer Auswertungsalgorithmen unter Nutzung der künstlichen Intelligenz wird dieser Ansatz als intelligentes Business Process Management (iBPM) bezeichnet.

Am linken Rand sind Softwaresysteme genannt, die im weiteren bei der näheren Beschreibung behandelt werden.

### I. Prozessplanung und -steuerung

Für die industrielle Fertigungsplanung und -steuerung sind zahlreiche Optimierungsverfahren im Rahmen des Operations Research entwickelt worden, die auch in einer Realtime-Umgebung angewendet werden können. Nach Optimierungskriterien wie Durchlaufzeitminimierung oder Maximierung der Kapazitätsauslastung werden dann die einzelnen Arbeitsschritte der Instanzen in einer Reihenfolge geordnet und den Bearbeitungsplätzen zugeordnet. Dazu liegen in der Fertigung mit den Arbeitsplänen detaillierte Prozessbeschreibungen der Instanzen vor.

Grundgedanken der Fertigungssteuerung können auf den Verwaltungsbereich übertragen werden. Im Verwaltungsbereich stehen an Stelle der Arbeitspläne die Prozessmodelle mit ihren Funktionsbeschreibungen zur Verfügung. Damit besteht prinzipiell die gleiche Datengrundlage wie in der Fertigung.

Bewährte Leitstandskonzepte gestatten im Fertigungsbereich einen transparenten Überblick über die gerade bearbeiteten und zur Bearbeitung anstehenden Arbeitsgänge. Im Zentrum steht dabei die grafische Plankarte, wie sie Abb. D.02 zeigt. Zur Optimierung des Ablaufs werden in der Fertigung mit MES

Die Grundgedanken der Fertigungssteuerung sind auf die Verwaltung übertragbar: An Stelle der Arbeitspläne stehen dann Prozessmodelle.

(Manufacturing Execution System) bereits stabile und erprobte Verfahren eingesetzt. Diese können prinzipiell auch im Verwaltungsbereich angewendet werden. Der Fertigungsbereich besitzt deshalb einen Vorsprung in der Prozessplanung und -steuerung, weil schon früh die Ausnutzung der teuren und komplexen technischen Fertigungsanlagen eine sorgfältige Planung und Steuerung der Produktion erforderten, während im vergleichsweise einfacheren und ressourcenarmen Verwaltungsbereich mehr auf die Selbststeuerungsfähigkeiten der Mitarbeiter gesetzt wurde.

Dieses reicht aber bei der zunehmenden Komplexität und dem Wettbewerbsdruck auf Kosten, Zuverlässigkeit, Qualität und Geschwindigkeit von Prozessen im modernen Verwaltungsbereich nicht mehr aus. Deshalb erhält die Prozessplanung und -steuerung eine generelle Bedeutung.

Insgesamt bietet sich ein großes Potenzial zur Optimierung von Verwaltungsprozessen

Abbildung D.01:  
iBPM-Geschäftsprozesskreislauf mit Realtime-Unterstützung einer Instanz.

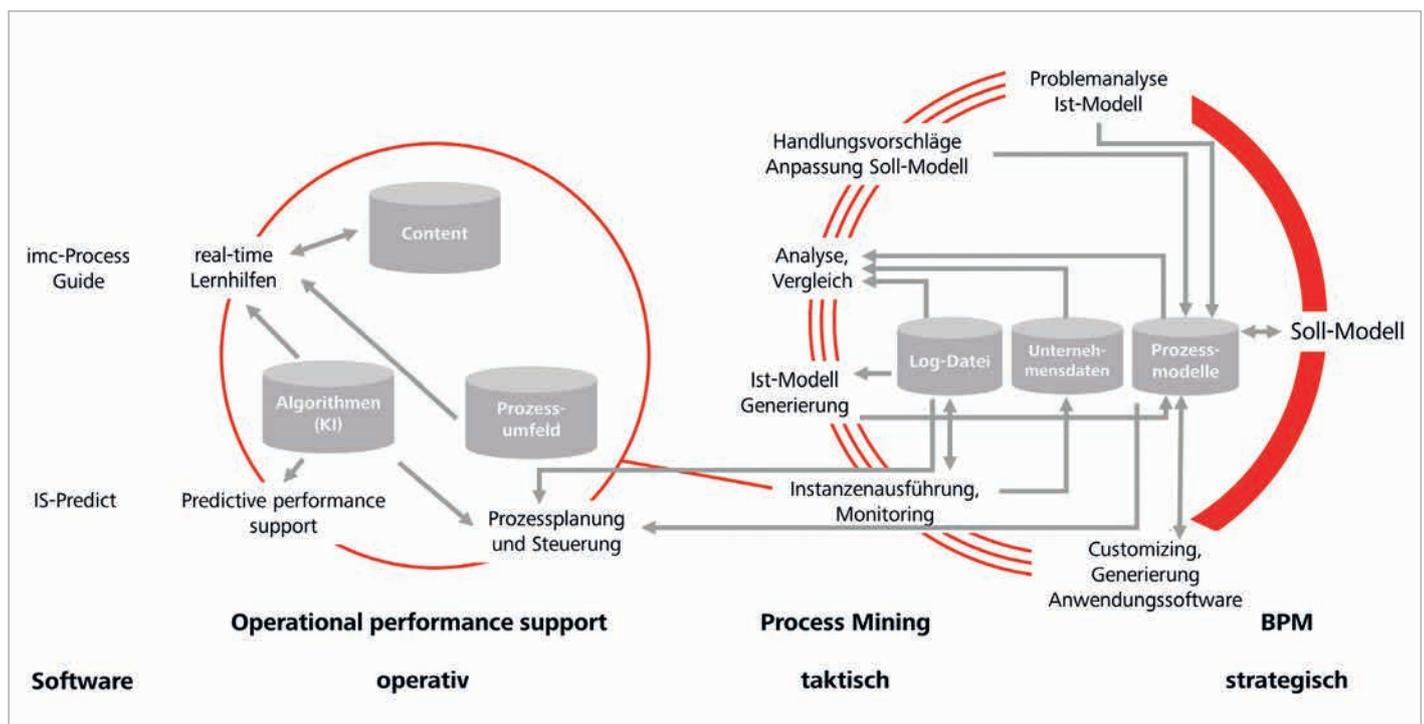
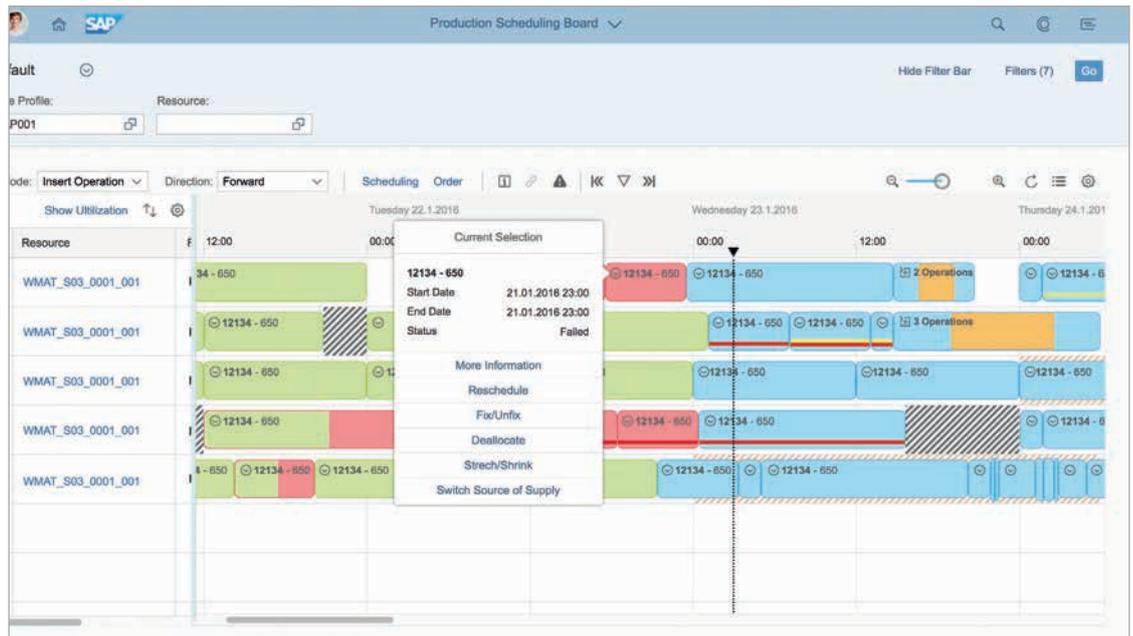


Abbildung D.02:  
Leitstandsoberfläche für die  
Fertigungssteuerung (von  
SAP).



durch Nutzung von Konzepten der Fertigungsplanung und -steuerung.

## II. Predictive Performance Support

Während der Bearbeitung einer Prozessinstanz können die Prozesszustände mit dem allgemeinen Soll-Prozessmodell verglichen werden, um z. B. den zu erwartenden Endtermin des Prozesses zu ermitteln. Das Soll-Modell ist allerdings auf der Typ-Ebene erstellt und stellt einen durchschnittlichen, gewünschten Ablauf dar, der für die Zukunft noch Entscheidungsalternativen enthält, deren Kriterien noch nicht bekannt sind.

Neben dem Soll-Modell können deshalb auch die Instanzen früherer gleichartiger Prozesse der Logdatei ausgewertet werden. Bei einer Auftragsbearbeitung kann z. B. auf die gespeicherten Auftragsprozesse des gleichen Kunden und/oder auf Prozesse zu den gleichen bestellten Produkten anderer Kunden zugegriffen werden.

Die dort realisierten Abläufe können dann zur Beurteilung des weiteren Ablaufs der gegenwärtigen Instanz dienen. Die historische Logdatei muss dazu entsprechend zugriffsfreundlich organisiert werden. Aufgrund der heute verfügbaren hohen Speicherkapazitäten ist die Speicherung umfangreicher historischer Prozessinstanzen wirtschaftlich vertretbar.

Der Vergleich des aktuellen Zustands des Prozesses mit dem zu erwartenden Ablauf und daraus abgeleiteten Empfehlungen für den weiteren Ablauf kann mit den Funktionen eines

Fahrzeug-Navigationssystem verglichen werden [8]. Dieses zeigt z. B. bei einer plötzlichen Straßensperrung sofort die geänderte erwartete Ankunftszeit an und schlägt eine neue Route vor.

Der Blick wird also nach vorne gerichtet, um sich auf neue Situationen rechtzeitig einzustellen oder ungünstige Entwicklungen zu vermeiden. Dieses führt zum Gebiet der Predictive Analytics, insbesondere des Machine Learnings.

Im Rahmen von Machine Learning werden Algorithmen entwickelt, die aus Beobachtungen ein Systemverhalten erkennen (lernen), um es dann für Prognosen auszuwerten. Als bekannteste Verfahren sind künstliche neuronale Netze zu nennen. Diese bilden Funktionen des menschlichen Gehirns ab. Die künstlichen Neuronen sind miteinander verknüpft, und es werden ihnen Gewichte zugeordnet. Die Gewichte der Neuronen werden durch Eingabe von Input-/Output-Fällen so trainiert, dass das Netz für neue Inputwerte gute Output-Prognosen liefert. Interessante Anwendungsfälle gibt es bereits in der Fertigung.

An Produktionsanlagen werden heute zahlreiche Sensoren angebracht, die Temperatur, Schwingungen, Energieverbrauch usw. kontinuierlich messen. Diese Datenströme können als Input-Größen von neuronalen Netzen ausgewertet und zu Prognosen genutzt werden.

Bei einem hohen Automatisierungsgrad der Softwareunterstützung können „Bots“ (von englisch Robot) eingesetzt werden, d. h.

autonom arbeitende Softwareprogramme, die ohne Interaktion mit Menschen das Verhalten einer Anlage überwachen, analysieren und auf zu erwartende Ereignisse aufmerksam machen oder selbst steuernd eingreifen.

Das Unternehmen IS-Predict, das zum Innovationsnetzwerk des Verfassers gehört, hat dazu eigene Algorithmen auf Basis von KI entwickelt und führt seit Jahren erfolgreich Projekte zum Predictive Maintenance und zur vorausschauenden Qualitätssteuerung durch.

Abb. D.03 zeigt die Software-Architektur des Systems der IS-Predict. In der Meta-Modelle-Schicht werden generische Modellstrukturen verwaltet. Diese bilden den Ausgang zur Erkennung (Discovery) des Modells für den betrachteten Anwendungsfall. Über Schnittstellen werden verschiedene Datenquellen (Sensoren) mit dem Modell verbunden. Das Modell wird automatisch mittels Lernalgorithmen laufend an neue Erkenntnisse angepasst. Es liefert Informationen über Anomalien (z. B. die Veränderung des Laufverhaltens einer Anlage), Prognosen (z. B. den günstigsten Wartungszeitpunkt der Anlage), kann für What-if-Simulationen genutzt werden (z. B. die Wirkung einer vorgezogenen Wartung auf den Produktionsplan erkennen) und schlägt Steuerungseingriffe vor (z. B. die Reduzierung der Produktionsgeschwindigkeit bis zur Wartungsmaßnahme).

