

PRAKTISCHES BEISPIEL EINER  
PROZESS-STEUERUNG IM BEREICH HOME  
AUTOMATION

Seminar Information Engineering

0.80

Seminar Information Engineering  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Daniel Brun

25.06.2016

---

## Versionshistorie

---

Version	Datum	Autor(en)	Änderungen
0.01	04.04.2016	DBRU	Initiale Version
0.02	April / März	DBRU	Hintergrundrecherchen und Informationsbeschaffung
0.05	02.05.2016	DBRU	Verfassung der Einleitung
0.10	09.05.2016	DBRU	Verfassung der Ausgangslage
0.15	13.05.2016	DBRU	Ergänzung der Ausgangslage, Verfassung Kapitel „BPM in der Domäne IOT“
0.16	13.05.2016	DBRU	Ergänzung im Kapitel „BPM in der Domäne IOT“
0.20	20.05.2016	DBRU	Kleiner Ergänzungen in den bestehenden Kapiteln
0.25	22.05.2016	DBRU	Verfassung Kapitel „BPM in der Domäne Home Automation“ und „BPM auf dem Raspberry Pi in der Domäne Home Automation“
0.30	23.05.2016	DBRU	Ergänzung weiterer Details in den Kapiteln 3,4,5
0.31	27.05.2016	DBRU	Ergänzungen im Kapitel „BPM in der Domäne Home Automation“
0.35	03.06.2016	DBRU	Ergänzungen der verschiedenen Raspberry Pi Modelle
0.50	06.06.2016	DBRU	Ergänzungen im Kapitel BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“
0.60	10.06.2016	DBRU	Finalisierung der ersten drei Kapitel.
0.65	17.06.2016	DBRU	Dokumentation des Beispielsetup
0.70	19.06.2016	DBRU	Korrekturen bis und mit Kapitel 3
0.75	20.06.2016	DBRU	Korrekturen bis und mit Kapitel 5
0.80	25.06.2016	DBRU	Einfügen des Beispielprozesses

Daniel Brun (DBRU)

Abstract

Ausgangslage und Ziel

Raspberry Pi

Vorgehensweise

Home Automation

BPMN

Raspberry Pi

Beispielsetup

Beschreibung Beispielsetup

Bild Beispielsetup

---

## Eigenständigkeitserklärung

---

Hiermit bestätige ich, dass vorliegende Seminararbeit zum Thema „Praktisches Beispiel einer Prozess-Steuerung im Bereich Home Automation“ gemäss freigegebener Aufgabenstellung ohne jede fremde Hilfe und unter Benutzung der angegebenen Quellen im Rahmen der gültigen Reglemente selbständig verfasst wurde.

Thalwil, 29.06.2016

Daniel Brun



---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund . . . . .	1
1.2	Ziel . . . . .	1
1.3	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.4	Erwartete Resultate . . . . .	2
1.5	Abgrenzung . . . . .	2
1.6	Struktur . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>4</b>
2.1	Business Process Managemnt (BPM) . . . . .	5
2.1.1	Lebenszyklus / Phasen . . . . .	6
2.1.2	Formalisierung / Notation . . . . .	7
2.1.3	Umsetzung . . . . .	7
2.1.4	Technische Umsetzung . . . . .	7
<b>3</b>	<b>BPM in der Domäne „Internet of Things“</b>	<b>9</b>
3.1	Die Domäne „Internet of Things“ . . . . .	9
3.1.1	Herausforderungen & Problemstellungen . . . . .	10
3.2	Prognose für BPM im Kontext von IoT . . . . .	11
3.3	BPM im Kontext von IoT . . . . .	11
3.4	Einfluss und Nutzen . . . . .	12
3.5	Anwendungsmöglichkeiten . . . . .	13
3.6	Frameworks, Produkte, ... . . . .	14
<b>4</b>	<b>BPM in der Domäne „Home Automation“</b>	<b>17</b>
4.1	Die Domäne „Home Automation“ . . . . .	17
4.1.1	Herausforderungen & Problemstellungen . . . . .	18
4.1.2	Prognose und Zukunft . . . . .	18
4.2	BPM im Kontext von „Home Automation“ . . . . .	19
4.3	Anwendungsmöglichkeiten . . . . .	19
4.4	Lösungen, Produkte, Frameworks, ... . . . .	20
4.4.1	Software Lösungen . . . . .	21
4.4.2	Hardware Lösungen (inkl. abgestimmter Software) . . . . .	23

