

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Motivation	6
1.2 Problemstellung	6
1.3 Zielsetzung	6
1.4 Aufbau der Thesis	7
2 Grundlagen	8
2.1 Internet of Things	8
2.1.1 Smart Objects	8
2.1.2 Domain Model	10
2.2 Prozess Modellierung	10
2.2.1 BPMN	10
2.2.2 UML	11
2.2.3 Geschäftsregeln	12
2.3 BPM	12
2.4 IoT - A	12
2.5 BPMN4CPS	12
3 BPM und IoT	13
3.1 Typische Muster und Best Practices von IoT Workflows	14
3.2 Unterschiede IoT Workflows zu regulären Workflows	14
3.3 Evaluierungskriterien	14
3.4 Bewertung der Modellierungsmethoden	14
3.5 Modellierungskonzept	14
4 Evaluierung	15

5	Schluss	16
5.1	Ergebnis	16
5.2	Fazit	16
5.3	Weiterführende Arbeit/ Ausblick	16
	Literaturverzeichnis	17
	Anhang	18

Abkürzungsverzeichnis

BPD	Business Process Diagram
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Model and Notation
BPMN4CPS	Business Process Model and Notation for Cyber-Physical Systems
CMMN	Case Management Model and Notation
IoT	Internet of Things
IoT-A	Internet of Things - Architecture
OMG	Object Management Group
UML	Unified Modelling Language

Tabellenverzeichnis

2.1 Charakteristiken von smarten Objekten	9
---	---

Abbildungsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Motivation

Das Internet of Things (IoT) ist eines der größten IT-Buzzwords der letzten Jahre und beschreibt die durch eingebettete Elektronik ermöglichte Vernetzung von physischen Dingen. Die dadurch gewonnen Ereignisse bzw. Daten bieten neben dem Potential der Prozessoptimierung und Erweiterung noch die Möglichkeit zur Generierung völlig neuer Geschäftsprozesse und Modelle. Das Weiteren sinken die Kosten dafür physische Dinge mit Sensoren auszustatten und untereinander zu vernetzen, was zu einem hohen Andrang an IoT Projekten führt. Laut Gartner sollen im Jahr 2020 mehr als die Hälfte der wichtigsten Geschäftsprozess Elemente des IoT beinhalten. Da der Wettbewerb auf dem Technologie-markt rasant zunimmt, ist es unerlässlich sich von der Konkurrenz abzuheben. Die Verwaltung von Smart Devices mit Business Process Management (BPM) ermöglicht eine einfache Wartung ihrer Orchestrierung. Des weiteren bietet es auch den Aspekt der Nachverfolgung, die es ermöglicht KPIs über die Prozesse und Devices einfach zu ermitteln. Diese KPIs sind maßgebend für die Entscheidung, wie man Schwarm von Objekten am besten bedienen können sind.

1.2 Problemstellung

Häufig gestaltet sich die Darstellung und Modellierung der neuen Geschäftsprozesse jedoch schwierig, da Standards wie Business Process Model and Notation (BPMN) nur bedingt hierfür geeignete Elemente vorsehen. Außerdem nimmt die Anzahl der vernetzten Geräte von Tag zu Tag zu und bietet somit mehr Raum für mangelhafte oder fehlende Kommunikation zwischen den Geräten. Dieser Umstand erschwert eine Verwaltung von IoT Workflows ohne BPM wesentlich. Diese Problemstellungen bilden die Grundlage für diese Thesis.

1.3 Zielsetzung

Ziel der Thesis ist die Konzeption eines Modellierungsansatzes für IoT Workflows. Hierfür werden Grundlegende Besonderheiten von IoT Workflows festge-

halten und davon ausgehend Evaluierungskriterien für die Bewertung gängiger abgeleitet. Anhand der Kriterien werden Modellierungsmethoden bewertet und gegebenenfalls mögliche Erweiterungsmöglichkeiten vorgestellt. Der daraus resultierende Ansatz wird auf vorhandene Use-Cases angewandt und bewertet.

1.4 Aufbau der Thesis

Nach der Einleitung mit Motivation, Problemstellung, Zielsetzung sowie dem Aufbau der Thesis folgen Grundlagen im Bereich des **IoT**, der Prozess Modellierung, des **BPM**, der Internet of Things - Architecture (**IoT-A**) sowie der Business Process Model and Notation for Cyber-Physical Systems (**BPMN4CPS**), welche zum Verständnis der weiteren Arbeit dienen.