#### Einige Beispielfälle sollen den Predictive- und Steuerungsansatz weiter verdeutlichen:

In einem Automobilwerk werden durch die

Analyse von Sensordaten bereits nach dem Press- und Stanzvorgang kleinste Fehler in der Karosserie aufgedeckt, die sonst später zu hohen Folgekosten führen würden. Werden die Haarrisse erst bei der Endmontage entdeckt, weil der Lack Störungen zeigt, so wird die Fehlerbehandlung sehr teuer. Diese Auswirkungen werden aus den Sensordaten prognostiziert und es kann frühzeitig eingegriffen werden.

In einem Zementwerk wird aus Sensordaten frühzeitig prognostiziert, welche Qualität das Zementpulver nach dem letzten Prozessschritt erreichen wird. Die Maschinen können vorausschauend so eingestellt werden (Prescriptive Analytics), dass die gewünschte Qualität erreicht wird.

In einem Stahlwerk hängt die Qualität des Stahls von zahlreichen Faktoren ab, insbesondere muss auch der richtige Zeitpunkt zum Abstechen des flüssigen Stahls getroffen werden. Durch Kombination der Messdaten mehrerer Indikatoren kann die Temperatur vorausschauend prognostiziert werden und der richtige Zeitpunkt bestimmt werden.

Zunehmend produzieren Unternehmen ihren eigenen Strom. Wenn weniger Energie verbraucht als produziert wird, so wird der überschüssige Strom über die Strombörse vermarktet. Das System prognostiziert den Strombedarf, analysiert die Marktsituation und empfiehlt, wann und wieviel Strom zu welchem Preis an der Börse angeboten werden soll.

Besonders hervorzuheben ist, dass die Entwicklung der Anwendungen immer mehr

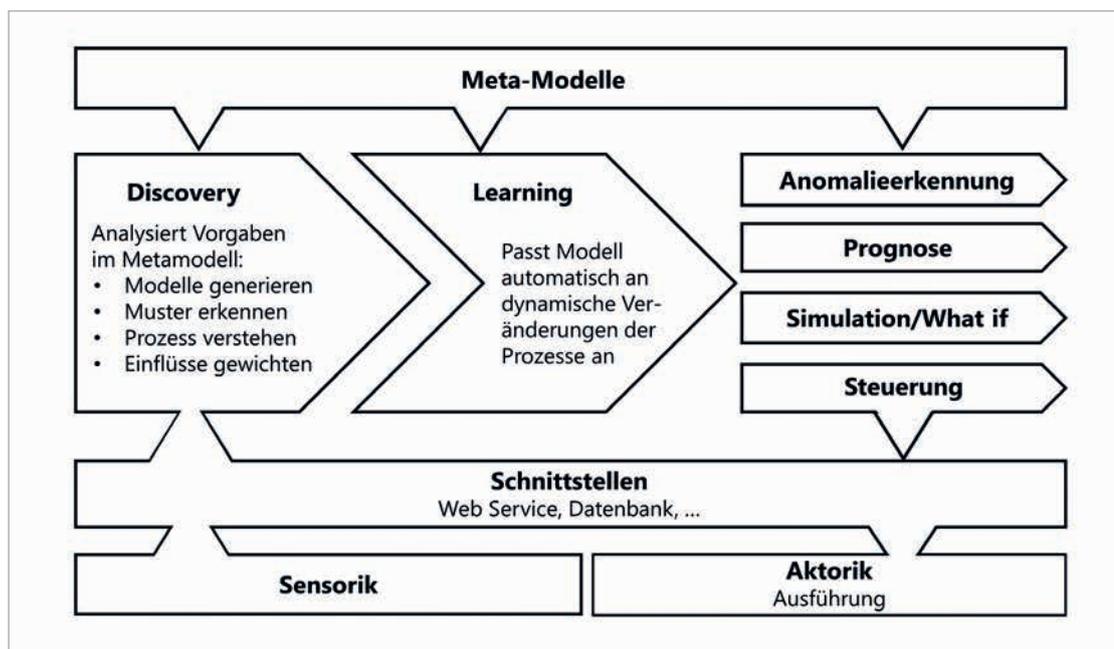


Abbildung D.03:  
Software-Architektur des  
Systems IS-Predict.

## Während der Arbeitsprozesse wird zunehmend auf Realtime-Lernhilfen gesetzt, welche Bearbeiter direkt im Problemkontext weiterbilden.

über den Predictive-Ansatz hinausgeht in Richtung Steuerung und Optimierung. Die Einstellung der betrachteten Systeme erfolgt dann automatisch über Aktoren. Damit wird ein kybernetischer Regelkreis von der Datenerfassung durch Sensoren bis zur Steuerung durch Aktoren geschlossen (Abb. D.03).

### III. Operational Support durch Realtime-Lernhilfen

Ein besonderes Augenmerk wird zunehmend auf Realtime-Lernhilfen während einer Instanzbearbeitung gelegt. Trifft ein Bearbeiter auf eine Situation, die er nicht versteht, so können ihm direkt Informationen zugespielt werden, die bei der Bearbeitung weiterhelfen <sup>[22]</sup>.

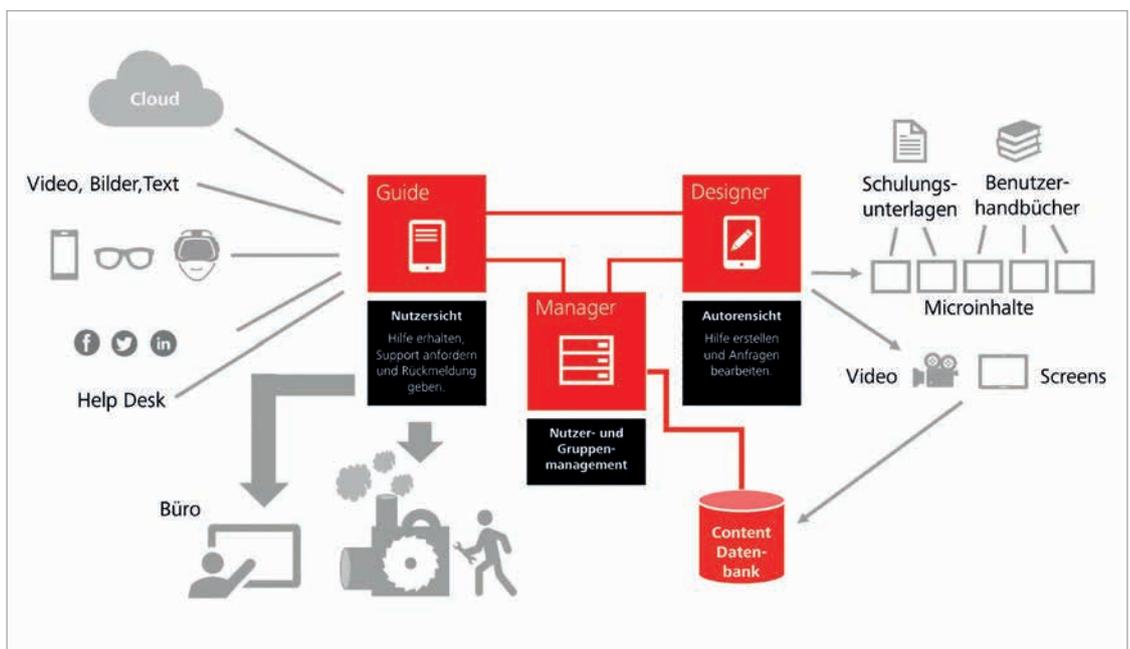
Für die Hilfeunterstützung von IT-Systemen werden dazu bisher Helpdesks eingerichtet, an die sich der Benutzer wenden kann oder er fragt Kolleginnen bzw. Kollegen. Dieses beschäftigt dann aber weitere Mitarbeiter. Deshalb werden Ansätze entwickelt, derartige Helpdesk-Funktionen zu automatisieren. Dazu werden neue Entwicklungen der digitalen Lernunterstützung genutzt.

Seit langem wird im Lernumfeld die 70:20:10-Regel diskutiert. Sie besagt, das 70 % des Lernens beim „doing“ stattfindet, 20 % durch Austausch mit Kollegen und nur 10 % durch formales Vorratslernen. Deshalb ist die Lernmotivation in einem konkreten Problemfall sehr hoch. Ein System, das dem Anwender kontextbezogen die jeweils benötigten Informationen zuspielt, muss die Anwendung und den gerade bearbeiteten Prozessschritt kennen und über Wissensbausteine (Content) zur Unterstützung verfügen.

In Abb. D.04 ist dazu die Architektur des Systems Process Guide des Unternehmens imc AG dargestellt, das zum Innovationsnetzwerk des Verfassers gehört.

Interne Autoren eines Anwenderunternehmens erstellen zusammen mit externen Beratern mit dem Modul „Designer“ Micro-Inhalte und Hilfetexte, die mit dem Modul „Manager“ verwaltet werden. Dazu zerlegen sie vorhandene Schulungsunterlagen, Benutzerhandbücher oder Systembeschreibungen in kleinere Einheiten. Auch können Texte, Bilder, Screenshots oder Videos zur Problemlösung erstellt werden. Hierzu wird das Erfahrungswissen besonders tüchtiger Mitarbeiter (Champions) genutzt. Die gespeicherten Daten werden aufgrund neuer Erfahrungen ständig aktuell gehalten, so dass Lerneffekte entstehen. Mehrere Autoren können parallel über ihren jeweiligen Designer Inhalte erstellen und auch von anderen Autoren erstellte Inhalte einsehen und bearbeiten.

Abbildung D.04:  
Architektur des Systems „Process Guide“ der imc AG.



Auf der Anwenderseite wird der Benutzer Schritt für Schritt durch den Prozess navigiert. Das Modul „Guide“ ruft in einer Problemsituation kontextsensitiv die passenden Hilfeinformationen automatisch vom „Manager“ ab. Die Informationen sind individualisiert und auf das Bildungsniveau des Benutzers ausgerichtet. Die Ausgaben werden auf die unterschiedlichen Endgeräte ausgerichtet. Werden systematische Wissensdefizite beim Benutzer festgestellt, so wird er gezielt gefördert. Zur Unterstützung von Compliance wird der Anwender realtime über relevante Richtlinien informiert.

Bei Bedarf werden Verbindungen zu menschlichen Experten und dem Helpdesk über Social-Media-Funktionen hergestellt. Das System unterstützt die Bearbeitungsprozesse im computerunterstützten Büro. Das System „imc Process Guide“ wird insbesondere zur Benutzerunterstützung von SAP- und weiterer Anwendungssoftware eingesetzt und hat dort erhebliche Rationalisierungserfolge erzielt, so in einer großen Versicherung bei der Einführung von SAP-Software und in der öffentlichen Verwaltung bei der Einführung von Microsoft-Software <sup>[23]</sup>.

Aber auch im Fertigungsbereich können ähnliche Unterstützungen gegeben werden. Bei einer Maschinenumstellung werden z. B. dem Mitarbeiter Erläuterungstexte zu der Maschine auf sein Smartphone oder auf eine AR (Augmented Reality)-Brille eingeblendet. Augmented Reality besagt, dass der Anwender über die von ihm beobachtete Realität, also hier die Maschinesituation, zusätzliche Informationen erhält.

Mit der Kamera seines Smartphones kann er die Umgebung scannen und das System ermittelt die sinnvollsten Hilfen für die Situation. AR-Datenbrillen sind transparent, so dass der Mitarbeiter weiterhin sein Blickfeld sieht und die Hände für manuelle Tätigkeiten frei bleiben (vgl. Abb. D.05). Eine weitere Anwendung in der Fertigung sind Reparaturanweisungen, die bei einem plötzlichen Maschinenausfall angeboten werden. Neben Augmented Reality bekommen Virtual Reality (VR)-Anwendungen immer höhere Bedeutung. Bei einer Virtual-Reality-Anwendung taucht der Anwender in eine virtuelle Welt ein und kann sich in ihr frei bewegen. Durch eine 360-Grad 3D-Kamera werden dem Anwender realtime detaillierte Aufnahmen zur Verfügung gestellt, aus denen er bereits geringfügige



Abbildung D.05:  
Anweisungen auf dem  
Smartphone oder einer  
AR-Datenbrille <sup>[24]</sup>.

Materialfehler erfassen kann. In Abb. D.06 ist eine Datenbrille mit dem Blick in ein Motorge triebe dargestellt, in das eine Minikamera eingebaut ist. Der Mitarbeiter kann sich frei in dem Getriebe umsehen und fühlt sich quasi als Teil des Getriebes. Sogar im laufenden Betrieb kann er dann Wartungsarbeiten vornehmen. Durch Kombination mit AR werden auch Kommentare und Hilfstexte in die Bilder eingeblendet.

Das Forschungsinstitut „AWS Institut für digitale Produkte und Prozesse“ führt intensive Forschungsprojekte zu VR-Anwendungen in Bildung und Industrie 4.0 durch, aus denen auch die VR-Darstellung in Abb. D.06 stammt. Der Einsatz von Hologrammtechnik durch Produkte wie die Hololens von Microsoft eröffnet weitere Perspektiven. Das Unternehmen imc AG setzt VR bereits zur praktischen Lernunterstützung im Zusammenhang mit ihrem System „Process Guide“ ein.

