

Schönig, Stefan; Jablonski, Stefan

Article — Published Version

Digitales Prozessmanagement: Eine Reflexion aus praktischer Sicht zur Förderung des Austauschs zwischen Forschung und Praxis

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Suggested Citation: Schönig, Stefan; Jablonski, Stefan (2024) : Digitales Prozessmanagement: Eine Reflexion aus praktischer Sicht zur Förderung des Austauschs zwischen Forschung und Praxis, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Vol. 61, Iss. 5, pp. 1348-1365,
<https://doi.org/10.1365/s40702-024-01057-4>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/315902>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Digitales Prozessmanagement: Eine Reflexion aus praktischer Sicht zur Förderung des Austauschs zwischen Forschung und Praxis

Stefan Schönig  · Stefan Jablonski

Eingegangen: 8. November 2023 / Angenommen: 9. Februar 2024 / Online publiziert: 8. März 2024
© The Author(s) 2024

Zusammenfassung Prozessmanagement ist sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis weit verbreitet. Wir möchten persönliche Einblicke in beide Bereiche teilen, um die weitere Entwicklung und Anwendung von Prozessmanagementkonzepten zu fördern. Wir setzen uns für einen intensiveren Dialog zwischen Wissenschaft und Industrie ein. Aus praktischer Sicht müssen kritische Aspekte wie die organisatorische und sicherheitstechnische Perspektive intensiver erforscht und umgesetzt werden. Praktikable, umsetzbare akademische Prototypen sind entscheidend, um diese Lücken zu schließen. Vielversprechende Konzepte aus der Wissenschaft, wie die Modellierung von Organisationen und sicherheitstechnische Perspektiven, finden oft keine effektive Umsetzung in praktische Prozessmanagementprodukte, wie durch relevante Projekte nachgewiesen wird.

Schlüsselwörter Prozessmanagement · Prozessmanagement Forschung · Prozessbasierte Anwendung · Synergiepotentiale

✉ Stefan Schönig

Institute for Information Systems, University of Regensburg,
Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg, Deutschland
E-Mail: stefan.schoenig@ur.de

Stefan Jablonski

Institute for Computer Science, University of Bayreuth, Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth,
Deutschland
E-Mail: stefan.jablonski@uni-bayreuth.de

Digital Process Management: A Reflection from a Practical Perspective to Promote the Exchange Between Research and Practice

Abstract Process management is widely accepted in academia and professional practice, but it's crucial to reflect on recent research and practical experiences. We aim to share personalized insights into both realms to encourage further development and application of process management concepts. We advocate for a stronger dialogue between academia and industry. From an industrial standpoint, critical aspects like organizational and security perspectives need more exploration and implementation. Practical, implementable academic prototypes are essential to bridge these gaps and avoid merely following trends. Academically promising concepts, such as organizational modeling and security perspectives, often lack effective translation into practical process management products, as evidenced by relevant practical projects.

Keywords Process Management · Process Management Research · Process Applications · Synergy Potential

1 Einführung

Prozessmanagement ist ein weithin akzeptierter Ansatz zur Organisation der Zusammenarbeit in Unternehmen. Die wesentliche Aufgabe des Prozessmanagements ist die Integration von Prozessbeteiligten, Werkzeugen, welche zur Ausführung von Prozessen benötigt werden, und Daten in eine prozessgesteuerte Anwendung (Dumas et al. 2018). Hierdurch verspricht man sich effizientere Abläufe in einem Unternehmen. Darüber hinaus fördern prozessbasierte Ansätze auch die Transparenz von Abläufen in Unternehmen, da in Prozessmodellen explizit die verschiedenen Teilnehmer eines Prozesses identifiziert und modelliert werden und darauf basierend in Prozessmanagementsystemen koordiniert werden. Dadurch wird die Analyse von Prozessabläufen erleichtert bzw. erst ermöglicht und Optimierungspotenziale sind klarer zu erkennen (Dumas et al. 2018).

Seit etwa drei Jahrzehnten sind intensive und weitgefächerte Forschungsaktivitäten in diesem Bereich zu beobachten. Auch praktische Systeme haben sich im Softwaremarkt etabliert (Reijers 2021). Dennoch klafft eine Lücke zwischen der Entwicklung von Konzepten und Methoden in der Forschung und der Umsetzung dieser Ideen in der Praxis. In diesem Diskurs möchten wir einige dieser Lücken aufzeigen und diskutieren. Dabei fokussieren wir zwei Phasen eines Prozesslebenszyklus (siehe Abschn. 2.1), wobei wir dessen weitere Phasen nicht völlig vernachlässigen. Zum einen betrachten wir intensiv die Modellierungsphase des Prozessmanagements. Zum anderen nehmen wir die Perspektive eines Software-Ingenieurs ein, der die Aufgabe hat, digitales, d.h. systemgestütztes Prozessmanagement in einem anwendungsorientierten Umfeld zu realisieren.

Der vorliegende Diskurs verfolgt zwei Ziele, welche auf einer gemeinsamen Motivation beruhen. Der gegenseitige Austausch von Erfahrungen und Ideen zwischen Forschung und Praxis soll verstärkt werden, um leistungsfähigere, praktisch einsetz-

bare Prozessmanagementsysteme (*engl. Business Process Management System, kurz BPMS*) zu entwickeln. Somit ist ein erstes Anliegen, Anbieter von BPMS dazu anzuregen, ihre Systeme durch die Integration vorhandener praktischer und nützlicher Forschungskonzepte anzureichern und praxistauglicher zu gestalten. Die Motivation dieses Ansatzes entstammt unseren Erfahrungen aus dem akademischen Umfeld. Dadurch wissen wir von leistungsfähigen und interessanten Konzepten, welche in BPMS, die in der Praxis eingesetzt werden, nicht verfügbar sind, aber bei der Umsetzung von digitalem, systemgestütztem Prozessmanagement äußerst hilfreich sein können. Umgekehrt sehen wir zweitens auch einen enormen Bedarf darin, weitere Probleme und Herausforderungen in der Praxis durch die Forschung aufzugreifen, welche bislang eher vernachlässigt worden sind. Somit soll dieser Diskurs durchaus einen Einfluss auf eine zu definierende Forschungsagenda ausüben.

Wir gliedern unseren Diskurs in zwei Hauptabschnitte. In Abschn. 2 werden die Grundlagen des Prozessmanagements in aller Kürze vorgestellt, um die wichtigsten Merkmale und Herausforderungen des Prozessmanagements zu skizzieren. Dies ist notwendig, um der Diskussion in Abschn. 3 folgen zu können. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Probleme und Unzulänglichkeiten aktueller BPMS kritisch dargestellt, die wir in vielen Praxis-Projekten aufgrund mangelnder Funktionalität verfügbarer Werkzeuge für das Prozessmanagement erfahren haben. Diese vier Praxisprojekte zeigen, wie Forschung und Anwendung mehr und intensiver voneinander profitieren können, wie demnach die beiden oben genannten Ziele verfolgt werden können.

2 Einführung in Prozessmanagement

Ein (Geschäfts-)prozess setzt sich aus einer Reihe von Aktivitäten zusammen, die durchgeführt werden, um ein Geschäftsergebnis zu erzielen. *Business Process Management (BPM)* ist ein Managementansatz zur zielgerichteten Gestaltung und Optimierung von häufig organisationsübergreifenden Prozessen unter Verwendung von Methoden und Werkzeugen für die Gestaltung, Ausführung, Verwaltung und Analyse dieser Prozesse (Dumas et al. 2018). Aufgrund der methodischen und werkzeuggestützten Unterstützung prozessbasierter Ansätze wird die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung (prozessbasierter) Anwendungen enorm unterstützt. Abschn. 2.1 geht auf diese Aspekte ein, indem sowohl der Entwicklungszyklus einer prozessbasieren Anwendung vorgestellt wird als auch die Inhalte von Prozessmodellen diskutiert werden. Da Prozesse sehr unterschiedlich im Verhalten sein können, werden auch spezielle Werkzeuge zur Unterstützung ihrer Implementierungen benötigt. Abschn. 2.2 führt deshalb verschiedene Prozessstypen und deren Charakteristika ein.