Im Hauptteil werden typische Muster von **IoT** Workflows festgelegt. Aus den festgelegten Workflows werden Unterschiede und Besonderheiten zwischen **IoT** Workflows und Workflows ohne **IoT** Integration herausgearbeitet, welche bei der Modellierung zu berücksichtigen sind. Anhand der Unterschiede werden Evaluierungskriterien für die Geschäftsprozess Modellierung abgeleitet. Diese Evaluierungskriterien werden im Anschluss dazu verwendet um bestehende Modellierungsmethoden auf ihre Eignung zur Modellierung von **IoT** Workflows zu bewerten. Basierend auf der Bewertung wird ein Modellierungskonzept für **IoT** Workflows festgelegt. Infolge dessen werden ein oder mehrere Use-Cases analysiert und das Modellierungskonzept darauf angewandt. Anhand der Ergebnisse wird das Modellierungskonzept bewertet.

Im Schlussteil wird das Ergebnis festgehalten, ein Fazit getroffen und weiterführende Arbeiten sowie ein Ausblick vorgestellt.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden zunächst Grundlagen des **IoT** erläutert. Anschließend werden die wichtigsten Prozess Modellierungsmethoden dargestellt und Grundlagen des **BPM** erklärt. Zum Abschluss werden zwei Erweiterungen von **BPMN** zur Modellierung von **IoT** Workflows vorgestellt.

2.1 Internet of Things

Die Idee eines "Internets der Dinge" hat seine Ursprünge in den Konzepten des Anfang der 90er Jahre von Mark Weiser skizzierten "Ubiquitous Computing". Grundgedanke des Ubiquitous Computing ist eine Erweiterung beliebiger physischer Gegenstände über ihre bestehende Form und Funktion hinaus durch mikroelektronische Komponenten [1]. Die so entstehenden "smarten" Gegenstände bilden, mit digitaler Logik, Sensorik und der Möglichkeit zur Vernetzung ausgestattet, ein Internet der Dinge. Der Begriff Internet of Things wurde jedoch erst 1999 von Kevin Ashton im Zusammenhang eines globalen Netzwerks von Objekten welche mit RFID angereicht wurden verwendet. Aus technischer Sicht steht hinter dem Internet der Dinge weniger eine einzelne Technologie oder eine spezifische Funktionalität als vielmehr ein Funktionsbündel, welches in seiner Gesamtheit eine neue Qualität der Informationsverarbeitung entstehen lässt.

2.1.1 Smart Objects

Zu den charakteristischen Eigenschaften smarter Objekte im erweiterten Internet zählen die in 2.1 sichtbaren Eigenschaften

Charakteristik	Erklärung
Identifikation	Objekte im Internet der Dinge sind über ein Nummerierungsschema eindeutig identifizierbar. Die Identifikation ermöglicht die Verknüpfung des Objekts mit Diensten bzw. einem "Datenschatten", d.h. Informationen zu dem Objekt, die auf einem entfernten Server im Netz hinterlegt sind.
Kommunikation	Im Gegensatz zu herkömmlichen elektronischen Geräten verfügen Objekte im Internet der Dinge über die Möglichkeit zur Vernetzung mit Ressourcen im Netz oder sogar untereinander, um Daten und Dienste gegenseitig zu nutzen.
Lokalisierung	Smarte Objekte kennen ihren Aufenthaltsort oder sind für andere lokalisierbar, bspw. auf globaler Ebene durch GPS oder in Innenräumen durch Ultraschall
Speicher	Das Objekt verfügt über Speicherkapazität, so dass es bspw. Informationen über seine Vergangenheit oder Zukunft mit sich tragen kann
Aktuatorik	Objekte im Internet der Dinge können unter Umständen selbständig Entscheidungen ohne übergeordnete Planungsinstanz treffen, z.B. im Sinne eines Industriecontainers, der seinen Weg durch die Lieferkette selbst bestimmt
Benutzerschnittstelle	Mit dem Aufgehen des Computers im physischen Gegenstand stellen sich auch neue Anforderungen an die Benutzeroberfläche, die meist nicht mehr durch Tasten und Displays realisiert werden kann. Vielmehr braucht es hier neuartige Benutzungsmetaphern analog der Maus und Fenstermetapher graphischer Benutzeroberflächen