Insgesamt sind für das Gebiet Operational Performance Support in der Zukunft erhebliche Entwicklungen zu erwarten.

**Augmented Reality Anwendungen werden bereits heute in der Fertigung eingesetzt, um die Maschinenutzung spürbar zu vereinfachen.**

Abbildung D.06:  
Blick in ein Getriebe mittels  
VR-Brille (AWS-Institut).



#### E. Automatisierungsstufe 4: Robotic Process Automation (RPA)

In Unternehmen dominieren bisher ERP- und BPMS-Systeme den Einsatz von Unternehmenssoftware. Diese Systeme automatisieren im Wesentlichen repetitive Funktionen, die durch einfache Entscheidungsregeln gesteuert werden. Zu ihrer Bedienung ist Sachbearbeitertätigkeit erforderlich, um Eingabedaten vorzubereiten oder Entscheidungen zu treffen. Die Verarbeitung der Eingabedaten wird dann von der Software automatisch durchgeführt.

Diese Systeme automatisieren demnach nur einen Teil der Aufgaben eines Unternehmens (vgl. Abb. E.01). Neben der verbleibenden Sachbearbeitung und Bedienung der ERP- und BPMS-Systeme gibt es zahlreiche

arbeitsplatzbezogene Tätigkeiten, die ad-hoc anfallen, sehr spezifisch sind, den Zugriff auf mehrere Systeme benötigen oder komplizierte Entscheidungen erfordern. Hier werden dann generische Office-Systeme oder spezialisierte Anwendungssysteme zur Unterstützung der Sachbearbeiter eingesetzt.

Diese Aufgaben in einem Unternehmen werden als „long tail“ der Anwendungen bezeichnet (Abb. E.01). Sie werden seit einigen Jahren mit dem Konzept Robotic Process Automation (RPA) weiter automatisiert. Da die „long tail“-Anwendungen einen erheblichen Anteil an den Tätigkeiten im Unternehmen besitzen, ergibt sich ein hohes Automatisierungspotenzial.

Ein RPA-System ist ein Anwendungssystem und durchläuft den gesamten Prozesskreislauf der Abb. D.01. Das Problem muss erkannt, durch ein Softwaresystem umgesetzt und die einzelnen Instanzen ausgeführt werden. Auch hier können Logdaten erfasst und periodisch ausgewertet und Ist-Modelle generiert werden. Bei einer vollständigen Automatisierung einer Funktion durch RPA werden Unterstützungen, wie sie im Teil D mit dem Operational Performance Support behandelt wurden, obsolet. Fehlerbehandlungen sind dann selbst automatisiert.

Bei einer nur teilweisen Automatisierung beziehen sich die Unterstützungen des Teils D auf die noch verbliebenen manuellen

Mit Robotic Process Automation (RPA) wird ein neuer Weg der Automatisierung von Geschäftsprozessen eingeschlagen, der ein erhebliches Rationalisierungspotenzial birgt.

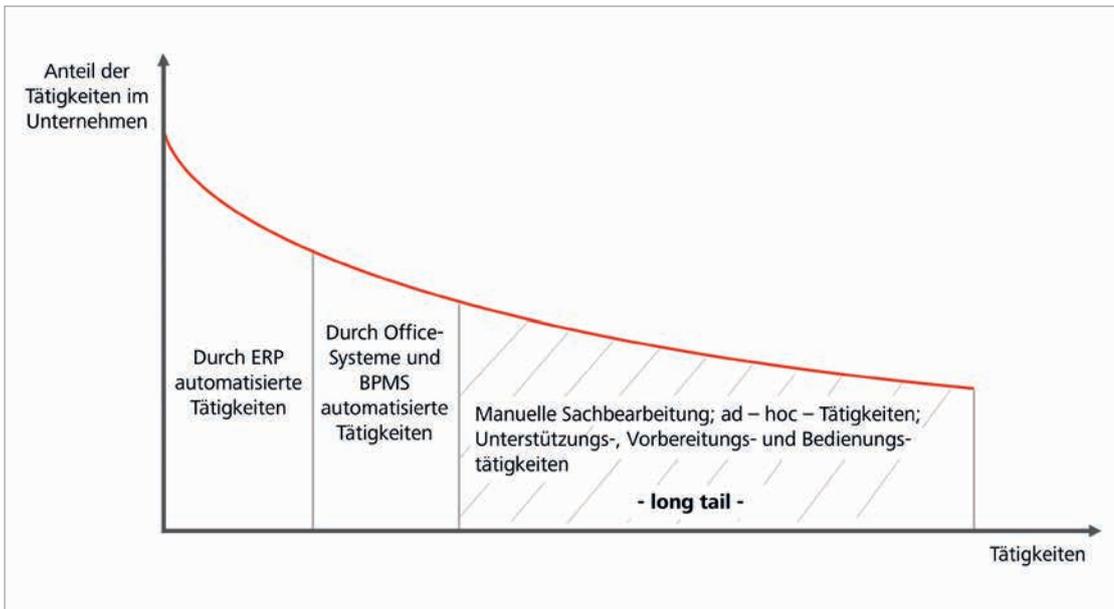


Abbildung E.01:  
Long-Tail der zu automatisierenden Tätigkeiten in Unternehmen.

Sacharbeitertätigkeiten. Mit RPA wird ein neuer Weg zur Automatisierung von Geschäftsprozessen eingeschlagen, der ein hohes Rationalisierungspotenzial eröffnet.

## I. Überblick zu Robotic Process Automation (RPA)

Roboter dominieren in der Fertigung bereits ganze Produktionsstraßen: Sie arbeiten selbstständig rund um die Uhr, zeigen keine Ermüdung, arbeiten fehlerfrei in gleichbleibender Qualität, können ihre Arbeit vollständig dokumentieren und sind im Rahmen ihrer Funktionalität flexibel auf neue Tätigkeiten zu trainieren (Abb. E.02).

Diese Eigenschaften sind auch für Tätigkeiten im Bürobereich attraktiv. In den betrieblichen Funktionen Logistik, Einkauf, Vertrieb, Produktentwicklung, Rechnungswesen und Personal sind bereits in den letzten drei Jahrzehnten durch IT erhebliche Rationalisierungserfolge erzielt worden. Aber diese Anwendungen benötigen immer noch den menschlichen Sachbearbeiter (Abb. E.03).

Um die Kosten der menschlichen Arbeit weiter zu senken, wurden in den letzten zwei Jahrzehnten viele einfache, aber arbeitsintensive Tätigkeiten der Benutzung dieser Systeme in sogenannte Billiglohnländer „outsourced“. Geeignete Anwendungen hierfür sind z. B. die Steuerung von IT-Infrastruktur, Call-Center, Lohnabrechnung, Finanzbuchführung oder Einkauf. Sie sind stark durch Regeln definiert und Mitarbeiter können relativ leicht angelernt werden. Bei diesen Anwendungen setzt auch im ersten

Schritt das Prinzip von RPA an. Die Bedienung der Systeme soll nun von Software-Robotern übernommen werden. Abb. E.04 zeigt zwar maschinelle Roboter, aber tatsächlich sind es „unsichtbare“ Softwareprogramme. Der Markt für RPA wird bis zum Jahr 2024 auf vier bis fünf Mrd. US \$ geschätzt <sup>[25], [26]</sup>.

Einfache Anwendungsfälle, die sich häufig wiederholen, in großer Zahl anfallen, durch gesetzliche oder Geschäftsregeln gesteuert werden und nur wenige, unbedingt von Menschen zu bearbeitende Ausnahmen enthalten, können dann einer weiteren automatischen Bearbeitung zugeführt werden. Der menschliche Bearbeiter wird dann, wie in der Fertigung, durch einen Roboter, hier allerdings ein Software-Roboter, ersetzt.

Die bisher eingesetzten Anwendungssysteme bleiben unangetastet. Es wird lediglich die Bedienung, die bisher von Sachbearbeitern

Abbildung E.02:  
Roboter dominieren in der Fertigung bereits ganze Produktionsstraßen.





© Competence Call Centre GmbH

Abbildung E.03:  
In vielen betrieblichen Funktionen sind durch moderne Softwareanwendungen Arbeitsschritte automatisiert worden, für die Sachbearbeitung benötigen sie jedoch nach wie vor den menschlichen Einsatz.

ausgeführt wurde, von Software abgelöst. Der Software-Roboter verhält sich wie der Sachbearbeiter. Er bedient sich dabei z. B. einer virtuellen Tastatur oder einer virtuellen Maus. Da die Anwendungssysteme nicht (oder kaum) verändert werden, wird die strategische Softwarearchitektur des Unternehmens nicht berührt und führt zu keinem Aufwand und Entscheidungsbedarf des CIO des Unternehmens. Der Roboter dockt sich an die Benutzerschnittstellen und Oberflächen der Systeme an und führt die Arbeitsschritte so aus, wie sie bisher der menschliche Sachbearbeiter ausgeführt hat. Es handelt sich quasi um eine Automation der Automation.

Die überwiegende Zahl von Veröffentlichungen zu RPA sind Fallstudien, Systembeschreibungen und Überblicksartikel von

IT-Analysten und Beratungsunternehmen. Ähnliche Begriffe wie RPA sind <sup>[27]</sup> Information Technology Process Automation (ITPA) oder Intelligent Robotic Process Automation (IRPA), wenn der Einsatz von Artificial Intelligence (AI) betont werden soll <sup>[26]</sup>. Für den Begriff Software-Roboter werden auch die Bezeichnungen ‚clients‘ oder ‚agents‘ verwendet.

Durch neue Softwarearchitekturen werden RPA-Tools bereitgestellt, die es dem Fachbereich in relativ kurzer Zeit ermöglichen, RPA-Projekte selbst zu definieren, zu steuern und mit Hilfe von Beratern und IT-Experten ohne Programmieraufwand selbst umzusetzen. Die genannten Vorteile eines Robotereinsatzes in der Fertigung, wie 24/7 Verfügbarkeit, gleichbleibende Qualität und lückenlose Dokumentation, sind dann auch hier nutzbar. Der letzte Punkt ist für Compliance-Fragen und für das Process Mining von besonderer Bedeutung. Der zu erzielende Rationalisierungsgewinn durch RPA wird bei outgesourceten Anwendungen auf weitere 50 % geschätzt. Entsprechend viel höher fällt er gegenüber einer Inhouse-Bearbeitung aus.

Das Ergebnis sind dann Bots, also Computerprogramme, die automatisch sich wiederholende Aufgaben abarbeiten. Bots können untereinander kommunizieren und bilden dann Botnets.

Beim Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz kann der Roboter natürliche Sprachen verstehen, erkennt und interpretiert

Abbildung E.04:  
Mit Hilfe von Software-Robotern (Bots) können weitere Arbeitsschritte automatisiert werden.



© NDR

strukturierte und unstrukturierte Daten (z.B. Emails) und verfügt über kognitive Lernfähigkeiten. Mit diesem IRPA können auch komplexere Geschäftsprozesse automatisiert werden. Hier ist es dann nicht nur das Ziel, die Kosten einer bestehenden Anwendung zu reduzieren, sondern auch zusätzlichen Nutzen zu erzeugen, indem weitere Leistungen übernommen werden. Beispiele sind Kundendialoge (Chatbots) zur Vereinbarung von Serviceterminen oder Identifizierung von Kundenwünschen.

Werden mehrere Roboter in einem Anwendungsfeld eingesetzt - dieses können leicht 10 bis 100 Roboter sein - kann ein Robot Controller die einzelnen Bearbeitungsfälle den entsprechenden Robotern zuteilen. Er analysiert dann die Fälle nach inhaltlichen Kriterien, z. B. bei eingehenden Emails nach Anhaltspunkten für Beschwerden, Bestellungen, Änderung von Wartungsterminen oder Nutzungshilfen, und weist die Mails zur Bearbeitung den zuständigen Robotern zu.

Immer mehr erfolgreiche RPA-Projekte machen deutlich, dass ein neues Softwarekonzept zur Prozessautomatisierung entsteht, das die Digitalisierungsstrategien der Unternehmen stark bestimmen wird.

## II. Anwendungsgebiete und -fälle

RPA kann einerseits als Ergänzung bestehender Standardsoftware, aber auch bei bisher stark von Sachbearbeiterfähigkeiten dominierten speziellen Anwendungen eingesetzt werden. RPA

übernimmt dann Funktionen, die bisher von Sachbearbeitern mit Hunderten oder sogar Tausenden Spreadsheet- und Datenbankanfragen ausgeführt wurden.

Zunächst wird ein Beispiel gezeigt, in dem eine ERP-Anwendung um RPA ergänzt wird (Abb. E.05a, b) und anschließend eine von Sachbearbeitung dominierte Anwendung (Abb. E.06 a, b).