---

4.4.3 Weitere . . . . .	23
<b>5 BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“</b>	<b>24</b>
5.1 Der Raspberry Pi . . . . .	24
5.1.1 Raspberry Pi Modelle im Überblick . . . . .	26
5.2 Betrachteter Lösungsraum . . . . .	27
5.3 Lösungen, Produkte & Frameworks . . . . .	27
5.3.1 Lösungskategorie: Spezifische Home Automation Lösungen . . . . .	28
5.3.2 Lösung mit BPMN-Support im Bereich IOT . . . . .	29
5.4 Realisierung eines Beispielhaften Prozesses mit BPMN im Bereich „Home Automation“ . . . . .	30
5.4.1 Verwendete Hardware . . . . .	30
5.4.2 Verwendete Software . . . . .	30
5.4.3 Komponentenübersicht . . . . .	32
5.4.4 Prozess / Szenario . . . . .	34
<b>6 Schlusswort</b>	<b>36</b>
6.1 Fazit . . . . .	36
6.1.1 BPM in der Domäne „Internet of Things“ . . . . .	36
6.1.2 BPM in der Domäne „Home Automation“ . . . . .	37
6.1.3 BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“ . . . . .	37
6.1.4 Beispielsetup . . . . .	37
6.2 Reflexion . . . . .	37
<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>39</b>

# KAPITEL 1

---

## Einleitung

---

### 1.1 Hintergrund

Im geschäftlichen Umfeld wird die Definition, die Modellierung und dadurch auch die Automatisierung von Business-Prozessen immer wichtiger. Mit der zunehmenden Beliebtheit von Home Automation Produkten (Stichwort: Internet of Things (IoT)) gibt es auch im privaten Umfeld Abläufe welche übergreifend koordiniert und gesteuert werden müssen oder können.

### 1.2 Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es, ein praktisches Beispiel einer Implementation einer End-to-End Prozess-Steuerung im Home Automation Bereich zu realisieren.

### 1.3 Aufgabenstellung

Die freigegebene Aufgabenstellung lautet wie folgt:

Es soll aufgezeigt werden, was es heute für Möglichkeiten (Frameworks, Tools, Produkte, etc. ...) gibt um Abläufe / Prozesse im Bereich Home Automation zu modellieren und zu automatisieren. Mit Hilfe eines Raspberry PI's soll einer oder mehrere typische Abläufe aus dem Home Automation-Bereich realisiert werden. Dabei soll auch geprüft / gezeigt werden, wie die Interaktion mit typischen Home Automation Protokollen / Stacks gestaltet werden kann.



## 1.4 Erwartete Resultate

Gemäss freigegebener Aufgabenstellung werden folgende Resultate erwartet:

- Dokumentation
- Handout
- Präsentation

## 1.5 Abgrenzung

Aufgrund des Umfanges der Arbeit und der begrenzten Zeitdauer werden folgende Punkte von der Arbeit abgegrenzt:

- **Recherche**  
Die Recherchen beschränken sich auf die zentralen betrachteten Elemente. Ebenfalls wird der Zeitaufwand eingeschränkt, welcher für Recherchen aufgewendet wird um die Ziele dieser Arbeit zu erreichen.
- **Detailbetrachtung der Lösungen**  
Es werden nicht alle recherchierten Lösungen und Möglichkeiten betrachtet. Es wird eine Auswahl von 1 - 2 Lösungen getroffen, welche näher betrachtet und im Test-Setup verwendet werden. Eine zentrale Rolle bei der Auswahl der Lösungen ist die aktuell verfügbare Hardware. Aktuell sind ein Raspberry Pi 2, diverse GrovePi Sensoren, ein Razberry Z-Wave-Modul sowie einige Z-Wave Geräte verfügbar, welche im Projekt verwendet werden können.

## 1.6 Struktur

Diese Arbeit ist in folgende Teile gegliedert:

- Einleitung
- Ausgangslage
- BPM in der Domäne „Internet of Things“
- BPM in der Domäne „Home Automation“
- BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“
- Fazit

Im ersten Kapitel werden die Details zur Aufgabenstellung und den Rahmenbedingungen dieser Arbeit aufgezeigt. Anschliessend werden in einem kurzen Kapitel die wichtigsten Aspekte der Ausgangslage aufgezeigt.

Der Kern der Arbeit besteht aus den drei Kapiteln zu Business Prozess Management in den Bereichen „IoT“, „Home Automation“ und „Raspberry Pi“. Im ersten dieser drei Kapitel wird die Situation bezüglich Business Prozessen im Bereich IoT aufgezeigt und analysiert. Im Anschluss folgt eine Vertiefung der einzelnen Aspekte im Kontext von „Home Automation“. Ausgehend von den Erkenntnissen im „Home Automation“ Teil wird anschliessend geprüft, was für Möglichkeiten es für eine Umsetzung auf dem „Raspberry Pi“ aktuell gibt.

Am Ende folgt ein Fazit zu den einzelnen Bereichen und eine Reflexion über die gesamten Seminararbeit.

# KAPITEL 2

---

## Ausgangslage

---

In der heutigen Zeit mit immer komplexer werdenden Geschäftsfeldern und Märkten ist Business Process Management (BPM) ein essentieller Bestandteil kleiner, mittlerer und grosser Unternehmen. BPM bietet den Unternehmen viele essentielle Vorteile. Diesen Vorteilen gegenüber stehen jedoch die Aufwände, um BPM konsequent umzusetzen und anschliessend weiter zu pflegen.