Tabelle 2.1: Charakteristiken von smarten Objekten

2.1.2 Domain Model

2.2 Prozess Modellierung

In vielen heutigen Unternehmen unterstützen Informationssysteme nicht mehr nur das Geschäft, sondern sie werden immer mehr zu einem integralen Bestandteil davon. Alle Unternehmen machen einen gewissen Gebrauch von Informationstechnologie, und es ist wichtig, dass ihre Systeme wirklich so aufgebaut sind, dass sie die Unternehmen unterstützen in denen sie zum Einsatz kommen. Das Geschäft bestimmt letztlich die Anforderungen, welche an die Informationssysteme definieren. Die Entwicklung von Software ohne ein angemessenes Verständnis des Kontextes, in welchem diese Software betrieben werden soll, ist nahezu unmöglich. Um ein solches Verständnis zu erlangen, ist es unerlässlich, dass man ein Geschäftsmodell definiert. Ein Modell ist eine vereinfachte Sicht auf eine komplexe Realität. Diese Abstraktion erlaubt es irrelevante Details zu vernachlässigen und den Fokus auf die Kernelemente zu legen. Effektive Modelle erleichtern zudem Diskussionen zwischen verschiedenen Stakeholdern im Unternehmen. Sie ermöglichen es ihnen, sich auf die wichtigsten Grundlagen zu einigen und auf gemeinsame Ziele hinzuarbeiten. Die Modellierung von Geschäftsprozessen ist als Mittel zur Analyse und zum Design von Software akzeptiert und etabliert. Die sich ständig weiterentwickelnden Modelle helfen den Entwicklern auch dabei, ihr Denken zu strukturieren und zu fokussieren. Die Arbeit mit den Modellen dient ihnen zum Verständnis für das Geschäft und erhöht dadurch das Bewusstsein für neue Möglichkeiten zur Verbesserung des Geschäfts.

2.2.1 BPMN

BPMN ist ein Standard für die Geschäftsprozessmodellierung, der eine grafische Notation zur Spezifikation von Geschäftsprozessen in einem Business Process Diagram (**BPD**) auf Grundlage traditioneller Flussdiagrammtechniken bereitstellt [2, S.222]. Das Ziel von **BPMN** ist es, die Geschäftsprozessmodellierung sowohl für technische Anwender als auch für Geschäftsanwender zugänglich zu machen. Hierfür wird eine Notation bereitgestellt wird, welche für Geschäftsan-

wender intuitiv ist und dennoch komplexe Prozesssemantik abbilden kann. Die seit 2011 von der Object Management Group (OMG) vorgestellte BPMN 2.0-Spezifikation bietet auch Ausführungsemantik sowie das Mapping zwischen den Grafiken der Notation und anderen Ausführungssprachen, insbesondere der Business Process Execution Language (BPEL). BPMN ist so konzipiert, dass es für alle Beteiligten leicht verständlich ist. Zu den Anwendern gehören Business-Analysten, welche die Prozesse erstellen und verfeinern, technische Entwickler, die für die Implementierung zuständig sind sowie Geschäftsleiter welche Prozesse überwachen und verwalten. Im Anhang befindet sich ein Poster mit einer Übersicht über die wichtigsten Modellierungsmethoden von BPMN.

Aufgrund der fehlenden Möglichkeit Flexibilität abzubilden weshalb 2014 von der OMG ein eigener Standard Case Management Model and Notation (CMMN) verabschiedet wurde. Als Case wird eine Aktivität bezeichnet, welche sich nicht einfach wiederholen lässt. Cases sind von sich entwickelnden Umständen oder von Ad-hoc-Entscheidungen von Wissensarbeitern in Bezug auf bestimmte Situationen abhängig. Zu den Anwendungsfällen des Case Managements gehören die Lizenzierung und Genehmigung in der Regierung, die Antrags- und Schadensbearbeitung in der Versicherungsbranche, der Patientenversorgung sowie der medizinischen Diagnose im Gesundheitswesen, Hypothekbearbeitung im Bankwesen, Problemlösung in Call Centern, Vertriebs- und Betriebsplanung, Wartung und Reparatur von Maschinen und Anlagen sowie der Konstruktion von Sonderanfertigungen.

Laut Heise sei die Kombination von CMMN und BPMN sinnvoll um sowohl strukturierte als auch unstrukturierte Prozesse oder Teilprozesse sinnvoll abbilden zu können.