Eine wichtige Funktion innerhalb der Einkaufsanwendung eines ERP-Systems ist die Prüfung der eingehenden Lieferantenrechnungen (Abb. E.05a). Hier muss auf vielfältige Daten der Bestellung, des Wareneingangs, der Qualitätsprüfung usw. zugegriffen werden, um die Berechtigung des Rechnungsbetrages zu erkennen. Beispielsweise müssen Bestellaangaben über Preiskonditionen, erfasste Mengen des Wareneingangs sowie Ergebnisse der Qualitätsprüfung mit den Rechnungsdaten übereinstimmen. Die vom ERP-System automatisch erkannten berechtigten Fälle können dann gleich an die automatisierte Funktion Zahlung weitergegeben werden. Stimmen die Daten dagegen nicht überein, müssen Sachbearbeiter diese Fälle durch Nachfragen beim Lieferanten und/oder bei interner Stelle klären. Die Anzahl dieser Sonderfälle hängt davon ab, wie fein im ERP-System die Entscheidungsregeln formuliert sind. Häufig bleibt aber ein erheblicher Klärungsbedarf zurück.

Ein Software-Roboter kann diese Klärung übernehmen. Durch Beobachtung der Sachbearbeiter können der Prüfablauf erfasst, die

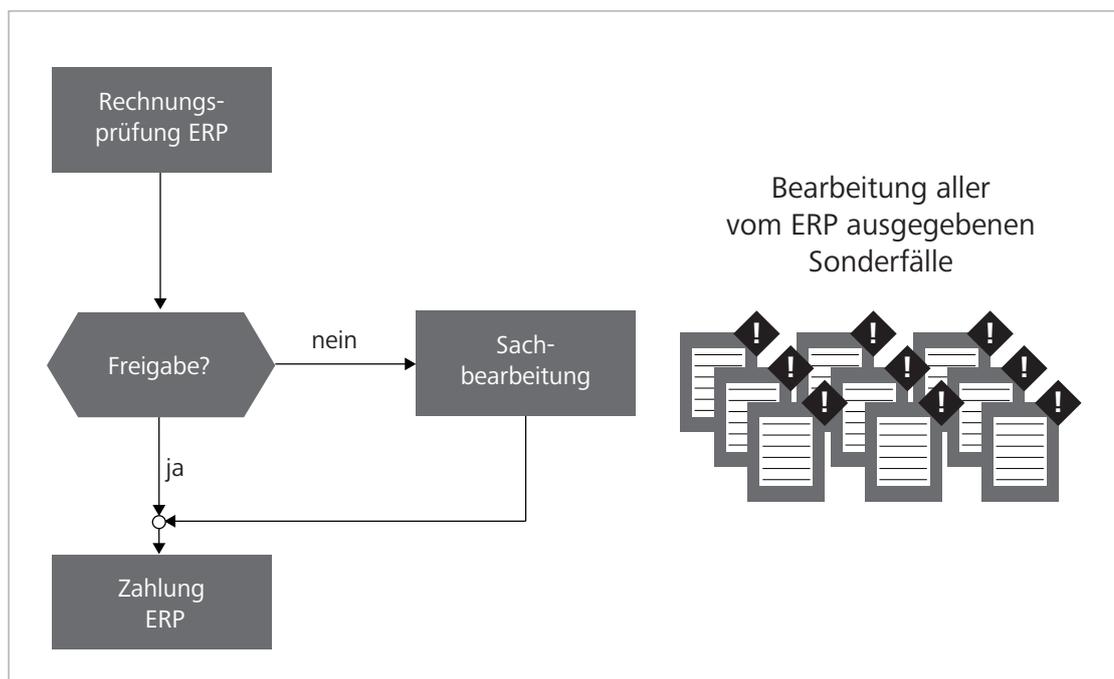
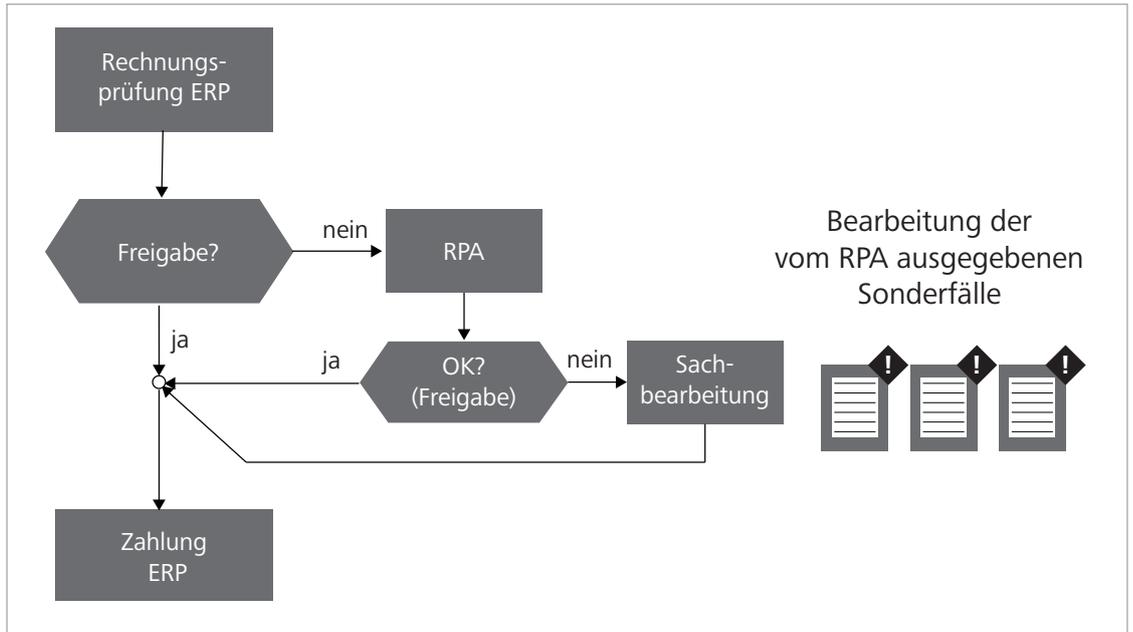


Abbildung E.05a:  
Prüfung der eingehenden Lieferantenrechnungen – manuell.

Abbildung E.05b:  
Prüfung der eingehenden  
Lieferantenrechnungen –  
RPA unterstützt.



Bearbeitungsregeln erkannt und dem Roboter übertragen werden; er wird dann quasi von dem Best-Practice-Vorgehen des Sachbearbeiters trainiert. Die vom Roboter nicht zu bearbeitenden extremen Sonderfälle müssen dann weiter von Sachbearbeitern behandelt werden (Abb. E.05b), aber es sind dann weitaus weniger als in Abb. E.05a.

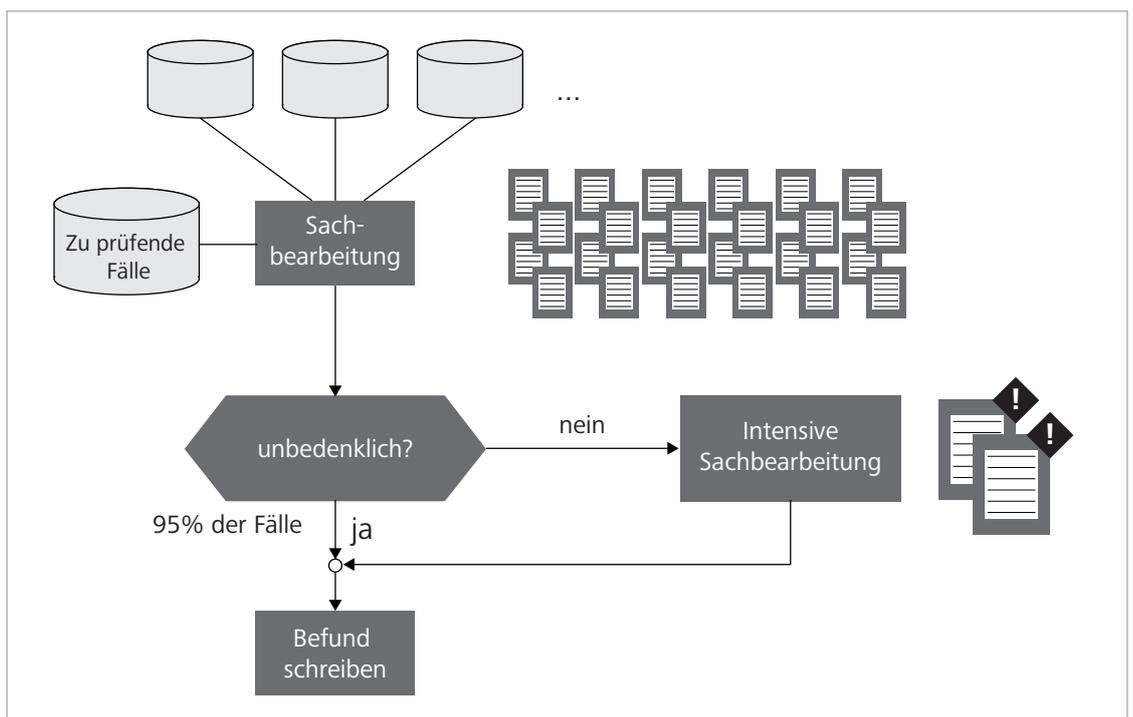
In Abb. E.06a ist der Fall eines weitgehend von Sachbearbeitung dominierten Arbeitsablaufs angegeben (leicht verfremdeter praktischer Fall, der mit der Integrationsplattform „Scheer E2E

Bridge“ des Softwareanbieters „Scheer E2E“ gelöst wurde <sup>[28]</sup>).

Es handelt sich dabei um eine polizeiliche Überprüfung von Personen im Rahmen einer Antragsbearbeitung. Die Prüfaufträge können von unterschiedlichen Stellen eingehen. Bei dem Antrag auf Flüchtlingsanerkennung oder Ausstellung eines Waffenscheins muss dann geprüft werden, ob der Antragsteller kriminaltechnisch unbedenklich ist.

Dazu werden Daten aus verschiedenen Datenbanken (z.B. Landes-, Bundes-, und

Abbildung E.06a:  
Fallbeispiel polizeiliche Personenprüfung – manuell <sup>[28]</sup>.



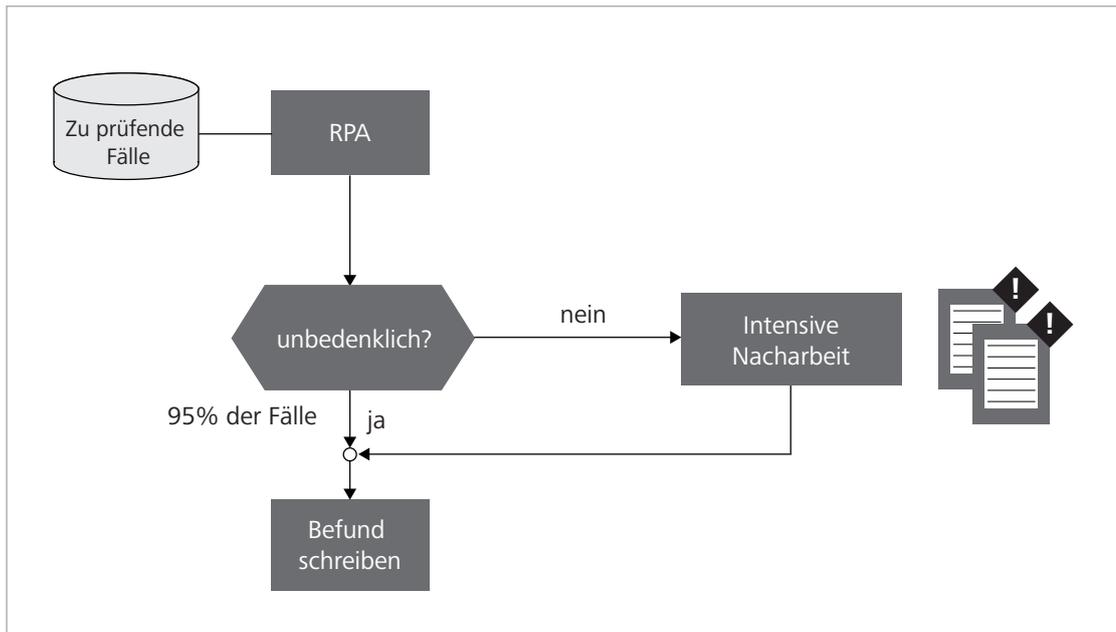


Abbildung E.06b:  
Fallbeispiel polizeiliche Personenprüfung – RPA unterstützt <sup>[28]</sup>.

internationalen Datenbanken) aus unterschiedlichen Systemen abgefragt und vom Sachbearbeiter ausgewertet. In der Regel ist das Ergebnis negativ, also der Antragsteller unbedenklich. Trotzdem wird jeder Fall manuell bearbeitet. Nur wenige Fälle müssen dann bei positivem Befund sorgfältig weiterbearbeitet werden.

In Abb. E.06b übernimmt der Roboter die Anfragen an die Datenbanken, führt regelgesteuert die Angaben zusammen und filtert damit die unbedenklichen Fälle aus, sodass nur für die wenigen intensiv zu überprüfenden Fälle Sacharbeit erforderlich ist.

Menschen und Roboter arbeiten in den Beispielen kollaborativ zusammen. Ist eine Aufgabe vollständig durch Regeln zu beschreiben, kann sie auch völlig ohne Eingriff von Menschen durch RPA automatisiert werden.