2.1 Phasen und Perspektiven des Prozesslebenszyklus

BPM ist ein kontinuierlicher Zyklus von sich wiederholenden Arbeitsphasen (Dumas et al. 2018). In der Literatur werden typischerweise die folgenden Phasen genannt: Beginnend mit der *Prozessidentifikation*, mit dem Ziel der Erstellung einer neuen oder aktualisierten Prozessarchitektur oder Prozesslandkarte, und der *Prozessent-*

deckung mit der Modellierung des Ist-Prozesses, folgt die *Prozessanalyse* mit der Identifikation, Dokumentation und Quantifizierung von Problemen und Chancen einer neuen prozessbasierten Anwendung. In der Phase *Prozessmodellierung* werden die abgeleiteten Verbesserungen analysiert und zu einem Soll-Prozessmodell zusammengefasst. Im Anschluss an die *Prozessimplementierung* ist der abschließende Schritt des Zyklus die computergestützte Ausführung von Modellen, unterstützt durch den Einsatz eines BPMS, das zur *Prozessüberwachung* dient, um die Effizienz und Effektivität eines Prozesses anhand ausgewählter Metriken zu messen und die Einhaltung der implementierten Prozesse zu bewerten.

Wir messen der Prozessmodellierung große Bedeutung bei, unabhängig davon, ob sie in der Prozessentdeckungs- oder in der Prozessumgestaltungsphase erfolgt. Das Ergebnis der Prozessmodellierung sind Prozessmodelle, welche die Grundlage für die Prozessausführung und damit für eine erfolgreiche und adäquate prozessbasierte Anwendung darstellen (Dumas et al. 2018). Aufgrund der zentralen Rolle, die ein Prozessmodell spielt, stellt sich die Frage nach dessen Korrektheit und Angemessenheit. Bei der Beantwortung dieser Frage müssen zwei Perspektiven betrachtet werden. Eine erste Perspektive hat einen theoretischen Ursprung und untersucht, ob formale Aspekte eines Prozessmodells aufrechterhalten werden, z. B. die Vermeidung von Deadlocks und die Garantie der Liveness (van der Aalst 2015). Daneben halten wir die pragmatische Perspektive für noch wichtiger. Diese Perspektive fokussiert auf die Angemessenheit, Anwendbarkeit und Effektivität eines Prozessmodells (Tarhan et al. 2016; de Oca et al. 2015). Seine Einhaltung kann nicht formal bewiesen werden, sondern muss von Domänenexperten beurteilt werden.

Unabhängig von den Phasen des Prozessmanagements kann ein Prozessmodell in komplementäre Perspektiven unterteilt werden (Curtis et al. 1992; Jablonski and Bussler 1996). Die folgenden Perspektiven beschreiben dabei verschiedene Aspekte der zu Grunde liegenden Anwendung, die in einem Prozessmodell abgebildet werden. Dies ist nicht gleichbedeutend mit einem multi-perspektivischen Unternehmensmodell.

Funktionale Perspektive: Die funktionale Perspektive identifiziert einen Prozessschritt und definiert seinen Zweck. Auch die Zusammensetzung aus weiteren Unterprozessen wird durch diese Perspektive bestimmt.

Datenperspektive: Die Daten(fluss)perspektive definiert die in einem Prozess verwendeten Daten und den Datenfluss zwischen Prozessschritten. Dokumente und andere Objekte, die innerhalb von Aktivitäten verwendet werden, sowie lokale Variablen eines Prozesses werden oftmals in Vor- und Nachbedingungen der Aktivitätsausführung verwendet.

Organisationsperspektive: Die organisatorische Perspektive definiert Agenten, z. B. Benutzer und Personengruppen, die zur Ausführung eines Prozessschritts berechtigt und/oder dafür verantwortlich sind. Individuelle Eigenschaften von ausführenden Personen können durch Gruppen- und Rollenmitgliedschaften angereichert werden.

Operative Perspektive: Die operative Perspektive ordnet Werkzeuge, Systeme oder Applikationen einzelnen Prozessschritten zu. In diesem Sinne sorgt sie für die Integration dieser Systeme in einen Prozess.

Verhaltensperspektive: Die Verhaltensperspektive definiert zeitliche Abhängigkeiten zwischen Prozessschritten (z. B. darf Schritt B erst nach Schritt A ausgeführt

werden). Häufig werden diese Abhängigkeiten unter dem Begriff Kontrollfluss zusammengefasst.

Sowohl entsprechend vieler Literaturstellen (Curtis et al. 1992) als auch konform zu unseren Erfahrungen in vielen durchgeführten Praxisprojekten bilden die oben vorgestellten Perspektiven das Rückgrat eines Prozessmodells. Je nach Anwendungsbereich sind bestimmte Perspektiven von grundlegender Bedeutung, andere Perspektiven können fallweise vernachlässigt werden. Darüber hinaus kann eine Prozessmodellierungssprache um weitere Perspektiven ergänzt werden, wenn diese für die Beschreibung des Verhaltens und der Eigenschaften eines Prozesses von grundlegender Bedeutung sind (Jablonski and Bussler 1996). Wir werden Beispiele für solche neuartigen Perspektiven in Abschn. 3 diskutieren.

2.2 Typen von Prozessmodellen

Die aktuelle Forschung auf dem Gebiet des Prozessmanagements fordert, dass ein prozessorientiertes Informationssystem einen Kompromiss zwischen der Unterstützung und Führung von Menschen bei der Prozessausführung und der gleichzeitigen Gewährung von möglichst viel Freiheiten für den Prozessbeteiligten anbieten muss (Ter Hofstede et al. 2009). In diesem Zusammenhang wird ein Geschäftsprozess, der die Prozessbeteiligten weniger bei der Auswahl von Ausführungspfaden einschränkt, als flexibler Prozess bezeichnet (Sadiq et al. 2001). Dem gegenüber stehen strikte Prozesse, welche dem Prozessbeteiligten lediglich wenige alternative Ausführungspfade anbieten.

In Anlehnung an die Terminologie von Programmiersprachen gibt es zwei Ansätze für die Beschreibung von Prozessmodellen: den imperativen und den deklarativen Stil. Der imperative Weg entspricht der imperativen oder prozeduralen Programmierung, bei der jeder mögliche Ausführungspfad eines Prozesses zur Entwurfszeit vorhergesehen und explizit kodiert werden muss. Fehlt ein Pfad, so gilt er als nicht zulässig. Beim deklarativen Ansatz hingegen werden nur die unerwünschten Pfade und Konstellationen ausgeschlossen, so dass alle verbleibenden Pfade potenziell möglich sind; sie müssen nicht einzeln im Voraus vorgesehen werden. Da flexible Prozesse viele oft unvorhergesehene Pfade beinhalten, ist der deklarative Ansatz dafür am besten geeignet. Umgekehrt eignet sich ein imperativer Modellierungsstil für die Beschreibung von strikten Prozessen.

Traditionelle Notationen für die Geschäftsprozessmodellierung wie Business Process Model and Notation (BPMN)¹ setzen auf eine explizite Kodierung von sequentiellen, alternativen und parallelen Pfaden. Infolgedessen muss jeder mögliche Ablauf zur Entwurfszeit bekannt sein. BPMN stellt den Industriestandard der prozeduralen Prozessmodellierung dar. BPMN verfolgt den imperativen Modellierungsansatz und eignet sich dadurch gut für die Modellierung von strikten Prozessen.