Vor allem im Industrie-Zweig ist das IoT seit längerer Zeit ein wichtiger Bestandteil des Unternehmens. Mit der zunehmenden Verbreitung und Akzeptanz wird der Nutzen des IoT zunehmend auch in anderen Wirtschaftszweigen und im Privat- / Heimandwenderbereich entdeckt und genutzt.

Durch die zunehmende Ausbreitung ergeben sich nun zwei Fragestellungen.

- **Wie sieht die Kommunikation mit / innerhalb des IoT in Zukunft aus?**  
Bisher wird das Internet der Dinge eher im Rahmen der Kommunikation von zwei oder mehreren Dingen, beziehungsweise Maschinen betrachtet. Bei gewissen Anwendungsfällen ist jedoch die Integration des Menschen in den Kommunikationsprozess von Vorteil, beziehungsweise sogar unerlässlich. Durch die Einbindung des Menschen ergeben sich dann im Gegenzug viele neue mögliche Einsatzzwecke und Anwendungsgebiete. Als Stichworte sind hier Reporting, Datenanalyse, Datenauswertung, Datenvisualisierung und Entscheidungsfindung zu nennen.
- **Wie wird das IoT in die bestehenden Geschäftsprozesse integriert?**  
IoT Anwendungen / Lösungen wurden bisher oft in einem isolierten Kontext betrachtet. Spätestens nach Inbetriebnahme der Lösung stellt sich früher oder später die Frage, wie das ganze nun in (evtl. bestehende) Geschäftsprozesse integriert werden kann.

Eine Möglichkeit um die Problemstellung der ersten Frage zu lösen, wäre über die Beantwortung / Lösung der zweiten Frage. Dies würde bedeuten, dass die Kommunikation zwischen Geräten und Menschen über die Implementation / Anbindung von Geschäftsprozessen bewerkstelligt werden könnte.

Diese beiden Fragestellungen stellen sich nicht nur für den Geschäftsbereich, sondern auch im Privatbereich. IoT-Endgeräte, beziehungsweise „Dinge“ halten immer mehr auch im Privatbereich Einzug. Dabei handelt es sich oftmals um Produkte aus dem Bereich der Heimautomatisierung. Bei der Heimautomatisierung geht es ebenfalls um die Automatisierung / Steuerung von Abläufen. Im weitesten Sinn handelt es sich somit auch um Geschäftsprozesse.

Diese Arbeit soll aufzeigen, was es für Heimanwender für Möglichkeiten gibt um solche „Geschäftsprozesse“ im Bereich der Heimautomatisierung zu realisieren.

## 2.1 Business Process Managemnt (BPM)

Dieses Kapitel erläutert die wichtigsten Informationen rund um das Management von Geschäftsprozessen (Business Process Management).

Jedes Unternehmen hat Business Prozesse. Prozesse sind Abläufe, beziehungsweise Abfolgen von Schritten und Tätigkeiten. Diese Schritte müssen in einer bestimmten logischen Reihenfolge von einem Individuum oder einer Maschine ausgeführt werden. Jeder Prozess dient einem bestimmten Zweck und dient dazu ein vordefiniertes Ziel zu erreichen [Rou].

Je nach Art und Grösse des Unternehmens können diese Business Prozesse unterschiedliche Komplexitäten und Stellenwerte aufweisen. Oft werden die Business Prozesse mit der Zeit (und dem Wachstum des Unternehmens) immer grösser, vielfältiger und komplizierter.

Daher ist es in der Regel sinnvoll einen strukturierten Ansatz zur Verwaltung / Pflege / Umsetzung der Business Prozesse zu verwenden. Die nachfolgende Auflistung zeigt einige Gründe für die Verwendung eines strukturierten Ansatzes.

- Schwierigkeiten die Übersicht über die laufenden / offenen Prozesse zu behalten.
- Prozessschritte können vergessen oder in falscher Reihenfolge durchgeführt werden.
- Prozessschritte können unterschiedlich durchgeführt werden.
- Redundante Arbeitsschritte
- Wissensübertragung schwierig.
- Hoher Aufwand für die Einarbeitung

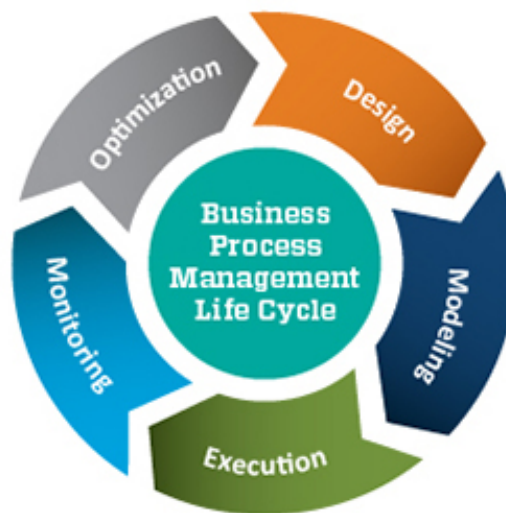
BPM ist eine Methode, beziehungsweise ein strukturierter und systematischer Ansatz um Business Prozesse (und Workflows) effektiver, effizienter und flexibler zu gestalten. Einige der wichtigsten Ziele von BPM werden nachfolgend aufgelistet.