In Abb. E.07 ist eine automatische Reisekostenabrechnung durch RPA dargestellt. Der Roboter verfügt dabei neben Speicher- und Abrechnungsfähigkeiten auch über Funktionen der künstlichen Intelligenz. Er sammelt und speichert alle anfallenden Dokumente, die der Reisende per Smartphone fotografiert. Er erkennt die unterschiedlichen Belegarten, erkennt die Zahlungsbeträge und Zahlungsformen, berechnet die dem Reisenden zu erstattenden Beträge gemäß der Reisekostenrichtlinie und veranlasst den Überweisungsvorgang. Das System begleitet den Reisenden, verfolgt alle Reiseschritte, versteht Schriften und die natürliche Sprache des Reisenden und fordert selbstständig erwartete Belege an. Am Ende der Reise

befindet sich das Geld bereits auf dem Konto des Reisenden.

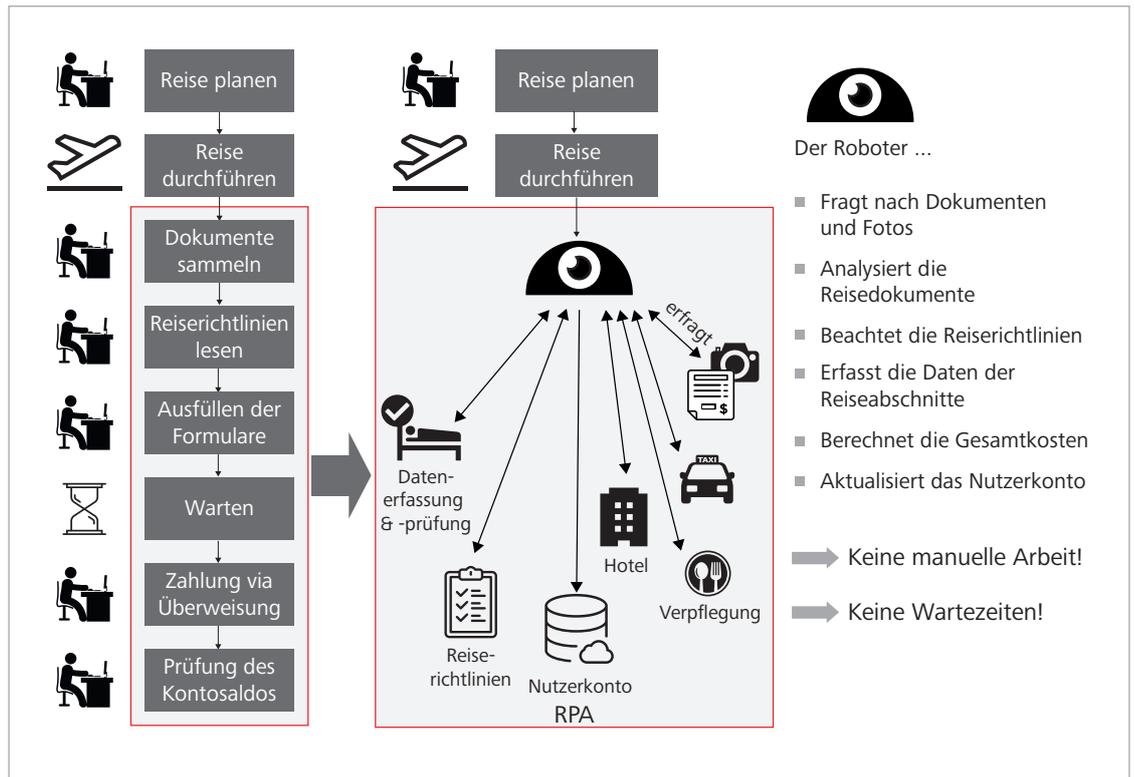
Dieses Beispiel zeigt, dass selbst bei einer so alltäglichen Anwendung wie einer Reisekostenabrechnung schon intelligente Funktionen vom RPA verlangt werden. Da ein Software-Roboter in der Regel nur auf ein kleines Aufgabenspektrum ausgerichtet ist, besteht eine komplexe RPA-Aufgabe häufig aus der Verknüpfung mehrerer Roboter, wie dies auch in einer Fertigungsstraße der Fall ist.

**Software-Roboter sind in der Lage durch Beobachtung der Tätigkeiten von Sachbearbeitern Best-Practice-Vorgehen zu erlernen und diese anschließend zu automatisieren.**

Einige eindrucksvolle Beispiele, die die Anwendungsbreite von RPA-Anwendungen zeigen, sind:

1) In einer Bank in Großbritannien <sup>[29]</sup> wurden täglich von elf Mitarbeitern 2.500 Konten manuell dahingehend überwacht, ob bestimmte Überweisungen wegen des geringen Kontostandes ausgeführt oder abgelehnt werden sollen. In wenigen Monaten wurde diese Aufgabe an

Abbildung E.07:  
Automatische Reisekosten-  
abrechnung mit RPA.



zwanzig Roboter übertragen und die Arbeit, die vorher erst nachmittags um 15 Uhr erledigt war, konnte nun bereits um 11 Uhr abgeschlossen werden. Die Kosten wurden um 80 % gesenkt und die Mitarbeiter konnten für höherwertige Arbeiten in der Kundenbetreuung eingesetzt werden.

2) In einer Einkaufsabteilung <sup>[29]</sup> einer Autohändlerkette in Großbritannien wurde das Einkaufssystem um Roboter zur automatischen Bedarfserkennung, Verfügbarkeitsprüfung der Lieferanten und zur Bestellauslösung ergänzt.

3) In den USA <sup>[29], [30]</sup> wurde in einer Versicherung das Management einer privaten Cloud-Umgebung, insbesondere die flexible Skalierung der virtuellen Maschinen, an Roboter übertragen. Das System wurde in 120 Tagen entwickelt und garantiert eine Verfügbarkeit von 99,99 %.

4) In Großbritannien hat ein Outsourcing-Unternehmen durch ein Team von 20 Mitarbeitern mit großem Erfolg seine Angebote für Versicherungskunden weitgehend durch Roboter ersetzt <sup>[17]</sup>.

5) Bei einem europäischen Energieversorger werden 300 Roboter eingesetzt, die die Arbeit

von 600 Mitarbeitern verrichten <sup>[31]</sup>. Dabei wurden in großem Umfang Arbeiten, die nach Indien outsourced waren, durch Roboter ersetzt. Die Roboter wurden auch nach der Einführung eines neuen ERP-Systems zu dessen Ergänzung eingesetzt, z. B. für die Plausibilitätsprüfung bei Energieverbrauchsmessungen.

6) In <sup>[27]</sup> werden Anwendungsfelder innerhalb der Steuerung von IT-Systemen genannt wie der Einsatz von Robotern zur Steuerung von Servern, Speichersystemen, Netzwerken, Security, Passwortverwaltung und job-scheduling.

7) In Deutschland hat die DATEV eG angekündigt, die Kontierung von Belegen durch ein KI-System zu automatisieren <sup>[32]</sup>.

8) Die Deutsche Telekom setzt erfolgreich in großem Umfang Software-Roboter für Kundendienstleistungen ein <sup>[33]</sup>.

Insgesamt sind solche Anwendungen für RPA geeignet, die strukturiert sind, in großer Zahl anfallen und durch Regeln gut gesteuert werden können. Besonders geeignete Branchen mit derartigen Anwendungen sind Banken, Versicherungen, Telekommunikationsanbieter, Energieversorger und Internetschops bei kundenbezogenen Anwendungen. Bei den branchenunabhängigen

betrieblichen Funktionen sind Vertrieb, Einkauf, Finanzen, Service und Personalanwendungen prädestiniert. Damit ergibt sich ein breites Anwendungsspektrum für RPA, so dass es schon als Nachfolger des ERP-Erfolges angesehen wird.

### III. Softwarefunktionen einfacher RPA-Anwendungen

Als einfache RPA-Anwendungen werden hier Roboter ohne intensive KI-Funktionalitäten bezeichnet. Den Software-Robotern sind Passwörter zugeordnet, mit denen sie berechtigt sind, auf Anwendungen zuzugreifen. Typische Funktionen, die sie dann ausführen, sind (siehe z. B. [34], [35]):

- ▶ Anmelden, Abmelden,
- ▶ Masken ausfüllen,
- ▶ Lesen und Schreiben in Datenbanken,
- ▶ Daten extrahieren,
- ▶ Erstellen von Reports,
- ▶ Einloggen in ERP-Systeme und Zugriff über API's auf deren Daten,
- ▶ Integrieren von Daten aus unterschiedlichen Systemen,
- ▶ If-Then-Regeln analysieren und befolgen,
- ▶ auf soziale Medien zugreifen,
- ▶ Berechnungen ausführen,
- ▶ E-Mails öffnen und Verarbeiten.

Für diese Funktionen werden von RPA-Anbietern Softwarebausteine entwickelt und dem Anwender zur Konfiguration und Customizing des RPA zur Verfügung gestellt.

Bei einem prozessgetriebenen Ansatz kennt der Roboter das Prozessmodell seiner Aufgabe und wird dadurch geführt. Durch die Dokumentation der Bearbeitungsschritte wird ein detailliertes Process Mining unterstützt.

Beim Einsatz mehrerer Roboter übernimmt ein Robot-Controller die Zuteilung der zu bearbeitenden Fälle zu unterschiedlichen Bearbeitungsrobotern. Der Controller ist dabei selbst ein Roboter. In seinem Repository sind die von den Bearbeitungsrobotern auszuführenden Tätigkeiten einschließlich der Versionsverwaltung beschrieben.

### IV. Intelligentes oder kognitives RPA

Das einfache RPA hat bereits einen professionellen Entwicklungsstand erreicht und kann seinen Erfolg durch Kosteneinsparung, Zeitverkürzung und Qualitätsverbesserung von Geschäftsprozessen in der Praxis nachweisen.

Freigesetzten Mitarbeitern können höherwertige Aufgaben zugeteilt werden und damit kann die Kundenbetreuung verbessert werden. Dabei handelt es sich aber um relativ einfache, durch Regeln bestimmte Tätigkeiten.

Durch Einsatz von KI-Methoden können auch solche Tätigkeiten unterstützt oder sogar automatisiert werden, die Fähigkeiten erfordern, die bisher dem Menschen vorbehalten waren. Hier sind erste beeindruckende Ergebnisse vorhanden, die in der nächsten Zeit durch die mit hohem Ressourceneinsatz unterstützte Entwicklung von KI-Methoden sprunghafte Steigerungen erwarten lassen. Die Unterscheidung zwischen einfachem und intelligentem RPA wird deshalb zunehmend verschwinden.

So hat Google angekündigt, spezielle Hardware mit enormer Leistungsfähigkeit (TPU = Tensor Processing Units mit 180 Teraflops) zu entwickeln. Akzeptanzschübe haben die spektakulären Erfolge des IBM-Systems

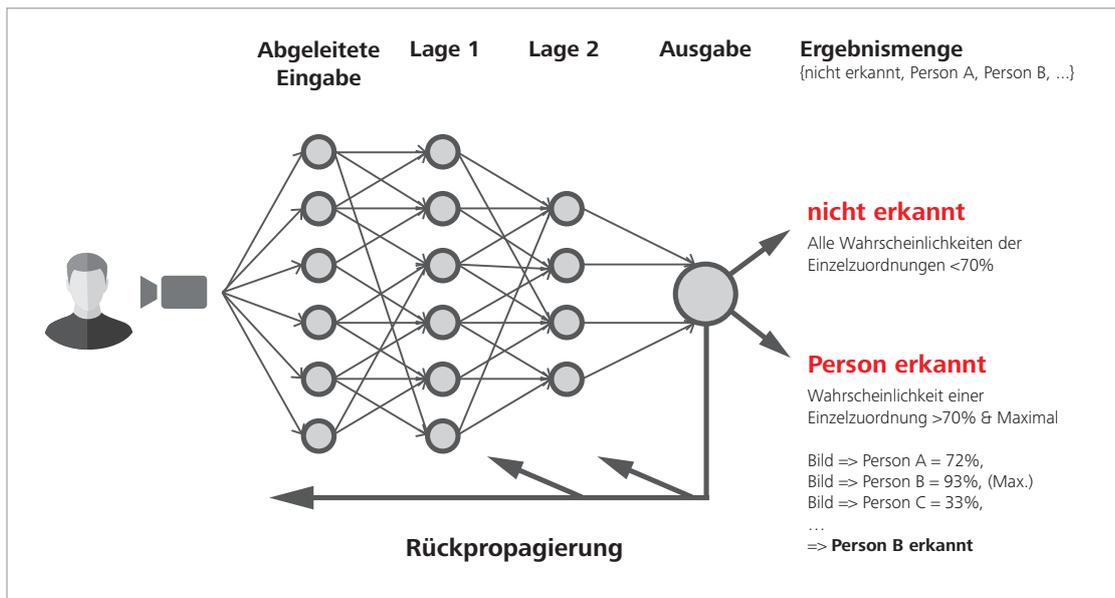
Ist eine Aufgabe vollständig durch Regeln zu beschreiben, kann sie auch völlig ohne Eingriff von Menschen durch RPA automatisiert werden.