Die Case Management Model and Notation (CMMN)² repräsentiert die Bemühungen der OMG (Object Management Group), die deklarative Geschäftsprozessmodellierung zu standardisieren. Anstatt sich auf einen expliziten Fluss zu verlas-

¹ <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>.

² <https://www.omg.org/cmmn/>.

sen, beschränken Ereignis-Bedingungs-Aktions-Regeln (ECA) den Eintritt und/oder Austritt von Aktivitäten innerhalb eines Prozessmodells. Somit eignet sich diese Notation sehr gut zur Modellierung flexibler Prozesse. Allerdings ist die Handhabung deklarativer Ansätze zur Prozessmodellierung kompliziert und komplex, weshalb deren Akzeptanz in der Praxis noch eingeschränkt ist. Abschn. 3.2 geht auf diese Problematik näher ein.

3 Anwendungsbereiche des digitalen Prozessmanagements

Zur Diskussion von Möglichkeiten und offenen Fragen beim Einsatz von Prozessmanagement-Technologie analysieren wir deren Einsatz in verschiedenen Anwendungsbereichen. Wir beziehen uns dabei auf konkrete Praxisprojekte mit Partnern aus der Industrie und dem öffentlichen Sektor. In allen Projekten waren wir für die Umsetzung einer prozessbasierten Anwendung verantwortlich. Wir fassen die dabei gewonnenen Erfahrungen beim Einsatz von Prozessmanagementsystemen zusammen und diskutieren positive und negative Erkenntnisse. Wir fokussieren unsere Betrachtungen auf den Bereich der Prozessmodellierung. Nichtsdestotrotz werden auch die weiteren Phasen des Prozesslebenszyklus berücksichtigt werden. Abb. 1 gibt einen Überblick über die betrachteten Praxisprojekte und deren Charakterisierung.

| Art der Prozesse | Charakterisierung des Praxisprojekts | Betrachtete Prozessperspektiven und Modellierungsansätze | Beobachtungen, Schlussfolgerungen |
|--|---|--|---|
| 3.1 Personalisierte Verwaltungsprozesse | PRIME - Prozessbasierte Integration menschlicher Erwartungen in digitalisierte Arbeitswelten – Modellierung von Prozessen in einer Kommune | BPMN und Organisationsbezogene Modellelemente – BPMN: Pools (globale Teilnehmer) und Lanes (Gruppen/Rollen) – Sub-Lanes für präzise Prozessbeteiligung – Modellierte Elemente nur zur Veranschaulichung – Ausführungssystem von BPMN-Werkzeugen ignoriert diese | – Komplexität durch gesetzliche Regelungen – Herausforderung bei Organisationsstrukturen – Einschränkungen bei organisatorischen Regeln |
| 3.2 Entscheidungs- und wissensintensive Prozesse | KEBAP - Kennzahlenbasiertes Management agiler Prozesse – Fertigungsprozess als deklarativer Prozess mit vielfältigen Abhängigkeiten – Reihenfolge der Prozessschritte nicht vordefiniert – Ausführung durch persönliche Entscheidungen von Domänenexperten bestimmt | Deklarative Modellierungsansätze – CMN als Standard, praktische Werkzeuge wie Camunda verfügbar – Erster Versuch mit (MP-)Declare im industriellen Szenario scheitert an Semantikverständnis und fehlender grafischer Modellierung – DCR-Graphen konnten Akzeptanz des Ansatzes nicht steigern | – Praktiker verstehen CMN-Aufgaben, aber fühlen sich durch viele Symbole überfordert – Probleme bei organisatorischer, operativer und datenbezogener Perspektive – Deklarative Prozessmodellierung potenziell akzeptabel, jedoch noch nicht marktreif – Umschwenken auf BPMN |
| 3.3 Außendienst und ortsbezogene Prozesse | TRADEMark – IoT-basiertes Daten- und Prozessmanagement im Handwerk – Digitale Unterstützung von Außendienstprozessen durch Systeme in Handwerksbetrieben – Modellierung der Prozesse zur Umsetzung von Prozessmanagement im Außendienst | BPMN-basierter Ansatz – Operative Perspektive für manuell zu benutzende Werkzeuge – Ortsbezogene Perspektive für die Berücksichtigung der Verortung von Entitäten im Kontrollfluss und bei Aufgabenzuweisungen | – Bestehende Prozessmodellierung vernachlässigt räumlich verteilte, ortsbezogene Prozesse – Mangelnde Unterstützung für Verknüpfung von Non-IT-Tools und Prozessmanagement im IoT – Empfehlung: Integration operativer Perspektive in Modellierungssprachen |
| 3.4 Produktionsprozesse und Industrial IoT Security Management | INSIST – Industrial IoT Security Operation Center – Prozessorientierte Erfassung von Maschinen, Komponenten und Menschen mit Blick auf Sicherheitsanforderungen – Notwendigkeit umfassenden Modellierungsansatzes, wobei BPM etablierte Methoden bietet | BPMN-basierter Ansatz – BPMN kann generell als Basis für einen BPMN-basierten "Security-by-Design"-Ansatz dienen – Darstellung von IIoT-Sicherheitsanforderungen aus dem in BPMN nicht möglich | – Bedarf an Prozessmanagement im IIoT-Sektor aufgrund zunehmender Verschmelzung von IT und Betriebstechnik – Fokus auf Sicherheitsperspektive – Integration dieser Perspektive in Prozessmanagementsysteme vernachlässigt |

Abb. 1 Überblick über die betrachteten Praxisprojekte

Jede der vorgestellten Projekte wird anhand der folgenden Gesichtspunkte analysiert:

- Charakterisierung des Anwendungsfalls
- Diskussion der Anwendbarkeit der verfügbaren Prozessmanagementsysteme und der Angemessenheit des Standards in diesem Bereich
- Beobachtungen, Empfehlungen und Schlussfolgerungen

Zusammengenommen lassen sich aus der Diskussion der vier Fallbeispiele Rückschlüsse aus einem fehlenden Austausch zwischen Forschung und Praxis ziehen. Diese sollen Werkzeughersteller motivieren, bereits gut entwickelte Forschungskonzepte in ihre Produkte aufzunehmen. Auch soll das Interesse von Forschern an offenen Problemen in der Praxis geweckt werden.

3.1 Personalorientierte Verwaltungsprozesse

Ein erster Anwendungsfall entstammt dem Projekt PRIME³. Neben zwei akademischen Forschungsgruppen sind drei Partner aus der Industrie und dem öffentlichen Sektor beteiligt. Neben weiteren Zielen liegt ein Schwerpunkt des Projekts auf der Modellierung von Prozessen in einer Kommune. Da die untersuchten Prozesse recht starr und determiniert sind, erscheint ein imperativer Modellierungsstil angebracht. Daher wird ein BPMN-basiertes Prozessmanagementsystem für die Prozessmodellierung und -ausführung gewählt. Eine Arbeitsgruppe dieses Projekts konzentriert sich besonders auf die Modellierung der organisatorischen Perspektive der betrachteten Prozesse in der untersuchten Kommune. Ein Schwerpunkt hierbei ist, dass Bürgeranfragen schnell und korrekt den zuständigen Ansprechpartnern der öffentlichen Behörde zugeordnet werden.

Bevor wir in die Diskussion dieser Modellierungsaufgabe einsteigen, rekapitulieren wir die Modellierungsprimitive des BPMN-Standards für die organisatorische Perspektive. BPMN bietet zwei Modellierungselemente für die Organisationsperspektive an: Pools und Lanes. Pools stellen globale Teilnehmer eines Prozesses dar. Lanes sind partitionierende Pools und beschreiben Gruppen von Personen, die einige der Aufgaben, d.h. Prozessschritte, ausführen dürfen. Lanes können weiter in Sub-Lanes unterteilt werden, um die potenziellen Prozessbeteiligten genauer zu bestimmen. Wir bezeichnen die in Frage kommenden Personen, die durch eine Lane identifiziert werden, kurz als Gruppe. Es muss erwähnt werden, dass diese modellierten organisatorischen Elemente vom Ausführungssystem eines BPMN-Werkzeugs nicht berücksichtigt werden; sie veranschaulichen lediglich den organisatorischen Aspekt auf Modellierungsebene.