- Reduktion, beziehungsweise Abstraktion, der Komplexität der Business Prozesse
- Minimierung von menschlichen Fehlern.
- Stakeholder können sich auf ihre eigentliche Rolle konzentrieren.

Früher hatte BPM primär zum Ziel Prozesse zu visualisieren, zu automatisieren und dadurch die Effizienz zu steigern. Heutige Business Process Management Suite (BPMS) bieten inzwischen viele zusätzliche Funktionalitäten an. Dazu gehören zum Beispiel End-User-Portale, Integration mit unterschiedlichsten Systemen, Analyse Möglichkeiten und Mobile-Fähigkeit.

### 2.1.1 Lebenszyklus / Phasen

Innerhalb von BPM gibt es die nachfolgende aufgezeigten Phasen.



**Abbildung 2.1:** Lebenszyklus / Phasen von BPMN

Quelle: <http://legatoconsulting.ca/solutions.html>

- **Design**  
In der Design-Phase werden bestehende und mögliche neue Prozesse identifiziert. Dabei wird der Prozess im Ist-Zustand modelliert.
- **Modelling**  
In der Modellierungs-Phase wird der Ist-Prozess analysiert und auf verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten hin überprüft.

- **Execution**

In der Execution-Phase wird der verbesserte / veränderte Prozess im Tagesgeschäft umgesetzt. Dies kann, muss aber nicht zwingend, mit Hilfe eines Software-Systems unterstützt oder (teil-) automatisiert werden.

- **Monitoring**

Im Monitoring werden die Prozesse anhand der definierten Metriken und Service Levels gemessen, Statistiken erstellt und mit Benchmarks verglichen.

- **Optimization**

Aufgrund der Informationen aus dem Monitoring und dem Feedback aus dem Tagesgeschäft werden Potenziale für Prozessoptimierungen identifiziert und anschliessend über die Phasen Design, Modelling und Execution umgesetzt.

### 2.1.2 Formalisierung / Notation

Prozesse können mit Hilfe von Notationen formalisiert und dokumentiert werden. Dazu wird heute entweder die Business Process Management Notation (BPMN) oder die Business Process Execution Language (BPEL) verwendet. Diese beiden Notationen zeichnen sich dadurch aus, dass diese einfach zu erlernen sind und dennoch den Basisregeln von Programmiersprachen folgen. Dadurch wird die Kommunikation zwischen Business und IT erheblich vereinfacht. Ebenfalls können so beschriebene Prozesse relativ einfach in einem System umgesetzt werden.

### 2.1.3 Umsetzung

BPM bietet auf lange Sicht viele Vorteile für ein Unternehmen. Damit BPM in einem Unternehmen erfolgreich ist, ist jedoch eine Veränderung der Unternehmenskultur notwendig. Erst wenn BPM Teil der Unternehmenskultur ist und aktiv gelebt wird, kann sich das vollständige Potential entfalten.

### 2.1.4 Technische Umsetzung

Für die technische Umsetzung der in BPMN oder BPEL definierten Prozesse kann ein BPMS eingesetzt werden. Diese Systeme besitzen eine Workflow-Engine, welche in der Lage sind anhand der formalen Prozessdefinition in BPMN oder BPEL den Prozess abzubilden, beziehungsweise auszuführen und zu (teil-) automatisieren. Typischerweise werden zusätzliche Funktionalitäten zur Definition von Regeln, Interaktionen, Monitoring und Tracking geboten.

### Intelligent BPMS

Die nächste Generation der BPMS wird als „Intelligent BPMS“ bezeichnet. Dabei stehen folgende Punkte im Vordergrund:

- Einblick in die operativen Daten
- Real-Time Analysen
- CEP (Verarbeitung komplexer Ereignisse)
- Business Activity Monitoring (BMA)
- Verbesserte Funktionen im Bereich Mobile
- Verbesserte Funktionen im Bereich Social-Media
- Verbesserte Funktionen im Bereich Kollaboration

# KAPITEL 3

## BPM in der Domäne „Internet of Things“

Dieses Kapitel beleuchtet BPM im Kontext der Domäne IoT.

### 3.1 Die Domäne „Internet of Things“

Das IoT hat zum Ziel Dinge aus der realen Welt mit dem Internet und anderen Dingen zu vernetzen. Diese Dinge sollen intelligent und vollständig autonom mit anderen ihnen bekannten und auch unbekannten Geräten und Anwendungen kommunizieren und interagieren können. Durch diese Vernetzung werden die Fähigkeiten der einzelnen Dinge erweitert und im Endeffekt ein Mehrwert für den Anwender geschaffen.