Deep Blue im Schachspiel, der Erfolg des IBM-Systems Watson beim Jeopardy-Spiel und das Google System AlphaGo im Go-Spiel gegeben, die nun auch auf geschäftliche Anwendungen ausstrahlen. Das Gleiche gilt für natürlichsprachliche Systeme wie Siri von Apple oder Alexa von Amazon.

Sicher werden auch kognitive RPA-Systeme den Sachbearbeiter nicht völlig ersetzen. Verfügt er neben der kognitiven Intelligenz doch auch noch über emotionale und soziale Intelligenz. So hat man fußballspielenden technischen Robotern erst mit großen Mühen das Doppelpass-Spielen trainieren können, da sie zunächst trainiert waren, selbst den Torschuss zu suchen. Den Ball an einen anderen Roboter abzugeben erfordert dagegen soziale Intelligenz.

Der Mensch hat in seinen Fähigkeiten zur Kreativität, zum Erkennen komplexer Situationen, zur Führung komplexer Konversation und zur Bewältigung vieler Alltagshandlungen

Abbildung E.08: Mehrstufige Künstliche Neuronale Netze.



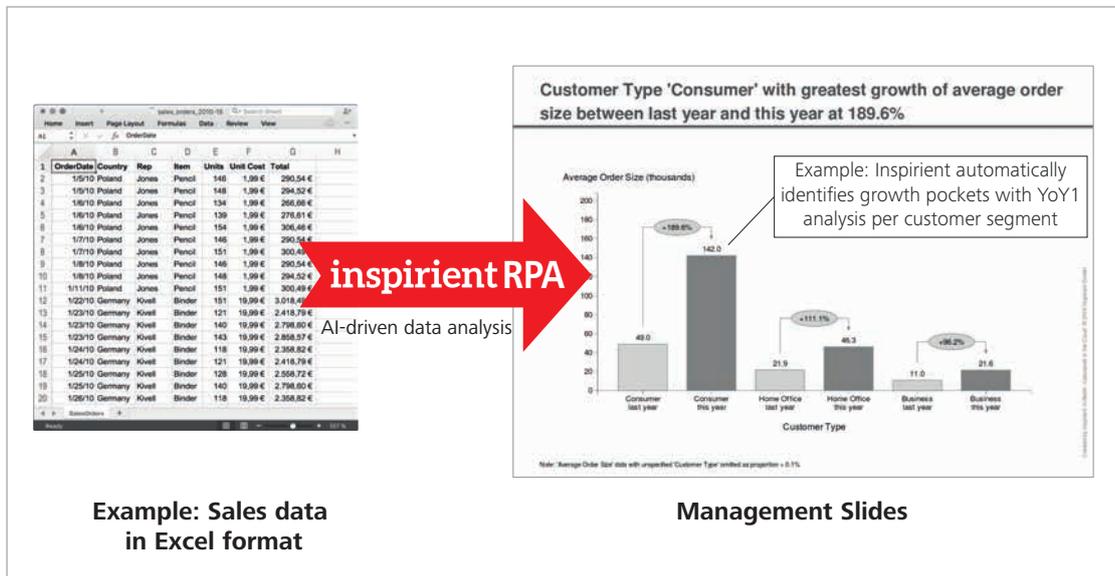
immer noch einen großen Vorsprung. Die künstliche Intelligenz rückt aber der natürlichen näher. Funktionen wie automatisches Erkennen von Handschriften und Bildern, Prognosen erstellen, Muster in großen Datenmengen erkennen, Ergebnisse visualisieren sowie natürliche Sprache verstehen und übersetzen sind bereits stark fortgeschritten. Insbesondere spielt maschinelles Lernen eine wichtige Rolle.

Unter maschinellem Lernen als Oberbegriff wird „Lernen aus Erfahrung“ verstanden. Durch das Erleben vieler Eingabe-Ergebnis(Ausgabe)-Fälle wird ein System trainiert, den Zusammenhang zwischen Eingabe- und Ausgabedaten zu lernen, um dann bei einer neuen unbekanntem Eingabe die entsprechende Ausgabe zu nennen. Das System soll somit aus

Daten lernen, Voraussagen zu treffen. Methoden können dazu u. a. die statistische Regressionsanalyse oder künstliche neuronale Netze sein (vgl. Abb. E.08). Künstliche Neuronale Netze (=KNN) sind dem menschlichen Gehirn nachempfunden. Durch Eingabe von vielen Eingabe-Ausgabe-Fällen werden die Gewichte  $W_{i,j}$  gelernt, die zur zugehörigen Ausgabe führen. Ob dabei eine Ausgabe zur Eingabe passt, wird in der Trainingsphase vom Menschen beurteilt oder anhand von Vergangenheitsdaten überprüft. Wird ein Netz mit mehreren Lagen (hidden layer) zur fortlaufenden Verfeinerung gebildet, so spricht man von deep learning.

In Abb. E.08 wird einem KNN als Eingabe ein Pixelmuster von einer Kamera gegeben,

Abbildung E.09: Automatische Datenanalyse mit RPA [36].



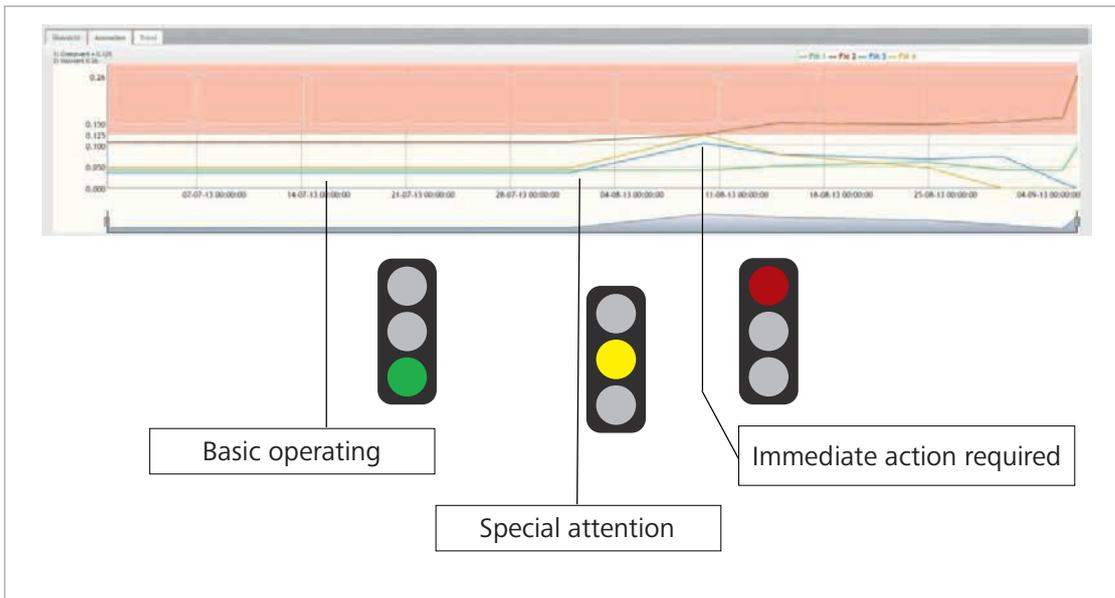


Abbildung E.10:  
Predictive Maintenance mit  
RPA des Unternehmens  
IS-Predict <sup>[37]</sup>.

welches das System dahingehend untersucht, ob es einer Person zugeordnet werden kann.

Das richtige Ergebnis wird dann von dem System wieder zur Anpassung der Gewichte verwendet, so dass das Netz weiter lernt und deshalb als selbstlernendes System bezeichnet werden kann. Gegenüber Ansätzen, die auf einem Kausalmodell basieren, können Methoden des maschinellen Lernens heute keine inhaltliche Erklärung für ihre Ergebnisse zeigen.

Es wird aber angestrebt, in der KI eine Verbindung von Lernen durch kausales Verstehen und durch Erfahrung zu finden. Intelligente RPA-Systeme werden bereits bei der Portfolioverwaltung von Wertpapieren von Großbanken eingesetzt oder zur Unterstützung von Compliance-Prozessen <sup>[35]</sup>.

In Versicherungen können eingehende elektronische Kundenanfragen automatisch analysiert und in natürlicher Sprache beantwortet werden. Ein großer Einzelhändler hat einen Stau von 150.000 unbearbeiteten Rechnungen durch ein in 3 Wochen erstelltes System gelöst <sup>[26]</sup>.

Im Kundendienst können natürlichsprachliche Dialoge zwischen Roboter und Mensch geführt werden, um das Kundenproblem zu identifizieren, Hilfestellungen zu geben oder an den zuständigen menschlichen Bearbeiter weiterzuleiten.

In statistischen Auswertungen einer Datei (z. B. einer Vertriebsdatei) können automatisch alle möglichen Korrelationen zwischen den Merkmalen wie Umsatz, Artikelgruppe, Verkaufsgebiet, Vertreter, Preis oder Menge

untersucht werden, um dann wesentliche Zusammenhänge und Ausreißer auszusondern. Dieses ersetzt dann die Arbeit eines Junior Consultants. In Abb. E.09 ist das Ergebnis einer vom System inspiriert <sup>[36]</sup> ausgewerteten Vertriebsdatenbank dargestellt. Das System hat selbstständig erkannt, dass im Jahresvergleich das größte Wachstum im Consumer-Kundensegment bei „treuen“ Kunden zu verzeichnen ist.

In Abb. E.10 ist ein praktischer Fall einer vorbeugenden (predictive) Wartung mit dem System des Unternehmens IS-Predict angegeben <sup>[37]</sup>. Die Kennlinien bezeichnen Indikatoren, die das Laufverhalten von vier Motoren einer Lokomotive kennzeichnen. Jeder Indikator komprimiert bereits die Messdaten von mehreren Sensoren. Das selbstlernende System erkennt, wann sich die Indikatoren so verändern, dass eine genauere Beobachtung angebracht ist oder eine sofortige Maßnahme erforderlich wird. In dem Beispiel wurde nicht eingegriffen und der Motor fiel anschließend mit erheblichen Folgeschäden aus.

Die realen Beispiele der Abb. E.09 und E.10 wurden von den Entwicklern nicht ausdrücklich als RPA-Systeme bezeichnet. Da sie aber die grundsätzlichen Eigenschaften eines intelligenten RPA erfüllen, also selbstständig eine abgeschlossene Aufgabe bearbeiten, die vorher von Menschen ausgeführt wurde, zeigen sie anschauliche Anwendungsfälle des RPA. Das Gleiche gilt für einige Bot-unterstützte Anwendungen, die im Abschnitt D zum operational performance support aufgeführt wurden.

Abbildung E.11:  
Merkmale des „einfachen“  
RPA und des intelligenten  
RPA [35].

	„einfache“ RPA	Intelligente RPA
Automatisiert Aufgaben, die ...	Methodische, repetitive, regelbasierte Routineaufgaben sind	Nicht-Routineaufgaben sind und welche eine detaillierte Betrachtung benötigen
In der Lage ...	Anweisungen zu befolgen	Zu Schlussfolgerungen zu gelangen
Anwendbarkeit ist ...	Breiter: Kann jeden passenden Prozess automatisieren	Begrenzter: Die Anwendung sollte darauf abzielen, aussagekräftige und erkenntnisreiche Ausgaben zu erzeugen
Marktangebote sind ...	Sich am etablieren	Gerade im Entstehen
Implementierung und laufende Kosten sind typischerweise ...	Kleiner	Höher
Implementierungszeitspannen sind typischerweise mehrere ...	Wochen	Monate

In Abb. E.11 aus [35] sind zusammenfassend die Unterschiede zwischen dem „einfachen“ RPA und dem intelligenten RPA dargestellt. Es wird aber noch einmal darauf hingewiesen, dass die Unterscheidung immer weniger wichtig wird, da mit fortschreitender Entwicklung der KI zunehmend Intelligenz in RPA einbezogen wird und sich damit die Unterscheidung auflöst.

#### V. Steuerung von RPA-Projekten

In der anwendungsorientierten Literatur sind detaillierte Projektabläufe beschrieben und vielfältige Ratschläge zur Steuerung von RPA-Projekten angegeben [17], [31], [38].

Hier sollen einige Kernaussagen genannt werden:

- ▶ Einfache RPA-Projekte sind wenig zeitaufwendig (häufig benötigen sie nur wenige Wochen),
- ▶ Intelligente RPA-Projekte sind zeitaufwendiger,
- ▶ RPA-Projekte werden hälftig von Mitarbeitern der Fachabteilung und hälftig von IT-Experten bearbeitet,
- ▶ Ein RPA-Projekt soll von einem Mitglied der Fachabteilung geleitet werden,
- ▶ Neben internen Mitarbeitern sollen erfahrene externe Experten eingesetzt werden,

▶ Zur Systementwicklung soll Standardsoftware, häufig in Form von RPA-Plattformen eingesetzt werden.