Bei der Untersuchung der Anforderungen an die organisatorische Perspektive der Prozesse der untersuchten Stadtverwaltung werden einige kritische Punkte deutlich:

³ Das Projekt wurde von März 2020 bis Februar 2023 aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Europäischen Sozialfonds im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ finanziert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) geleitet. Für den Inhalt dieser Publikation sind die Autoren verantwortlich.

- Aufgrund einer ganzen Reihe von gesetzlichen Regelungen sind – was typisch für eine Behörde ist – viele verschiedene Gruppen für die Ausführung der Schritte eines Prozesses verantwortlich. Da jede Gruppe eine zusätzliche Lane benötigt, wächst das Diagramm nicht nur horizontal – entsprechend der Länge eines Prozesses – sondern auch vertikal enorm – entsprechend der großen Anzahl an Gruppen. Insgesamt wächst so ein Prozessdiagramm auf eine Größe an, welche die Lesbarkeit und damit die Verständlichkeit des gesamten Prozessmodells drastisch einschränkt. Beide Aspekte, Lesbarkeit und Verständlichkeit, sind zwei der wesentlichen Anforderungen an ein Modell im Allgemeinen.
- Die Einführung von Pools und (Sub-)Lanes in der oben geschilderten Weise geht davon aus, dass Organisationsstrukturen überwiegend bzw. ausschließlich hierarchisch aufgebaut sind. In der untersuchten Behörde gibt es jedoch eine Vielzahl von sogenannten *Arbeitsteams*, die sich quer über verschiedene hierarchisch angeordnete Abteilungen erstrecken. Diese *horizontal ausgerichteten* Organisationseinheiten gleichberechtigt mit normalen (Unter-)Abteilungen als Lanes unter einem Pool (oder übergeordneten Lanes) zu positionieren, verursacht irgendwie Unbehagen, da es sich um eine völlig andere Form der Strukturierung einer Organisation handelt. Außerdem ist die Modellstruktur bei einer solchen Darstellung kaum nachvollziehbar.
- Viele Aufgaben in der öffentlichen Verwaltung erfordern die strikte Einhaltung des Vier-Augen-Prinzips oder ähnlich restriktiver Organisationsregeln. Eigentlich gibt es keine umfassende und eingängige Möglichkeit, solche Sachverhalte durch Pools bzw. Swimlanes zu modellieren d.h. darzustellen. Infolgedessen werden solche Situationen durch umständlich formulierte Pseudogruppen beschrieben und sind somit wenig anschaulich und verständlich.

Was sind die unvermeidlichen Konsequenzen aus den obigen Beobachtungen? Wir halten zwei Schlussfolgerungen für besonders relevant. Erstens wird ein Modell im Allgemeinen als ein Kommunikationsmittel zwischen Domänenexperten und beispielsweise Ingenieuren oder Computerspezialisten angesehen (Bialy et al. 2017). Zusammenfassend muss aber leider festgestellt werden, dass BPMN-basierte Prozessmodelle, die auf einer Swimlane-Notation für organisatorische Belange basieren, diese Anforderung nicht erfüllen. Wenn man bedenkt, dass Domänenexperten die einzigen Beteiligten sind, die die Korrektheit eines Prozessmodells aus pragmatischer Sicht beurteilen können, wird somit ein schwerwiegender Nachteil erkennbar. Zweitens fehlt dem Standard, aber auch den meisten verfügbaren professionellen Werkzeugen Funktionalität, die es ermöglicht, anspruchsvolle organisatorische Sachverhalte wie beispielsweise das Vier-Augen-Prinzip oder flexibel zusammengesetzte Arbeitsgruppen darzustellen.

BPMN ist in erster Linie auf die Modellierung von Geschäftsprozessen fokussiert ist. Es bietet eine standardisierte Darstellung für Prozesse, jedoch neigt es dazu, andere organisatorische Aspekte, wie die Unternehmensstruktur, nur begrenzt zu berücksichtigen. BPMN ist daher eher auf die punktuelle und spezifische Darstellung von Prozessen ausgerichtet, was dazu führen kann, dass eine umfassende und multiperspektivische Sicht auf das Unternehmen vernachlässigt wird. Wenn eine detailliertere Modellierung des Zusammenspiels zwischen Prozessen und organisa-

torischen Strukturen erforderlich ist, stößt BPMN an seine Grenzen. Hier kommt die Notwendigkeit eines multiperspektivischen Ansatzes ins Spiel. Ein solcher Ansatz ermöglicht es, die verschiedenen Aspekte eines Unternehmens integrativ zu betrachten und somit eine umfassendere Modellierung vorzunehmen. Dies kann durch die Verwendung von spezialisierten Modellierungssprachen und -techniken erfolgen, die auf die jeweiligen Perspektiven zugeschnitten sind (Scheer 2013; Frank 2002).

Es ist durchaus interessant, einen Blick in die Praxis zu werfen und zu untersuchen, wie Praktiker mit den gerade dargestellten Mängeln umgehen. Da Pools und Swimlanes keine Vorschrift für die Implementierung von BPMN-Prozessen sind, sondern nur als *Hilfsmittel bei der Modellierung* dienen, werden sie in gewisser Weise missbraucht. Dies geschieht insbesondere dadurch, dass organisatorische Sachverhalte sehr grobkörnig modelliert werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass Prozessmodelle von Fachexperten nicht korrekt und vollständig validiert werden können, da sie nicht die später tatsächlich zu realisierenden Prozesse abbilden. Für die Umsetzung anspruchsvoller organisatorischer Aufgaben codieren Prozessimplementierer diese Logik völlig losgelöst von den organisatorischen Einstellungen eines BPMN-Prozessmodells, d. h. von Pools und Swimlanes. In Russell et al. (2005) wird eine solche Implementierung als *workaround* bezeichnet, da sie kein integrierter Bestandteil des Entwurfs einer Prozessmanagementanwendung ist.

Was könnte eine Lösung für die festgestellten Defizite sein? Aufgrund der langjährigen Erfahrung sowohl im akademischen Bereich als auch in der Industrie stellen wir Folgendes zur Diskussion. Es gibt durchaus praktisch verwendbare Forschungsansätze, die wertvolle Ideen zur Modellierung komplexer und anspruchsvoller organisatorischer Fragestellungen entwickelt haben (Jablonski and Bussler 1996). Andere Ansätze zeigen, wie man ausdrucksmächtige Elemente in die organisatorische Perspektive eines Prozessmodells integrieren kann (Cabanillas et al. 2015). Außerdem zeigt Russell et al. (2005), dass einige Prozessmanagementsysteme bereits mächtige Modellierungselemente für organisatorische Aspekte anbieten. Allerdings handelt es sich dabei nur um eine kleine Auswahl von Systemen, welche auch nicht sehr verbreitet sind. Eine naheliegende Konsequenz aus diesen Beobachtungen ist, die beispielhaft dargestellten Forschungsideen und Produkteigenschaften in den Standard bzw. in moderne Prozessmanagementsysteme zu übernehmen. Die zitierten Forschungsansätze schlagen beispielsweise Notationen zur Modellierung des Vier-Augen-Prinzips oder beliebiger Organisationsstrukturen jenseits strenger Hierarchien vor. Auch wenn diese Ansätze noch nicht ausgereift sind, so bilden sie doch eine fundierte Basis für den praktischen Einsatz. Zudem zeigen bisherige Umsetzungen mächtiger Organisationsmodelle in früheren Prozessmanagementsystemen deren Machbarkeit. Sollten diese Ansätze aus Wissenschaft und Industrie jedoch noch nicht ausgereift und umfangreich genug sein, könnte dies eine Motivation für die Forschung sein, dieses Forschungsgebiet neu zu überdenken und diese wegweisenden Konzepte und Ideen zu verfeinern und zu erweitern. Auf diese Weise könnte die Notation BPMN erweitert werden, so dass neben der Prozessperspektive auch die Organisationsperspektive umfänglich modelliert werden kann.