#### The Internet of Things

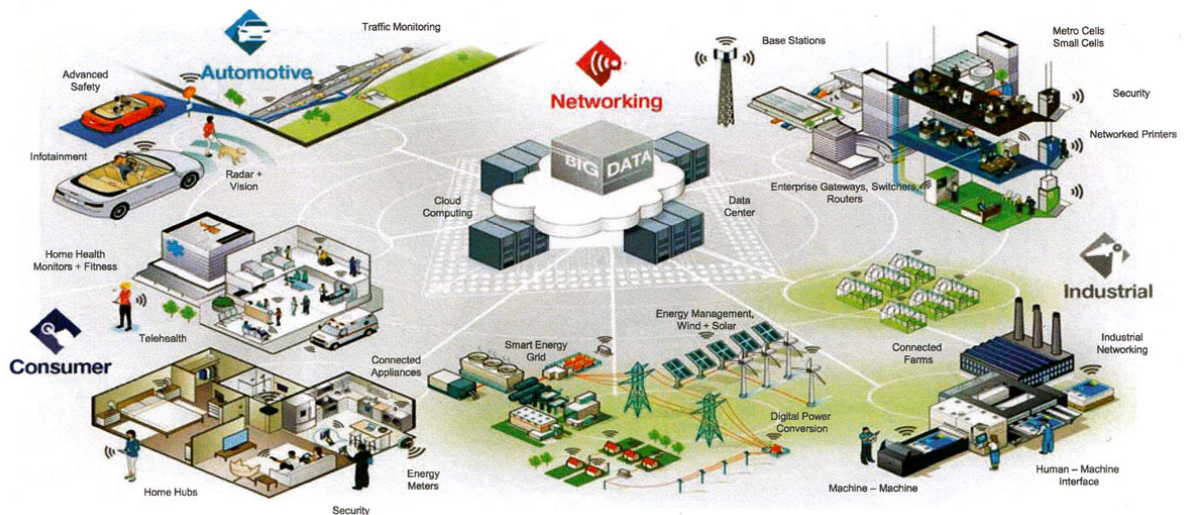


Abbildung 3.1: Beispielhafte Visualisierung des „Internet of Things“

Quelle: [http://regmedia.co.uk/2014/05/06/freescale\\_internet\\_of\\_things\\_overview\\_1.jpg](http://regmedia.co.uk/2014/05/06/freescale_internet_of_things_overview_1.jpg)



Bereits früher konnten Dinge und Maschinen selbstständig miteinander kommunizieren. Besonders in den Industriezweigen fand dies Anklang, um die Produktionsanlagen zu überwachen und zu steuern. Das IoT stellt nun den nächsten grossen Schritt in dieser Entwicklung dar. Der Hauptaspekt dabei ist die Reduktion der Herstellungskosten und die Miniaturisierung der notwendigen Geräte.

Die Geräte in einem IoT können vereinfacht in die Kategorien „Endgeräte / Things / Dinge“, „Gateways“ und „Backend-Systeme“ eingeteilt werden. Die „Dinge“ stellen die Eckpunkte des IoT dar. Gateways stellen typischerweise eine Verbindung zwischen den „Dingen“ und den Backend-Systemen her. Dabei kann es auch sein, dass ein „Ding“ gleichzeitig ein „Gateway“ darstellt.

An dieser Stelle wird die Domäne IoT nicht weiter im Detail beleuchtet. Weitere Hintergrundinformationen und eine Betrachtung im Rahmen des „Software Engineering“ sind in der Seminararbeit „Domain Specific Software Engineering - Internet of Things“ [Bru15] zu finden.

### 3.1.1 Herausforderungen & Problemstellungen

Die Domäne IoT sieht sich folgenden Herausforderungen und Problemstellungen gegenüber:

- Verfügbarkeit eines Internet-Zuganges am Einsatz- / Verwendungsort
- Sicherheit und Datenschutz
- Tiefe Kosten für Hard- und Software
- Energieversorgung
- Energieverbrauch
- Skalierbarkeit
- Fehlertoleranz
- Akzeptanz
- Robustheit (physisch und logisch)
- Entdecken von Geräten und Services (Device Discovery)
- Fernwartung von Geräten und Anwendungen
- Hersteller Unabhängigkeit / Abhängigkeit (Hardware und Software)

Aufgrund der zahlreichen Herausforderungen und Problemstellungen und der daraus resultierenden Komplexität sind grössere Investitionen in IoT nur zu empfehlen, wenn tatsächlich ein Mehrwert geschaffen werden kann.

### 3.2 Prognose für BPM im Kontext von IoT

Gemäss einem Bericht von Gartner ([Egad]) sollten die Investitionen in Intelligent Business Process Management Suite (iBPMS)n im Jahr 2015 um 4.4% auf 2.7 Milliarden US-Dollar steigen. Im Rahmen der digitalen Transformation überdenken viele Unternehmen ihre Prozesse und Modelle. Einer der 4 genannten Einflussfaktoren ist IoT, wobei die „Dinge“ in die Business Prozesse integriert werden. Dadurch kann sich der Prozess je nach Bedarf den veränderten Bedingungen anpassen. Durch die gemeinsame Orchestrierung mit allen anderen Prozessteilnehmern können Prozessinnovationen einfacher umgesetzt werden.