Die Architektur der RPA-Plattform der Scheer GmbH ist in Abb. E.12 dargestellt. Der gesamte Ansatz ist modellgetrieben. Ausgang einer RPA-Lösung ist das Soll-Prozessmodell des Problems. In dem Service Layer werden generische Funktionen bereitgestellt. Diese können selbst entwickelt sein oder von Partnern bezogen sein. Fremdservices sind insbesondere für KI-Algorithmen wie natürlichsprachliche Chatbots oder künstliche neuronale Netzwerk-Algorithmen sinnvoll. Hier bieten Unternehmen wie Google oder IBM umfangreiche Bibliotheken an. Der RPA-Orchestrator konfiguriert die Services zu einem lauffähigen Software Robot, der von der RPA-Runtime-Umgebung ausgeführt wird.

#### F. Scheer Innovation Netzwerk zur Geschäftsprozessautomatisierung

In dem Beitrag wurden Softwareprodukte und Projekte vorgestellt, die von Unternehmen stammen, die zum Innovationsnetzwerk der Scheer Holding GmbH gehören. An allen Unternehmen ist die Scheer Holding GmbH oder die AWS Stiftung für Wissenschaft und Kunst finanziell beteiligt. Sie beschäftigen sich mit der

Automatisierung von Geschäftsprozessen, entwickeln Softwareprodukte und bieten Beratungsleistungen an. Abb. F.01 zeigt das Organigramm des Netzwerks.

Zwischen den Unternehmen sowie von den Unternehmen zu den entsprechenden externen Communities bestehen intensive informationelle und fachliche Beziehungen, die in Abb. F.02 dargestellt sind.

Die ersten drei Unternehmen (Scheer GmbH, Scheer E2E und imc AG) besitzen bereits eine rund 20-jährige Entwicklungsgeschichte und werden hier deshalb als "etablierte Unternehmen" bezeichnet. Sie zeigen damit das für erfolgreiche länger bestehende Unternehmen typische Verhalten: Ihre Softwareprodukte entwickeln sich kontinuierlich über die Releasepolitik weiter, machen aber aus sich heraus keine disruptiven Entwicklungssprünge. Allgemein bekannte Gründe für die kontinuierliche Innovation sind, dass disruptive Entwicklungsideen das bestehende Businessmodel angreifen können und die Organisation sich deshalb gegen deren Verfolgung sträubt (Innovator's Dilemma) oder aber die neue Idee gegenüber dem bestehenden Geschäft (noch) so unbedeutend ist, dass ihr von Vertrieb und Entwicklungsbereich die notwendige Unterstützung fehlt. Die Organisation ist stärker darauf konzentriert, die in Wartungsverträgen zugesagten funktionalen Erweiterungen und Fehlerbehebungen der bestehenden Softwareprodukte auszuführen, als sich mit "Experimenten" zu beschäftigen.

## Zur Steuerung von Fabriken und Rechenzentren lassen sich mit intelligentem RPA Szenarien bis zur vollständigen Automatisierung entwickeln.

Kurz, die Innovationen entwickeln sich in den bestehenden Bahnen.

Die nächste Gruppe sind noch junge Start-up-Unternehmen. Ihre Geschäftsidee braucht bei der Gründung keine Rücksicht auf die Kannibalisierung bestehender Produkte und Geschäftsideen zu nehmen, sondern sie beginnen quasi auf der "grünen Wiese". Sie fokussieren ihre ganze Kraft auf die Gründungsidee und können sich mit einem kleinen Produkt in einer Marktnische entwickeln, die für ein etabliertes Unternehmen uninteressant ist. Die Vorteile eines Start-up-Unternehmens sind also vor allem die leichtere Umsetzung disruptiver Ideen und dessen klare Fokussierung. Zu weiteren Charakteristika von Start-up-Unternehmen siehe <sup>[40]</sup>.

Ist die Idee eines Start-up-Unternehmens erfolgreich, dann können sich auch etablierte Unternehmen dafür interessieren und durch Kooperationen mit dem Start-up ihr Produktportfolio verbreitern oder selbst in das Thema einsteigen. Sie bieten als Gegenleistung den Start-up-Unternehmen Vertriebsunterstützung und Management Know-how. Mit dem

Abbildung E.12: Prozessautomatisierung mittels RPA in der Architektur der Scheer iPBM Suite <sup>[39]</sup>.

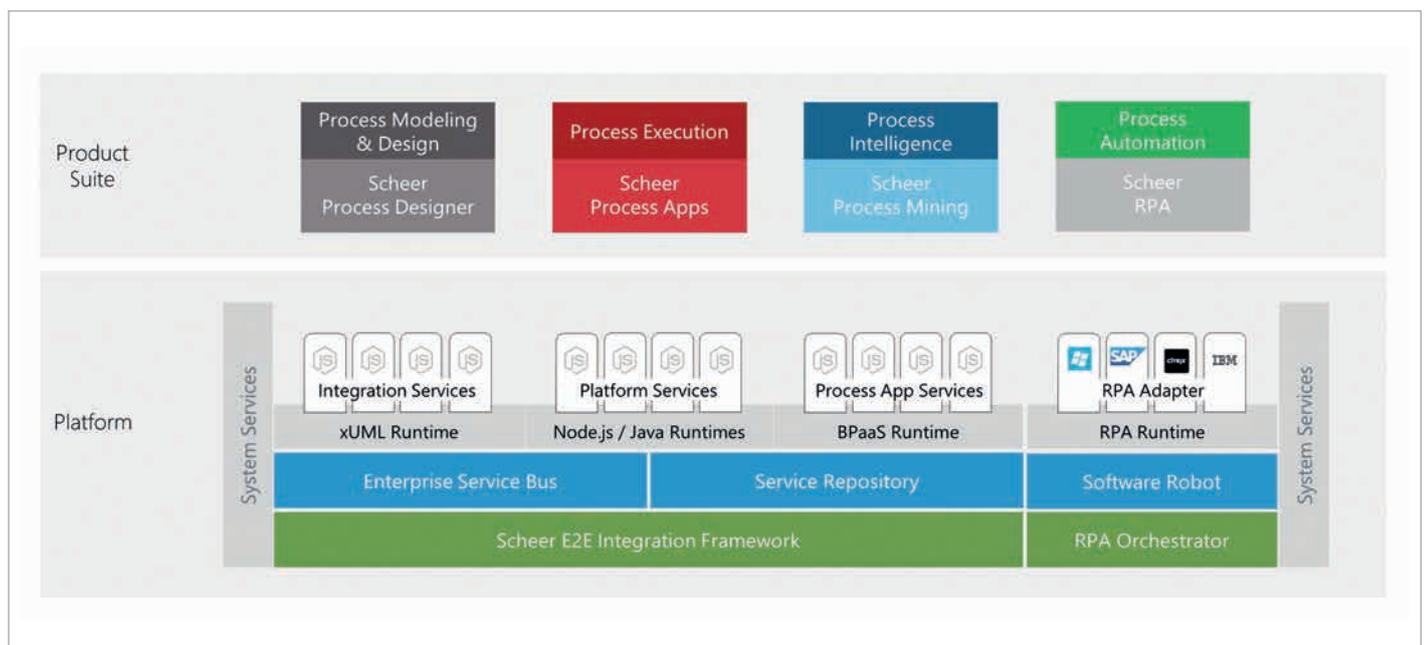
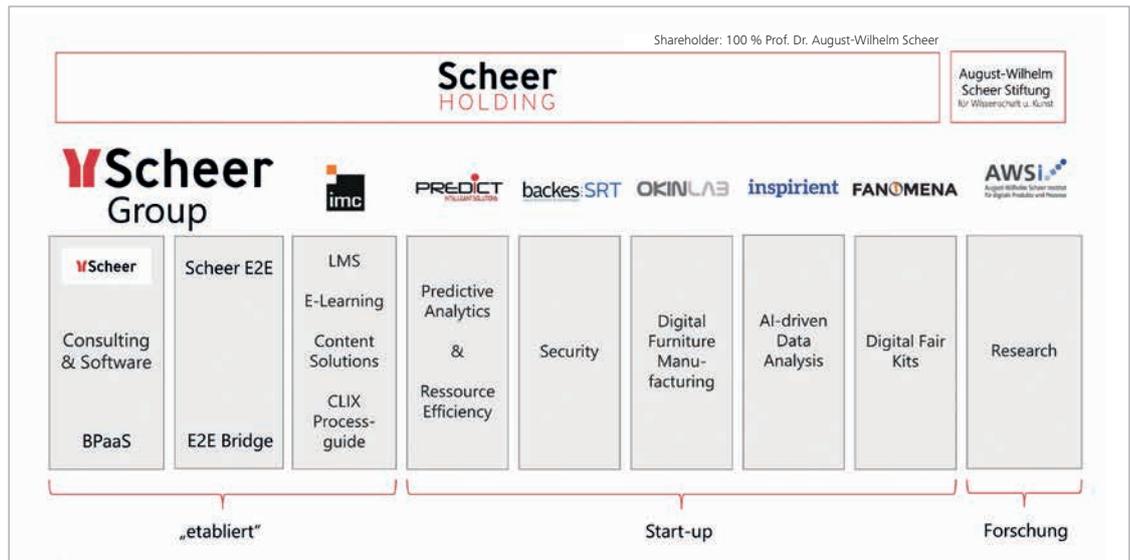


Abbildung F.01:  
Organigramm des Scheer In-  
novation Netzwerks.



Wachstum entwickelt sich ein Start-up-Unternehmen auch in Richtung eines etablierten Unternehmens, wird dann ebenfalls von den Anforderungen seiner Kunden gelenkt, und es besteht die Gefahr, Kraft für neue disruptive Innovationen zu verlieren.

Aus diesem Grund hat der Verfasser mit dem “August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH (AWSi)” über die AWS-Stiftung ein gemeinnütziges Forschungsinstitut gegründet. Das Institut

Mit dem Wachstum entwickeln sich Start-up Unternehmen auch in Richtung eines etablierten Unternehmens und werden so zunehmend von Kundenanforderungen gelenkt.

braucht keine Rücksicht auf bestehende Produkte und Unternehmen zu nehmen und die Forschungsergebnisse werden nur bis zur Prototypenstufe entwickelt und deshalb nicht den Gefahren des Innovator’s Dilemma und externer Kundensteuerung ausgeliefert. Als unabhängiges Institut arbeitet es auch mit Unternehmen und Instituten außerhalb des Netzwerks zusammen.

Wichtige Impulse gehen vom AWSi auf die Innovationskraft des Netzwerks aus. Da es mit der internationalen Forschungsszene vernetzt ist, kann es Informationen über Forschungstrends in allen Gebieten der Prozessautomatisierung einbringen. Umgekehrt findet es leicht Partner aus dem Netzwerk für Kooperationen in Verbundprojekten der Forschung.

An Beispielen wurde gezeigt, wie Produkte der Start-ups IS-Predict und Inspirient interessante Beiträge zu den Themen Operational Performance Support und RPA leisten.

Über die Kooperationen des “etablierten” Unternehmens Scheer GmbH zu den Softwarehäusern SAP und SAG wurden den Start-up-Unternehmen Kontakte zu diesen Unternehmen ermöglicht. Obwohl alle Unternehmen naturgemäß zuerst an der Behauptung ihrer eigenen Selbstständigkeit interessiert sind, ergeben sich aus den Beziehungen innerhalb des Netzwerks für alle Synergien.

Das Ineinandergreifen von Forschung, Start-up-Gründungen und etablierten Unternehmen ist gut an den Erfahrungen des Verfassers mit den Entwicklungsstufen der Prozessautomation zu zeigen.

Das ARIS-Konzept wurde von dem Verfasser im Rahmen seiner Forschungstätigkeit als Universitätsprofessor entwickelt und dann von seinem damaligen Start-up-Unternehmen IDS Scheer in Produkte umgesetzt. Der BPM-Modellierungsansatz von ARIS war eine disruptive Innovation, die von den etablierten Softwareunternehmen wie SAP oder Oracle wegen deren Fokussierung auf die Weiterentwicklung ihrer

erfolgreichen Produkte nicht erkannt wurde. Dieses war die Chance für die IDS Scheer, ihre ARIS-Produkte in den Markt einzuführen und die Partnerschaft mit der SAP zu gründen.

Die BPMS-Produkte Scheer E2E Bridge und Scheer BPaaS zur modellgestützten Softwaregenerierung wurden von den Unternehmen in ihrer Start-up-Phase entwickelt.

Auch das Produkt ARIS PPM zum Process Mining wurde aus der Forschung von dem damaligen Start-up-Unternehmen IDS Scheer entwickelt und wird heute von dem etablierten Unternehmen Software AG weiterentwickelt.

Neuere Process-Mining-Ansätze werden vom Forschungsinstitut AWSi verfolgt und mit dem Produkt Scheer Process Mining kombiniert. Auch wird die KI-Software des Start-up-Unternehmens Inspirient als automatisches Auswertungstool mit der BPaaS-Software verbunden.