3.2 Entscheidungs- und wissensintensive Prozesse

Ein zweites Beispiel stammt aus dem Fertigungsbereich⁴. Einer unserer Projektpartner stellt Sondermaschinen her. Dieser Produktionsprozess zeichnet sich durch zwei Dinge aus. Erstens wird jede Maschine in Einzelfertigung hergestellt und ähnelt weitgehend nicht anderen Maschinen. Zweitens muss die Entscheidung, ob und – falls positiv entschieden – wie eine solche Maschine gefertigt wird, jedes Mal mehr oder weniger neu geplant werden. Die Annahme eines Auftrags ist also ein mehrstufiger Entscheidungsprozess, der von verschiedenen Mitarbeitern aus unterschiedlichen Abteilungen des Unternehmens durchgeführt wird. Die Prozessschritte entstammen zwei sich ergänzenden Bereichen: Ein erster Bereich vertritt die finanzielle und budgetäre Seite der Produktion. Es muss herausgefunden werden, ob eine neu zu konstruierende und zu bauende Maschine rentabel produziert werden kann. Eine zweite Gruppe von Schritten ist eher technischer Natur. Je nach herzustellender Maschine muss eine Vielzahl von technischen Prüf- und Planungsschritten durchgeführt werden. Es liegt auf der Hand, dass dabei verschiedene Instrumente sowohl aus dem finanziellen als auch aus dem technischen Bereich eingesetzt werden müssen. Beide Arten von Prozessschritten, technische und finanzielle, beeinflussen sich gegenseitig. Auch die Prozessschritte innerhalb der beiden Bereiche beeinflussen sich gegenseitig. Zusammenfassend ist dieser Fertigungsprozess ein typischer Vertreter eines so genannten deklarativen bzw. deskriptiven Prozesses (Jablonski and Bussler 1994) mit vielfältigen Abhängigkeiten zwischen den Prozessschritten, wobei die Reihenfolge ihrer Ausführung meist nicht vordefiniert ist, sondern durch Ergebnisse von Zwischenschritten und persönliche Entscheidungen von Domänenexperten bestimmt wird. Daher scheint ein deklarativer Prozessmodellierungsansatz für diese Aufgabe prädestiniert zu sein.

In der Literatur und in der Praxis sind eine Reihe von Ansätzen zur deklarativen Prozessmodellierung vorgeschlagen worden. Declare (Pesic et al. 2007) und MP-Declare (Schönig et al. 2016; Ackermann et al. 2018) werden seit Jahren in der Wissenschaft erforscht. CMMN wurde von der Object Management Group als Standard für deklarative Prozessmodellierungssprachen definiert. Mehrere Anbieter bieten praktische Werkzeuge für die Modellierung deklarativer Prozesse nach diesem Standard an (z.B. Camunda⁵). DMN⁶, ebenfalls ein Standard der Object Management Group, ergänzt CMMN, wenn es um die Spezifikation von entscheidungsbasierten Aufgaben geht.

Aufgrund der Bekanntheit des Ansatzes haben wir zunächst versucht, das industrielle Szenario mit (MP-)Declare zu modellieren. Da jedoch die beteiligten Fachleute von Anfang an enorme Probleme hatten, die Semantik dieser Sprache zu verstehen – insbesondere aufgrund des Fehlens einer grafischen Notation – haben wir sie im Projekt nicht weiter verwendet. Auch die Verwendung von DCR-Graphen (Hilde-

⁴ KEBAP. Kennzahlenbasiertes Management von agilen Prozessen. Dieses Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Medien, Energie und Technologie im Rahmen des Programms *Informations- und Kommunikationstechnik* gefördert.

⁵ <https://camunda.com>.

⁶ <https://www.omg.org/dmn/>.

brandt et al. 2013) oder der textuellen Notation DPIL (Zeising et al. 2014) konnte die Akzeptanz des deklarativen Modellierungsansatzes nicht erhöhen. Insbesondere die vielen verschiedenen Beziehungen zwischen Prozessschritten mit unterschiedlicher Semantik haben zu erheblichen Verständnisproblemen geführt.

Schließlich haben wir vorgeschlagen, eine Mischung aus CMMN und DMN für die Modellierung des komplexen Anwendungsszenarios zu verwenden. Unsere Erfahrungen mit dem Einsatz dieser Technologien sind ambivalent. Die folgende Diskussion gliedert sich in zwei Teile: Der erste Teil befasst sich mit der funktionalen und verhaltensbezogenen Perspektive eines Prozessmodells, während der zweite Teil Daten, die organisatorischen und die operativen Fragmente einer Prozessbeschreibung behandelt.

- Die Praktiker kommen mit der Darstellung von Aufgaben innerhalb eines CMMN-Cases recht gut zurecht. Auch verstehen sie, wie Aufgaben innerhalb eines Falles miteinander verbunden sind und wie Entscheidungen durch die DMN-Sprache modelliert werden. Dennoch fühlen sie sich mit den vielen verschiedenen Symbolen und Begriffen (z. B. Stage, Sentries, Milestones, Tags) überfordert.
- Im Gegensatz zu den recht positiven Erfahrungen bezüglich der Modellierung der funktionalen und verhaltensbezogenen Perspektive haben die Anwender enorme Probleme mit der organisatorischen, operativen und der Datenperspektive. Ähnlich wie bei den Erfahrungen mit BPMN-Prozessmodellen (Abschn. 3.1) besteht in der Fachpraxis ein starker Bedarf an leistungsfähigen Prozessmodellierungselementen für diese Perspektiven. So ist es z. B. von großer Bedeutung zu beschreiben, welche Organisationseinheiten und Mitarbeiter für die einzelnen Aufgaben zuständig sind. Darüber hinaus müssen insbesondere für den technischen Teil des Gesamtprozesses Werkzeuge, Dienste und Systeme spezifiziert werden können, die für die Durchführung der verschiedenen Aufgaben erforderlich sind.

Da der prinzipielle Ansatz der deklarativen Prozessmodellierung durchaus akzeptabel zu sein scheint, ist es bedauerlich, dass er keine „Marktreife“ erreicht hat. Wir führen dies auf die überfrachtete Notation dieser Sprachen und die fehlenden Modellierungsmöglichkeiten für die organisatorische, operative und datenbezogene Perspektive zurück. Camunda⁷ stimmt mit dieser Beobachtung überein, wobei im zitierten Block vor allem die ungewöhnliche Art der Modellierung als Grund für die Ablehnung von CMMN genannt wird. Ähnlich den Erfahrungen von Camunda mussten wir auch in unserem Projekt auf eine *normale* BPMN-Modellierung für die obigen Szenarien übergehen, obwohl dabei völlig unübersichtliche Prozessmodelle entstanden, da die oben genannten komplexen Entscheidungsprozesse modelliert werden mussten. Die Verwendung von DMN-Tabellen bildet nur einen kleinen Teil der benötigten Aspekte ab. DMN-Tabellen vereinfachen vielschichtige Entscheidungspunkte, bilden jedoch kein Verhalten, keine Organisationsbeziehungen und Beziehungen bzw. zeitliche Abhängigkeiten zwischen Prozessschritten ab und sind daher als ganzheitliche Prozessmodellierungssprache nicht verwendbar.

⁷ <https://camunda.com/blog/2020/08/how-cmmn-never-lived-up-to-its-potential/>.