2.2.2 UML

Unified Modelling Language (UML) ist eine grafische Sprache, die die Artefakte verteilter Objektsysteme visualisiert, spezifiziert, konstruiert und dokumentiert [3]. Es ist der am weitesten verbreitete Standard für Software-Architekten, um Geschäftsanwendungen zu spezifizieren. UML wird vor allem für die objektorientierte Softwareentwicklung im Bereich des Software-Engineerings eingesetzt.

Die [UML](#) wurde in den 90er Jahren als Modellierungssprache und Methodik zur Unterstützung der objektorientierten Programmierung entwickelt. Im Jahr 1997 wurde es als Standard von der [OMG](#) übernommen. Die ersten Versionen 1.X wurden 2005 durch die neu überarbeiteten Versionen 2.X ersetzt. Seit Juni 2015 befindet sich UML in der Version 2.5. Im Zuge dieser Thesis wird [UML](#) lediglich im Bezug auf Prozessmodellierung mit Aktivitätsdiagrammen verwendet.

2.2.3 Geschäftsregeln

2.3 BPM

2.4 IoT - A

2.5 BPMN4CPS

3 BPM und IoT

Zusammenfassen: Obwohl IoT mittlerweile zum beliebten Schlagwort geworden ist, kämpfen viele immer noch mit dem Konzept, Prozesse auf IoT anzuwenden. BPM, in seinem Kern, nutzt den Workflow, um große Daten- und Informationsmengen zu verwalten, zu aktualisieren und zu verfolgen. Wenn zum Beispiel eine intelligente Uhr Daten von Ihrem Handgelenk empfängt, die sie dann an eine Fitness-Überwachungsapplikation überträgt, woher weiß sie dann, was sie mit diesen Informationen zu tun hat? Speichert es die Daten einfach in seinem Speicher? Schickt es die Daten an andere Anwendungen, die Ihre Gesundheit, Ihre Ernährung und Ihren Zeitplan für medizinische Besuche überwachen? Prozesse wie diese nutzen BPM, um intelligente Objekte und Anwendungen in der richtigen Reihenfolge zu verwalten. Das Volumen der Daten, mit denen wir täglich arbeiten, nimmt exponentiell zu, so dass es für uns eine absolute Notwendigkeit ist, diese Informationen mit Prozessen besser zu verwalten, die uns gut dienen. BPM erhöht den Wert des IoT durch die Verbindung von intelligenten Objekten. Dies wiederum erweitert ihre Integration und Orchestrierung. Da immer mehr Geräte angeschlossen werden und die IoT-Nutzung zunimmt, besteht eine größere Wahrscheinlichkeit für Chaos durch die schnelle Multiplikation einzelner Schnittstellen. Intelligente Geräte senden Informationen von einem angeschlossenen Gerät über eine API, um eine Antwort zu aktivieren. Die Antworten können in einem kompletten Prozess orchestriert werden, wobei nachfolgende Antworten wie z.B. das Öffnen einer Autotür oder der systematische Zugriff auf bestimmte Dateien aufgerufen werden. Die Integration von BPM ermöglicht es, viele Dinge innerhalb des IoT richtig und nahtlos zusammen zu managen.

3.1 Typische Muster und Best Practices von IoT Workflows

3.2 Unterschiede IoT Workflows zu regulären Workflows

3.3 Evaluierungskriterien

3.4 Bewertung der Modellierungsmethoden

3.5 Modellierungskonzept

4 Evaluierung

5 Schlussteil

5.1 Ergebnis

5.2 Fazit

5.3 Weiterführende Arbeit/ Ausblick

Literaturverzeichnis

- [1] M. Weiser, „Hot topics-ubiquitous computing,“ *Computer*, Jg. 26, Nr. 10, S. 71–72, Okt. 1993, ISSN: 0018-9162. DOI: [10.1109/2.237456](https://doi.org/10.1109/2.237456).
- [2] G. Aagesen und J. Krogstie, „BPMN 2.0 for Modeling Business Processes,“ in *Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems*, J. vom Brocke und M. Rosemann, Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, S. 219–250, ISBN: 978-3-642-45100-3. DOI: [10.1007/978-3-642-45100-3_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3_10). Adresse: https://doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3_10.
- [3] S. Kleuker, „Grundkurs Software-Engineering mit UML,“ in. Vieweg + Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011, 2011, Kap. Prozessmodellierung, S. 7–21.

Anhang

Unterbereich Anhang