Generell wird das Softwareangebot zum Process Mining von Forschungsinstituten und Start-up-Unternehmen dominiert. Die Konzepte zum Operational Performance Support entstammen ebenfalls der Verbindung von Forschung und Start-up-Unternehmen. Das Unternehmen imc AG wurde vom Verfasser aus einem Forschungsprojekt seines Universitätsinstitutes zum E-Learning gegründet. Das Unternehmen hat später ein aus der Universität Graz hervorgegangenes Start-up-Unternehmen übernommen, dessen Softwareprodukt

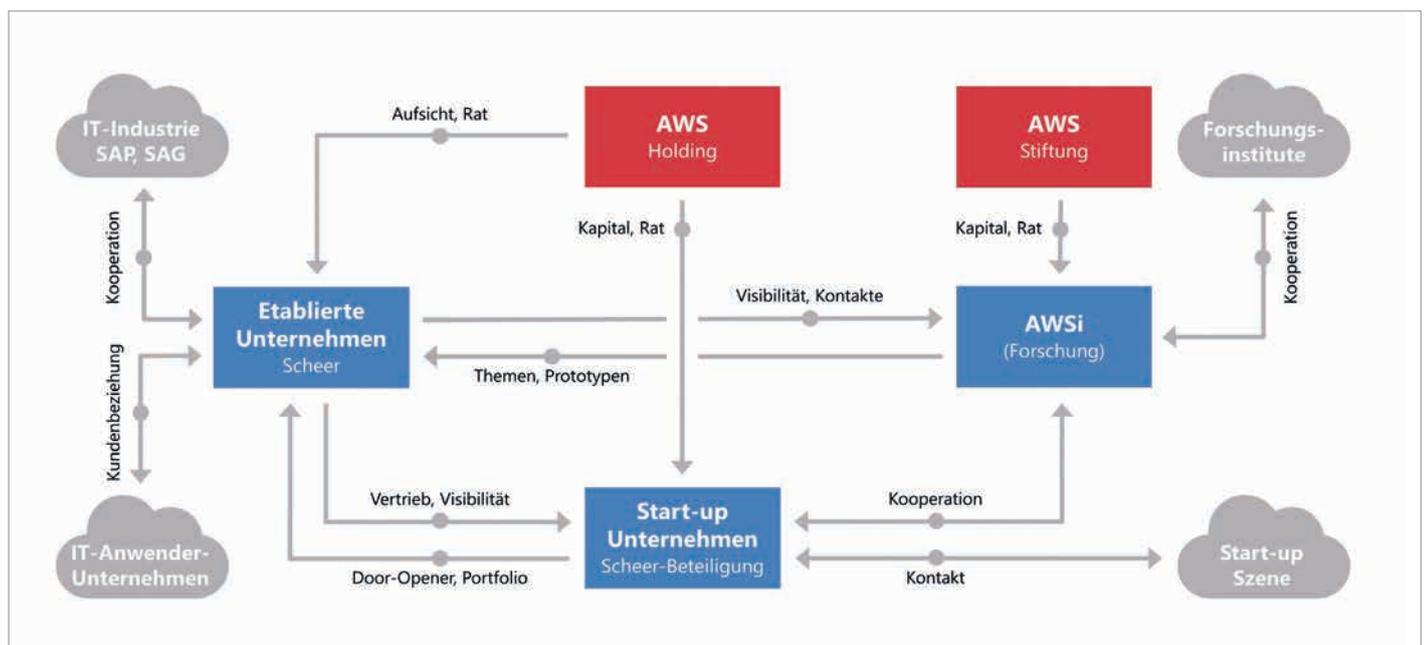
Generell wird das Softwareangebot zum Process Mining von Forschungsinstituten und Start-up-Unternehmen dominiert.

zur Grundlage der heutigen Process Guide Software wurde.

Das Unternehmen IS-Predict wurde von Mitarbeitern der IDS Scheer AG als Spin-off gegründet und kooperiert mit der Scheer GmbH. An der Weiterentwicklung des RPA-Konzeptes sind mehrere Unternehmen des Netzwerks beteiligt. Wegen des generischen Ansatzes können RPA-Systeme in mehreren Automatisierungsstufen eingesetzt werden, insbesondere auch als Bots im Operational Performance Support. Das Forschungsinstitut AWSi beschäftigt sich mit der Verbindung von RPA und Process Mining. Die Unternehmen Scheer GmbH und Scheer E2E entwickeln eine eigene RPA-Plattform, die eng mit den bestehenden Produkten BPaaS und E2E Bridge verbunden sind.

Insgesamt ist es Ziel des Netzwerks, durch den Netzeffekt jedem einzelnen Unternehmen eine größere Erfolgs- und Wachstumchance zu eröffnen, als wenn es als Einzelkämpfer den schwierigen Weg vom Start-up zum Welterfolg gehen müsste.

Abbildung F.02: Wesentliche Beziehungen innerhalb des Scheer Innovations Netzwerks.



## Literatur

- [1] Solow, R. M. (1988): Growth Theory and After. *The American Economic Review*, 78(3), 307-317.
- [2] Hammer, M. und Champy, J. (1993): Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution. *Business Horizons*, 36(5), 90-91.
- [3] Scheer, A.-W. (1984): EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre – Grundlagen für ein effizientes Informationsmanagement. 1. Aufl., Berlin u. a.
- [4] Scheer, A.-W. (1991): Architektur integrierter Informationssysteme - Grundlagen der Unternehmensmodellierung. Springer, Berlin u. a.
- [5] Scheer, A.-W. (2001): ARIS – Modellierungsmethoden Metamodelle Anwendungen. 4. Aufl., Berlin, u. a., Springer.
- [6] Scheer, A.-W. (2002): ARIS – Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 4. Aufl., Berlin, u. a., Springer.
- [7] Scheer, A.-W. (1997): Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsmodelle, 7. Aufl., Berlin u. a.
- [8] van der Aalst, W. (2011): Process Mining – Data Science in Action. 2. Aufl., Heidelberg, u. a., Springer.
- [9] van der Aalst, W. (2004): Process mining: a research agenda. *Computers in Industry* 52, S. 213-244.
- [10] Munoz-Gama, J. (2016): Conformance Checking and Diagnosis in Process Mining: Comparing Observed and Modeled Processes. Cham, u. a., Springer.
- [11] IEEE Task Force on Process Mining. (2012): Process Mining Manifesto. [http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/doku.php?id=share-d:process\\_mining\\_manifesto](http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/doku.php?id=share-d:process_mining_manifesto). Zuletzt abgerufen am: 13.09.2017.
- [12] Burattin, A. (2017): Process Mining Techniques in Business Environments: Theoretical Aspects, Algorithms, Techniques and Open Challenges in Process Mining. Cham, u. a., Springer.
- [13] Software AG (2017): ARIS - Process Performance Manager (PPM).
- [14] Mans, R. S., van der Aalst, W. M., & Vanwersch, R. J. (2015): Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes. Cham, u. a., Springer.
- [15] Turner, C. J., Tiwari, A., Olaiya, R., & Xu, Y. (2012): Process mining: from theory to practice. *Business Process Management Journal*, 18(3), 493-512.
- [16] Ferreira, D. R. (2017): A Primer on Process Mining: Practical Skills with Python and Graphviz. Cham, u. a., Springer.
- [17] Willcocks, L., Lacity, M. Craig, A. (2015): Robotic Process Automation at Xchanging. Outsourcing Unit Working Research Paper Series, Paper 15/03, London.
- [18] Linn C., Werth D. (2016): Sequential Anomaly Detection Techniques in Business Processes. In: Abramowicz, Witold; Alt, Rainer; Franczyk, Bogdan (Hrsg.): Business Information Systems Workshops, BIS 2016 International Workshops Leipzig, Germany, July 6-8, Revised Papers, S. 196-208, ISBN: 978-3-319-52463-4.
- [19] F. Bezerra and J. Wainer (2013): Algorithms for anomaly detection of traces in logs of process aware information systems. *Inf. Syst.*, vol. 38, no. 1, pp. 33-44.
- [20] Petermann, F. (kein Datum): Einführung in Celonis Process Mining. [www.celonis.com](http://www.celonis.com).
- [21] Tiwari, A., Turner, C. J., & Majeed, B. (2008): A review of business process mining: state-of-the-art and future trends. *Business Process Management Journal* Vol. 14, No. 1, S. 5-22.
- [22] IMC AG. (kein Datum): Informelles Lernen und Electronic Performance Support – So können Sie Ihre internen Helpdesk-Kosten um 40% senken. <https://www.im-c.com>.
- [23] IMC AG. (kein Datum): IMC Process Guide – Produktpräsentation. <https://www.im-c.com>.
- [24] IMC AG. (kein Datum): AR/VR Training – Zum Einsatz von Augmented & Virtual Reality im Corporate Training. <https://www.im-c.com>.
- [25] Institute for Robotic Process Automation, NICE (2016): RPA is Transforming Business Processes – Delivering Fast, Accurate Service, and Improving Customer Experience.
- [26] Institute for Robotic Process Automation, EdgeVerve (2017): Turbo-Charging Your Process Automation.
- [27] Fung, H. P.: Criteria (2014): Use Cases and Effects of Information Technology Process Automation (ITPA), *Advances in Robotics & Automation*, Vol. 3, Nr. 3.
- [28] Rombach, J. (2017): Mehr Sicherheit durch Prozessautomatisierung – Automatische Datenanalyse bei der Polizei – ein Praxisbeispiel, *Fachmagazin IM+io*, Vol. 32, Heft 3.
- [29] Institute for Robotic Process Automation (2015): Introduction to Robotic Process Automation: A Primer, Carnegie Mellon University.
- [30] Multiply (2016): Wodurch unterscheidet sich der Transaction Monitor von anderen Ansätzen.
- [31] Lacity, M., Willcocks, L., Craig, A (2015): Robotic Process Automation: Mature Capabilities in the Energy Sector, Outsourcing Unit Working Research Paper Series, Paper 15/06, London.
- [32] Heeg Thiemo (2017): Programme buchen 90 Prozent der Fälle korrekt – Die Genossenschaft Datev will die Finanzbuchhaltung der Unternehmen automatisieren, *Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ)*, 9. Juli.
- [33] Abolhassan, F. (2017): Robotic Process Automation macht Unternehmen produktiver – wenn sie die Mannschaft mitnehmen, *Fachmagazin IM+io*, Vol. 32, Heft 3.
- [34] Roboyo (2017): Robotic Process Automation, online: [www.roboyo.de/robotic-automation](http://www.roboyo.de/robotic-automation) (abgerufen 22.03.2017).
- [35] Deloitte (2016): Automate this - The business leader's guide to robotic and intelligent automation, London.
- [36] Inspirient (2017): Automated pattern recognition with Inspirient Software RPA, online: [www.inspirient.com](http://www.inspirient.com) (abgerufen am 22.03.2017).
- [37] IS Predict (2017): Totalschaden durch vorausschauende Wartung vermeiden, online: [www.ispredict.com/ri/smart-production](http://www.ispredict.com/ri/smart-production) (abgerufen am 22.03.2017).
- [38] Forrester Research (2014): Building a Center of Expertise to Support Robotic Automation – Preparing for the Life Cycle of Business Change, Forrester Consulting Thought Leadership Paper, Cambridge.
- [39] Storck, U.; Scheer A.-W. (2017). Scheer iBPM Produktstrategie – Process Automation mit Process Mining, RPA and AI. Working Paper, Scheer GmbH, Saarbrücken.
- [40] Scheer A.-W. (2013). 16 Tipps für Start-ups in der High-Tech-Industrie. Scheer Group Whitepaper, Saarbrücken.
- [41] McGann, B. S (2015): Where is the Action Today in Intelligent Automation?, HfS Research.
- [42] IBM (2016): Robotic Process Automation – Leading with Robotics and Automation in a fast-paces, digitally disruptive environment.
- [43] Lacity, M. C., Willcocks, L. P. (2015): Nine likely scenarios arising from the growing use of robots, *LSE Business Review Blog*, London.
- [44] Institute for Robotic Process Automation (2016): Smart Process Automation: The Why, What, How and Who of the Next Quantum Leap in Enterprise Productivity, *WorkFusion*.
- [45] Slaby, J. R. (2012) in: Robotic Automation Emerges as a Threat to Traditional Low-Cost Outsourcing, HfS Research Ltd.
- [46] Forrester Research (2011): The Role of IT in Business-Driven Process Automation, Forrester Consulting Thought Leadership Paper, Cambridge.
- [47] Roboyo (2017): Digitale Transformation, online: [www.roboyo.de/im-fokus/digitale-transformation](http://www.roboyo.de/im-fokus/digitale-transformation) (abgerufen 22.03.2017).

**DANKSAGUNG**

Ich danke den Herren Dr. Dirk Werth, M.Sc. Tobias Greff, Frau Lucie Bender und Frau Kerstin Tolentino vom AWS-Institut für ihre Unterstützung.

**IMPRESSUM**

August-Wilhelm Scheer (2017): Performancesteigerung durch Automatisierung von Geschäftsprozessen. Whitepaper Scheer Holding, Saarbrücken.

**Verlag:**  
AWS-Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH  
Uni Campus D 5 1  
66123 Saarbrücken/ Germany

**Produktion:**  
Tobias Greff  
tobias.greff@aws-institut.de  
Tel.: +49 172 4580 391

**Layout/Satz:**  
PIXELMONK IDEENSCHMIEDE  
Ann-Sophie Fey  
www.pixelmonk.de