Nach einem anderen Bericht von Gartner aus dem Jahr 2016 ([Egac]) werden im Jahr 2020 mehr als die Hälfte aller neuen Business Prozesse und Systeme in irgendeiner Form ein Element von IoT beinhalten.

### 3.3 BPM im Kontext von IoT

Der Einsatzzweck und -nutzen von IoT ist stark vom Geschäftsfeld und den Bedürfnissen der Unternehmen abhängig. Daher ist auch eine Kombination / Integration mit BPM nicht in jedem Fall sinnvoll, bzw. nutzbringend.

Aktuell werden zwei mögliche Szenarien diskutiert. Eine Partei argumentiert, dass durch die Verbreitung von IoT BPM nicht mehr adäquat ist und daher mittelfristig verschwinden wird (Siehe [Her15]). Die andere Partei sieht BPM als einen essentiellen und unabdingbaren Baustein für die erfolgreiche Verbreitung von IoT (Siehe [Ozi15] oder [Gre16]). Die Argumente der beiden Parteien werden an dieser Stelle nicht näher beleuchtet, da diese nicht im Kernfokus dieser Arbeit liegen.

Der Einsatz von BPM in IoT lässt sich in folgende Kategorien unterteilen:

- **Privatbereich**

Beim Einsatz von IoT liegt das Hauptaugenmerk auf anderen Punkten, als beim Einsatz in / für ein Unternehmen. Bei einem überwiegenden Teil der Endanwender stehen folgende Faktoren im Vordergrund: Kosten, Funktionsumfang und einfache Bedienung. Es ist in der Regel nicht anzunehmen, dass der Endanwender über technisches Fachwissen verfügt.

- **Kern**

Diese Kategorie bezeichnet diejenigen Unternehmen für welche IoT ein Kerngeschäft darstellt. Diese Unternehmen bieten entweder IoT-Lösungen oder Dienstleistungen im selben Bereich an (Hardware und / oder Software).

- **Unterstützend**

Diese Kategorie bezeichnet diejenigen Unternehmen für welche IoT als unterstützender Faktor bei essentiellen Geschäftsabläufen / -tätigkeiten eingesetzt wird. Ein Beispiel wäre die Überwachung und Steuerung von Produktionsanlagen in Industriebetrieben.

- **Nice-To-Have**

Diese Kategorie bezeichnet diejenigen Unternehmen bei welchen IoT als „Nice-to-Have“ im Einsatz ist. Beispiel: Bei einem Finanzdienstleister wurden die Sitzungszimmer so ausgerüstet, dass Online ersichtlich ist, ob es tatsächlich besetzt ist oder nicht.

Diese Kategorisierung ist nicht abschliessend und lässt sich nicht in jedem Fall anwenden. Beispielsweise ist der Einsatz von IoT im Bereich der Gebäudeautomatisierung auch im Unternehmensumfeld sinnvoll. Dies hat jedoch keinen zwingend direkten Einfluss auf das Kerngeschäft. IoT bietet jedoch die Möglichkeit viele Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen herbeizuführen.

### 3.4 Einfluss und Nutzen

Wie im Kapitel [2.1 Business Process Managemnt \(BPM\)](#) beschrieben, hat BPM das Ziel eine Abstraktion / Vereinfachung der Komplexität herbeizuführen. Da IoT einiges an neuer Komplexität mit sich bringt, stellt BPM ein geeignetes Mittel dar, um entsprechend einen Teil dieser Komplexität zu reduzieren, beziehungsweise zu abstrahieren. Der Nutzen von IoT für eine Branche, beziehungsweise ein Unternehmen, ist sehr unterschiedlich und hängt stark vom angestrebten Ziel ab. Der konkrete Nutzen ist oft auch vom konkreten Kontext abhängig. Zum Beispiel hat eine ans Internet angeschlossene, intelligente Waschmaschine für den Endbenutzer nur einen geringen Zusatznutzen. Für den Hersteller sieht die Situation unter Umständen etwas anders aus. Wenn die Waschmaschine selbstständig feststellen kann, wann bestimmte Teile defekt sind oder in absehbarer Zeit ausgewechselt werden müssen, könnte die entsprechenden Daten direkt an den Hersteller und Wartungstechniker gesendet werden. Dem Hersteller erlaubt dies die Just-In-Time-Produktion der Ersatzteile wodurch entsprechende Kosteneinsparungen möglich sind.

Nachfolgend werden einige Vorteile aufgelistet, welche beim Einsatz von IoT in Business Prozessen entstehen:

- Entstehung neuer Anwendungsmöglichkeiten
- Erhöhung der Durchgängigkeit von Prozessen
- Reduktion von Medienbrüchen in Prozessen
- Konsequente Umsetzung von BPM
- Kosteneinsparungen
- Effizienz- und Effektivitätssteigerungen

Innerhalb von Business Prozessen kann das IoT an unterschiedlichsten Stellen eingebunden werden.