3.3 Außendienst und ortsbezogene Prozesse

Außendienstprozesse sind ein wesentlicher Bestandteil vieler Branchen, darunter Telekommunikation, Fertigung, Handwerk, Versorgungsunternehmen und Gesundheitswesen. Sie umfassen verschiedene Aktivitäten wie Installation, Wartung, Reparatur und Inspektion, die von Außendiensttechnikern beim Kunden vor Ort durchgeführt werden. Trotz ihrer entscheidenden Rolle bei der Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Leistungserbringung und der Kundenzufriedenheit werden Außendienstprozesse im Vergleich zu anderen Arten von Prozessen bislang nur wenig untersucht.

Die zunehmende Komplexität von Außendienstprozessen, die durch den raschen technologischen Fortschritt und aufgrund wachsender Kundenerwartungen bedingt ist, motiviert eine systematische und umfassende Modellierung und Implementierung dieser Prozesse. Außendiensttätigkeiten sind ressourcenintensiv und verursachen Kosten für Personal, Transport und Ausrüstung. Das Aufkommen neuer Technologien wie das Internet der Dinge (IoT) und Augmented Reality (AR) hat den technischen Kontext eines Außendienstes verändert. Die Integration dieser Technologien in die Prozesse des Außendienstes erfordert ein tieferes Verständnis der betrieblichen Perspektiven. Eine alternde Belegschaft und ein Mangel an qualifizierten Technikern stellen die Außendienstbranche ebenfalls vor Herausforderungen. Ein umfassendes Geschäftsprozessmodell für Außendienstaktivitäten hilft Unternehmen, ihre Mitarbeiter besser zu steuern, indem sie Bereiche für Schulungen identifizieren, die Ressourcenzuweisung verbessern und somit die Gesamtproduktivität steigern. In Anbetracht dieser Faktoren besteht ein dringender Bedarf an einem systematischen Ansatz zur Modellierung der betrieblichen Perspektive für Prozesse des Außendienstes.

Ein interessanter Prozess im Rahmen von Außendienstaktivitäten ist Untersuchungsgegenstand im praxisorientierten Forschungsprojekt TRADEmark⁸ mit drei Partnern aus dem Handwerk neben wissenschaftlichen Projektpartnern. Ziel des Projekts ist die systematische digitale Unterstützung von Außendienstprozessen in Handwerksbetrieben auf der Basis prozessorientierter Informationssysteme. Eine systematische Erfassung und Modellierung der betrieblichen Prozesse der beteiligten Unternehmen ist die Grundlage für die Implementierung eines BPMS für den Außendienst.

Für die Erstellung verständlicher und technisch umsetzbarer Prozessmodelle wird ein BPMN-basierter Modellierungsansatz gewählt. In Diskussionen und Workshops mit den Projektpartnern kristallisiert sich insbesondere eine starke Fokussierung auf zwei Perspektiven der Prozessmodellierung heraus, die in bestehenden Ansätzen bisher wenig oder gar nicht berücksichtigt wurden: (i) die *operationale* Perspektive, d. h. (manuell zu benutzende) Werkzeuge, die für eine bestimmte Aufgabe eingesetzt werden, und (ii) die *ortsbezogene* Perspektive, d. h. die Berücksichtigung der

⁸ Das Projekt IoT-basiertes Daten- und Prozessmanagement im Handwerk (TRADEmark) wurde mit Mitteln der Bayerischen Forschungsstiftung (BFS) finanziert. Für den Inhalt dieser Publikation sind die Autoren verantwortlich.

Verortung von Entitäten durch den Kontrollfluss innerhalb eines Prozesses und bei der Aufgabenzuweisung.

Bei der Untersuchung der Anforderungen an die betriebliche und standortbezogene Perspektive von Prozessen in Handwerksbetrieben zeigen sich einige kritische Punkte:

- Außendienstprozesse werden geprägt durch einen starken Fokus auf Werkzeuge, die für bestimmte Aufgaben eingesetzt werden (z. B. Bohrer, Spezialzangen). Für die beteiligten Unternehmen besteht die Herausforderung darin, Aufgaben mit bestimmten Werkzeugen zu verknüpfen, um den Handwerkern, die für die Ausführung der Prozessschritte ausgewählt werden, entsprechende Empfehlungen geben zu können. BPMN bietet keine Möglichkeiten, diese Anforderungen in ein Prozessmodell einzubringen. BPMN unterscheidet hinsichtlich der operativen Perspektive nur zwischen verschiedenen Aufgabentypen, z. B. Service Task, Human Task. Hilfsmittel oder konkrete Werkzeuge können nicht deklariert werden. Die technischen Möglichkeiten des IoT bieten die Chance, solche Hilfsmittel digital zu identifizieren, z. B. mit Hilfe von RFID-Sensoren. Eine Brücke zwischen IoT-Middleware und Prozessmanagementsystem könnte daher Daten zwischen den Systemen austauschen und so automatisch zwischen ungeeigneten und passenden Werkzeugen unterscheiden.
- Mobile und ortsverteilte Prozesse umfassen typischerweise mehrere Prozessteilnehmer, die an verschiedenen Orten an aufeinander folgenden Aufgaben arbeiten (z. B. ein Handwerksbetrieb mit mehreren Handwerkern, welche auf verschiedenen Baustellen arbeiten). Wir betrachten beispielhaft einen mobilen verteilten Prozess, bei dem Handwerker zu Kunden fahren, um defekte Heizungen zu ersetzen. Hier sollten standortbezogene Daten genutzt werden, um z. B. den Reparaturauftrag und die dazugehörigen Aufgaben demjenigen Handwerker zuzuweisen, der sich am nächsten zum Standort des Kunden befindet. Die meisten Forschungen im Bereich BPM haben sich jedoch nur mit Aspekten der Ortskenntnis befasst, wie z. B. Prozessanpassung, Prozessmodellierung und Mining (Dörndorfer and Seel 2018; Behkamal et al. 2022), oder mit Managementaspekten kontextbezogener Prozesse (Hallerbach et al. 2008; Rosemann et al. 2008). Die Implementierung eines lauffähigen Systems auf der Basis von Standardnotationen wie BPMN zur Erfassung und Verarbeitung von Standortdaten ist nicht bekannt. Insbesondere die Zuordnung von konkreten Nutzern zu Aufgaben in BPMN auf Basis von Standortdaten ist nach Kenntnis der Autoren ebenfalls noch ein offenes Forschungsthema (Poss and Schönig 2023) und wurde in einer eigenen Arbeit (Poss et al. 2023) kürzlich eingeführt. Auch hier gilt, dass Echtzeit-Standortdaten von IoT-Geräten, die durch Prozessmanagement-Technologie genutzt werden, Unternehmen helfen, effizientere, effektivere und nachhaltigere Prozesse zu implementieren.

Welche Schlussfolgerungen können wir aus den oben geschilderten Erfahrungen ziehen? Es zeigt sich, dass wichtige Aspekte räumlich verteilter Prozesse in Sprachen zur Prozessmodellierung bisher nur unzureichend berücksichtigt wurden. Es fehlt an praktischen Notationen für ortsbezogene Kontexte wie beispielsweise die ortsbezogene Aufgabenzuweisung. Auch wenn die Forschung das breite Spektrum der Möglichkeiten des IoT für BPM erkannt hat, fehlen sowohl Modellierungsele-

mente als auch Systemunterstützung für die Verknüpfung von Non-IT-Tools und Prozessmanagement. Aus unserer Sicht empfiehlt es sich darüber hinaus, für die praxisorientierte Prozessmodellierung eine aussagekräftige operative Perspektive in bestehende Modellierungssprachen zu integrieren.

3.4 Produktionsprozesse und Industrial IoT Security Management

Produktions- oder Fertigungsprozesse bilden den Kern verschiedener Branchen und umfassen eine Vielzahl von Aktivitäten wie Materialhandhabung, Montage, Bearbeitung, Qualitätskontrolle und Verpackung. Diese Prozesse sind unerlässlich für die Herstellung von Waren und Dienstleistungen, die den Kundenanforderungen entsprechen und gleichzeitig betriebliche Effizienz und Kosteneffizienz gewährleisten. In den letzten Jahren hat sich die Fertigungslandschaft aufgrund der Globalisierung, des technologischen Fortschritts und der steigenden Kundenanforderungen stark verändert, so dass ein effizientes Management dieser Prozesse wichtiger denn je ist.

Der Einsatz von Prozessmanagement in der Fertigung kann Unternehmen zahlreiche Vorteile bieten und ihre Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität steigern und gleichzeitig einen erhöhten Sicherheitsstandard gewähren. BPM ermöglicht es Unternehmen, Fertigungsprozesse zu analysieren und zu visualisieren und ermöglicht somit, Ineffizienzen, Engpässe und Sicherheitsprobleme zu erkennen. Darüber hinaus gelten in der verarbeitenden Industrie oft strenge gesetzliche Vorschriften und Branchenstandards wie ISO 9001 oder Six Sigma. BPM unterstützt Unternehmen bei der Einhaltung solcher Vorschriften, indem Prozesse dokumentiert, Rollen und Verantwortlichkeiten definiert und standardisierte Verfahren eingeführt werden.

Betrachten wir den Sicherheitsaspekt speziell in Fertigungsunternehmen genauer. Der folgende Anwendungsfall aus dem Projekt INSIST⁹ mit Partnern aus der produzierenden Industrie befasst sich mit diesem Aspekt. Ziel des Projektes ist u. a. die prozessorientierte Erfassung der am Prozess beteiligten Entitäten, d. h. Maschinen, Komponenten und Menschen, sowie deren Sicherheitsanforderungen. Das Industrial IoT (IIoT), also die Integration von IoT-Technologien in Produktionsumgebungen, bietet zwar neue Chancen, hat aber auch seine Schattenseiten. Die Konnektivität und IT-Integration industrieller Komponenten schafft neue Möglichkeiten für Angreifer, Prozesse zu infiltrieren, zu stören oder böswillig zu verändern. Aufgrund der neuen Möglichkeiten und der damit verbundenen Gefahren erfordert Cybersicherheit in IIoT-Umgebungen besondere Aufmerksamkeit. Es gibt Bestrebungen der EU, die Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen, wie z. B. IEC62443, EU-weit als Standard zu etablieren. Um die Sicherheit in industriellen Prozessen von vornherein berücksichtigen zu können, ist ein umfassender Modellierungsansatz notwendig, der auch die Sicherheitsanforderungen in IIoT-Prozessen abdeckt. Dabei ist es für ein sinnvolles und nachhaltiges Sicherheitsmanagement entscheidend, die Unternehmensressourcen, ihre betrieblichen Abläufe und ihren Informationsbedarf zu kennen und zu definieren. Darauf aufbauend können Risiken identifiziert, Schutzmaßnahmen

⁹ Das Projekt Industrial IoT Security Operation Center (INSIST) wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den Autoren.

ergriffen und Sicherheitsvorfälle überwacht werden. Vor diesem Hintergrund bietet die Disziplin des BPM zahlreiche etablierte Methoden, Konzepte und Technologien zur systematischen Modellierung betrieblicher IIoT-Prozesse, die auch zur Verbesserung der Sicherheit genutzt werden können. Während die Integration von IoT- und BPM-Technologie im Allgemeinen bereits erforscht ist, stellt die Verknüpfung von BPM mit Sicherheitsaspekten eine bisher ungenutzte Quelle zur Verbesserung der Cybersicherheit in produzierenden Unternehmen dar.

Ausgehend von diesen Überlegungen und den Anforderungen ergeben sich folgende Probleme bei der Modellierung sicherheitsrelevanter Aspekte:

- Eine formal definierte Notation wie BPMN kann eine Grundlage für die Umsetzung eines BPM-basierten Security-by-Design-Ansatzes bieten. Da jedoch die IIoT-Sicherheitsanforderungen aus dem IEC-62443-Standard noch nicht von dieser Notation unterstützt werden, fehlt eine Methode, diese Sicherheitsanforderungen und mögliche Schutzmaßnahmen entsprechend darzustellen. Während für Sicherheitsaspekte im klassischen IT-Bereich bereits einige Beschreibungssprachen existieren, fehlt noch ein spezialisierter Ansatz für das IIoT mit seinen einzigartigen Anforderungen der industriellen Betriebstechnik (Hornsteiner et al. 2022).
- Die wachsende Bedeutung von IIoT ist bereits erkannt worden und damit auch das Fehlen einer Modellierungssprache zur Darstellung IIoT-bewusster Prozesse (Meyer et al. 2015). Das umfangreiche EU-geförderte Forschungsprojekt *Internet of Things Architecture (IoT-A)*¹⁰ entwickelte dazu eine umfassende BPMN-Erweiterung, die Sensoren, IIoT-spezifische Aufgaben und Cloud-Geräte abdeckt (Meyer et al. 2013, 2015). Für unser Projekt wollen wir diese Forschungsergebnisse nutzen, um die Fertigungsprozesse der beteiligten Praxispartner zu modellieren. Die entwickelten Forschungsergebnisse und Artefakte werden jedoch weder auf den Webseiten der Projekte noch auf öffentlichen Webseiten der EU veröffentlicht. Auch sehen wir keine Bestrebungen, die Ergebnisse dieses umfangreichsten Projekts in einen Standard oder ein Werkzeug zu übernehmen.

Aus den Erfahrungen, die in diesem Projekt gesammelt worden sind, können wir sehr ähnliche Schlussfolgerungen ziehen, wie sie zuvor diskutiert wurden. Aufgrund der zunehmenden Verschmelzung von IT und Betriebstechnik besteht ein dringender Bedarf an Prozessmanagement für den IIoT-Sektor. Hier konzentrieren wir uns auf die Sicherheitsperspektive, die heutzutage einer der wichtigsten Aspekte des Softwaremanagements ist. Es ist jedoch zu wenig Aufwand zu beobachten, um diesen Aspekt so zu entwickeln, dass er bequem in Prozessmanagementsystemen genutzt werden kann. Der in Hornsteiner and Schönig (2023) entwickelte Ansatz stellt eine erste Möglichkeit dar, BPMN als Sicherheitsmanagement-Tool im IIoT zu nutzen.

4 Fazit

Welches Fazit kann aus den hier berichteten Erfahrungen gezogen werden, die sowohl im Rahmen akademischer Forschung als auch aus der kontinuierlichen Durch-

¹⁰ <https://www.iiot-a.eu>.

führung von Praxisprojekten gewonnen worden ist? Es ist eine Selbstverständlichkeit zu postulieren, dass akademische Forschung ihren Weg in professionelle Produkte finden muss und dass dies nicht die Aufgabe der Wissenschaft, sondern vor allem der Unternehmen ist. Andererseits ist die Wissenschaft aufgefordert, Problemstellung der Praxis aufzunehmen und akzeptable Lösungskonzepte zu entwickeln. Beides wird prinzipiell auch getan, nur halten wir einige zu beobachtende Entwicklungen für suboptimal.