- IoT-Endgerät („Thing“) liefert Input-Daten für einen Business Prozess.
- IoT-Endgerät („Thing“) stellt den Startpunkt / Trigger eines Business-Prozesses dar.

- IoT-Endgerät („Thing“) sind Akteure innerhalb eines Business Prozesses.
- IoT-Endgerät („Thing“) sind Endpunkte in einem Business Prozess.

Grundsätzlich kann das IoT in jedem Teil eines Business Prozesses einen Mehrwert liefern, sofern der entsprechende Bedarf da ist. Es kann gut auch sein, dass der gesamte Business Prozess aus IoT-Elementen besteht. Ebenfalls sind Business Prozesse denkbar, welche vollständig auf IoT ausgerichtet sind. Dies könnte zum Beispiel bei einem IoT-Dienstleister der Fall sein.

### 3.5 Anwendungsmöglichkeiten

IoT bietet eine sehr breit gefächerte Palette an Anwendungszwecken und Einsatzzwecken. Diese Palette wird in Zukunft mit der zunehmenden Verbreitung noch grösser werden. Ebenfalls werden sich komplett neue Geschäftsfelder und Möglichkeiten eröffnen.

Nachfolgend werden zwei kurze Beispiele für den Einsatz des IoT im Rahmen von (Business) Prozessen aufgezeigt.

- **Überwachung der Temperatur in einem Lagerhaus**

In einem Lagerhaus in welchem die Kühlung, beziehungsweise die Temperatur eine zentrale Rolle spielt könnte mit Hilfe von IoT und BPMN einiges erleichtert und vereinfacht werden.

Beispiel: Die einzelnen Produkte sind mit den Informationen ausgestattet, bei welchen Temperaturen diese optimal gelagert werden müssen. Mit Hilfe eines autonomen Fahrzeuges werden die angelieferten Produkte in den entsprechenden Bereich des Lagerhauses verschoben. Gleichzeitig werden die eingelagerten Waren in den entsprechenden Systemen nachgeführt und eine entsprechende Benachrichtigung ausgelöst, dass die Waren eingetroffen sind.

Das Lagerhaus überwacht autonom die Temperatur in den verschiedenen Bereichen des Lagerhauses. Wird eine grössere Abweichung festgestellt oder ein bestimmter Schwellenwert unter- oder überschritten, leitet das System entsprechende Gegenmassnahmen ein. Gleichzeitig wird eine Benachrichtigung mit einer entsprechenden Warnung versendet.

Zeigen die eingeleiteten Massnahmen keine Wirkung wird ein weiterer Prozess gestartet. Dieser informiert die zuständige Person über mehrere Kanäle. Die Person kann anschliessend entscheiden, was weiter geschehen soll. Der Prozess bleibt aktiv, bis die Temperatur wieder im korrekten Bereich ist. Im Notfall könnten die Produkte aus dem entsprechenden Bereich automatisch in einen anderen Bereich des Lagerhauses verschoben (zum Beispiel wenn die Kühlung komplett ausfällt).

Aufgrund der Informationen aus den Prozessen können im Nachgang entsprechende Kennzahlen für weitere Verbesserungen und Optimierungen ermittelt werden.

- **Autonome Produktionsanlage**

Eine Produktionsanlage könnte durch den Einsatz von IoT fast vollständig automatisiert werden.

Beispiel: Durch einen (autonomen) Lieferwagen werden neue Waren angeliefert. Bei der Ankunft meldet sich der Lastwagen selbstständig an. Die Anlage weiss dadurch, was für Waren der Lastwagen anliefert und was mit diesen geschehen soll.

Das Entladen erfolgt durch einen autonomen Gabelstapler. Dieser kontrolliert den Wareneingang und lagert anschliessend die Waren entsprechend den hinterlegten Informationen im Lagerhaus ein.

Die Produktionsanlage plant die einzelnen Produktionsschritte selbstständig gemäss den zu erreichenden Produktionszielen und Daten ein. Die benötigten Waren werden von der Lage automatisch dem Lager entnommen und entsprechend verbucht. Ist voraussehbar, dass der Warenbestand nicht mehr ausreichen wird um die Produktionsziele zu erreichen, werden automatisch der Nachbestellprozess ausgelöst.

Der aktuelle Fortschritt ist jederzeit ersichtlich und jedes Einzelteil kann im gesamten Produktionsprozess verfolgt werden. Dabei bestimmt das Einzelteil selbst über den nachfolgenden Produktionsschritt. Dazu kennt jedes Einzelteil seine zukünftige Verwendung.

Am Ende des Produktionsprozesses folgen automatische und manuelle Qualitätskontrollen. Wurde diese erfolgreich durchlaufen, werden die fertigen Fabrikate wieder eingelagert und für den Weitertransport vorbereitet.