- Aus industrieller Sicht werden bestimmte Perspektiven des Prozessmanagements, welche für die Praxis von enormer Bedeutung sind, z. B. die organisatorische und die operative Perspektive, zu wenig erforscht bzw. nicht mehr weiter erforscht. Es fehlt an leistungsfähigen und implementierbaren akademischen Prototypen, welche anschließend im industriellen Umfeld professionell umgesetzt werden können. Darüber hinaus sind bestimmte Bereiche des Prozessmanagements, z. B. die Sicherheitsperspektive, noch nicht ausgereift und ausreichend erforscht. Dieses Manko sollte zu weiterer Forschung in solchen Bereichen anregen, anstatt solche Bereiche aufgrund fehlender Neuartigkeit zu vernachlässigen und stattdessen neuesten Forschungstrends zu folgen.
- Ebenfalls wäre aus industrieller Sicht wünschenswert, wenn Methoden der deklarativen Prozessmodellierung so weiterentwickelt werden, dass sie im praktischen Umfeld einsetzbar sind. Diese mächtigen Modellierungsansätze sind leider aufgrund ihrer Komplexität kaum im normalen industriellen Umfeld anwendbar.
- Aus akademischer Sicht ist vor allem zu bemängeln, dass vielversprechende Konzepte, z. B. zur Modellierung des organisatorischen Aspekts, von ortsbezogenen Prozessen oder der Sicherheitsperspektive, nicht in Produkten für das Prozessmanagement umgesetzt werden. Ihre Notwendigkeit unterstreichen die hier aufgezeigten Praxisprojekte.

Auch wenn sich dieser Beitrag vor allem kritisch mit Entwicklungen im BPM befasst, sehen wir das Prozessmanagement als eine mächtige Methode an, um viele praktische Anwendungsbereiche systematisch zu unterstützen. Es hat auch in vielen Bereichen seinen Weg aus der Forschung in die Praxis gefunden. An manchen Stellen scheinen allerdings weitere Entwicklungen – ohne erkennbare Notwendigkeit – eingestellt worden zu sein. Weiterentwicklungen, wie sie oben identifiziert worden sind, sind aber prinzipiell realisierbar und haben praktische Relevanz.

Da wir die Informatik auch als Ingenieurdisziplin betrachten, sehen wir eine große Chance darin, Entwicklungen voranzubringen, wenn Wissenschaft und Praxis stärker miteinander verbunden werden. Gerade weil die Ingenieurwissenschaften naturgemäß auf die Entwicklung umsetzbarer Konzepte abzielen, sollten sich auch die Wissenschaftler stärker mit diesem Thema befassen, um ausgereifte Prototypen zu entwickeln, die anschließend von (Software-)Unternehmen professionell weiterentwickelt werden können.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ord-

nungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Aalst WM (2015) Business process management as the “killer app” for petri nets. *Softw Syst Model* 14(2):685–691
- Ackermann L, Schöning S, Petter S, Schützenmeier N, Jablonski S (2018) Execution of multi-perspective declarative process models. In: *On the Move to Meaningful Internet Systems OTM 2018 Conferences – Confederated International Conferences: CoopIS, C&TC, and ODBASE 2018, Valletta, October 22–26, 2018. Proceedings, Part II. Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 11230. Springer, Berlin Heidelberg, S 154–172
- Behkamal B, Pourmasoumi A, Rastaghi MA, Kahani M, Motahari-Nezhad HR, Allahbakhsh M, Najafi I (2022) Geo-enabled business process modeling <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2204.08063>
- Bialy M, Pantelic V, Jaskolka J, Schaap A, Patcas L, Lawford M, Wassying A (2017) Software engineering for model-based development by domain experts. In: *Handbook of system safety and security*, S 39–64
- Cabanillas C, Knuplesch D, Resinas M, Reichert M, Mendling J, Ruiz-Cortés A (2015) Ralph: a graphical notation for resource assignments in business processes. *CAiSE*: 53–68. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19069-3>
- Curtis B, Kellner MI, Over J (1992) Process modeling. *Commun ACM* 35(9):75–90
- Dörndorfer J, Seel C (2018) A framework to model and implement mobile context-aware business applications. In: Schaefer I, Karagiannis D, Vogelsang A, Méndez D, Seidl C (Hrsg) *Modellierung 2018. Gesellschaft für Informatik e.V, Bonn*, S 23–38
- Dumas M, La Rosa M, Mendling J, Reijers HA et al (2018) *Fundamentals of business process management* Bd. 2
- Frank U (2002) Multi-perspective enterprise modeling (memo) conceptual framework and modeling languages. In: *Proceedings of the 35th annual Hawaii international conference on system sciences*. IEEE, S 1258–1267
- Hallerbach A, Bauer T, Reichert M (2008) Context-based configuration of process variants. In: *3rd International Workshop on Technologies for Context-Aware Business Process Management (TCoB 2008)*, S 31–40
- Hildebrandt T, Marquard M, Mukkamala RR, Slaats T (2013) Dynamic condition response graphs for trustworthy adaptive case management. In: *On the move to meaningful Internet systems*. Springer, Berlin Heidelberg, S 166–171
- Hornsteiner M, Schöning S (2023) Designing business processes for comprehensive industrial iot security management. In: *18th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology (DESIRIST)*
- Hornsteiner M, Stoiber C, Schöning S (2022) Towards security- and iiot-aware BPMN: a systematic literature review. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Smart Business Technologies, ICSBT*, S 45–56
- Jablonski S, Bussler C (1994) Mobile: a modular workflow model and architecture. In: *Working conference on dynamic modelling and information systems*
- Jablonski S, Bussler C (1996) *Workflow management: modeling concepts, architecture and implementation*
- Meyer S, Ruppen A, Magerkurth C (2013) Internet of things-aware process modeling: Integrating iot devices as business process resources. In: *Advanced information systems engineering*, S 84–98. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38709-8>

- Meyer S, Ruppen A, Hilty L (2015) The things of the internet of things in BPMN. In: Lecture notes in business information processing, Bd. 215
- Oca IM-M, Snoeck M, Reijers HA, Rodríguez-Morffi A (2015) A systematic literature review of studies on business process modeling quality. *Inf Softw Technol* 58:187–205
- Pesic M, Schonenberg H, Aalst WM (2007) Declare: full support for loosely-structured processes. In: *EDOC*. IEEE, S 287–287
- Poss L, Schöning S (2023) A generic approach towards location-aware business process execution. In: *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling (BPMS)*. Lecture Notes in Business Information Processing
- Poss L, Dietz L, Schöning S (2023) Labpmn: Location-aware business process modeling and notation. In: *International conference on cooperative information systems*, S 198–216
- Reijers HA (2021) Business process management: the evolution of a discipline. *Comput Ind* 126:103404
- Rosemann M, Recker J, Flender C (2008) Contextualisation of business processes. *Int J Bus Process Integr Manag* 3(1):47. <https://doi.org/10.1504/ijbpim.2008.019347>
- Russell N, Van Der Aalst WM, Ter Hofstede AH, Edmond D (2005) Workflow resource patterns: identification, representation and tool support. *CAiSE* 5:216–232
- Sadiq S, Sadiq W, Orłowska M (2001) Pockets of flexibility in workflow specification. In: *Conceptual Modeling—ER 2001: 20th International Conference on Conceptual Modeling*. Springer, Berlin Heidelberg, S 513–526
- Scheer A-W (2013) *Architektur Integrierter Informationssysteme: Grundlagen der Unternehmensmodellierung*. Springer, Berlin Heidelberg
- Schöning S, Di Ciccio C, Maggi FM, Mendling J (2016) Discovery of multi-perspective declarative process models. In: *Service-Oriented Computing (ICSOC)*. Springer, Berlin Heidelberg, S 87–103
- Tarhan A, Turetken O, Reijers HA (2016) Business process maturity models: a systematic literature review. *Inf Softw Technol* 75:122–134
- Ter Hofstede AH, Aalst WM, Adams M, Russell N (2009) *Modern business process automation: Yawl and its support environment*
- Zeising M, Schöning S, Jablonski S (2014) Towards a common platform for the support of routine and agile business processes. In: *10th IEEE international conference on collaborative computing: networking, applications and worksharing*. IEEE, S 94–103

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.