Sobald der zuständige Lastwagen für den Transport eintrifft, werden die Waren automatisch verladen und ausgebucht.

### 3.6 Frameworks, Produkte, ...

Nachfolgend werden einige Frameworks, beziehungsweise Produkte, welche im Bereich IoT für die Realisierung und Automatisierung von Business Prozessen verwendet werden können, aufgezeigt und Stichwortartig beschrieben.

- **WSO2 IoT Server**

<http://wso2.com/products/iot-server/>

WO2 Middleware Plattform, Modular, Erweiterbar, Analytics, BPM-Support, Enterprise Service Bus

- **Pega**

<https://www.pegasystems.com/products/pega-7-platform/case-management>

Intelligente Business Process Management Suite

- **Digital Business Platform**

<http://www.softwareag.com/corporate/solutions/iot/default.asp>

Analytics, Data-Management, Prozess-Automatisierung, Regeln, Tasks, B2B-Integration

- **OpenIoT**  
<https://github.com/OpenIoTOrg/openiot>  
Open Source, Blueprint Middlewar für IoT-Lösungen
- **Internet of Things Cloud Service**  
<https://www.oracle.com/de/solutions/internet-of-things/index.html>  
Analytics, Enterprise Integration, Secure Connectivity, Echtzeitverarbeitung
- **Ritc**  
<http://www.ritc.io/>  
Software as a Service Plattform für IoT, Rule-Engine für Datenverarbeitung
- **Flowthings**  
<https://flowthings.io/>  
Plattform für IoT Lösungen, Cloud basiert, Echtzeit Verarbeitung, Komplexe Eventverarbeitung
- **ubidots**  
<http://ubidots.com/>  
Cloud-Service, Analyse, Aggregation und Visualisierung von Sensordaten, Definition Regeln und Aktionen
- **zetta**  
<http://www.zettajs.org/>  
API-Frist IoT Plattform, basierend auf Node.js, Open Source
- **Waylay**  
<http://www.waylay.io/>  
Plattform für die Orchestrierung von Enterprise IoT, Analytics, Monitoring, Auslöser und Aktionen
- **Loop (Litmus Automation)**  
<http://litmusautomation.com/>  
IoT Cloud Plattform, High Perfomance und Skalierbarkeit
- **Octoblu**  
<https://www.octoblu.com/>  
Full-STack IoT Plattform, Messaging, Automatisierung, Echtzeitverarbeitung

Daneben gibt es auch zahlreiche Produkte, welche spezifisch für die Realisierung von Business Prozessen / Workflows ausgelegt sind. Mit entsprechenden Adaptern oder Erweiterungen können auch diese im Kontext IoT verwendet werden.

- **Windows Workflow Foundation**

<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj684582.aspx>

.NET Framework von Microsoft, Basis von Sharepoint, Abbildung und Verwaltung von langlebigen Prozessen, Definition in BPMN / XAML

- **nebri**

<https://nebrios.com/>

Basiert auf: Python, Docker, Polymer und der Google Cloud Platform, Integration mit anderen Cloud-Diensten, Abbildung von Prozessen und Workflows, Definition in BPMN

- **Decisions**

<http://decisions.com/>

Cloud-Lösung oder On-Premise-Lösung, Workflow Engine, Business Rule Engine, Dashboards und Reports, End User Portal, vorgefertigte Integrationsmöglichkeiten in andere Systeme

- **manywho**

<https://manywho.com/>

Low Code Development Platform, Workflow, Definition über Designer oder Code, Responsive, Online und Offline, vorgefertigte Integrationsmöglichkeiten

## KAPITEL 4

---

### BPM in der Domäne „Home Automation“

---

#### 4.1 Die Domäne „Home Automation“

Im Kontext dieser Arbeit bezeichnet „Home Automation“ den gesamten Bereich der Heimautomatisierung im Privatbereich. Darunter wird die (Teil-) Automatisierung von Abläufen im Umfeld rund um das Eigenheim und das Privatleben verstanden.



**Abbildung 4.1:** Konzeptdarstellung eines „Smart Home“

**Quelle:** [http://eieihome.com/articles/wp-content/uploads/2015/08/home\\_automation\\_system.jpg](http://eieihome.com/articles/wp-content/uploads/2015/08/home_automation_system.jpg)

„Home Automation“ oder Heimautomation bezeichnet klassischerweise intelligente die Vernetzung und autonome Kommunikation und Interaktion von Endgeräten in einem „Eigenheim“. Das „Eigenheim“ kann dabei sowohl ein Haus, eine Wohnung oder aber auch ein einzelnes Zimmer oder ähnlich sein. Im weitesten Sinne gehört auch die Automatisierung von grossen Gebäuden, Gebäudekomplexen oder Siedlungen dazu. Dies wird dann aber meistens unter dem Begriff „Gebäudeautomation“ zusammengefasst.

Bezogen auf die Anwendung im Eigenheim kommt häufig ein bunter Mix an unterschiedlichen Geräten und Technologien zum Einsatz. Dies stellt eine der zentralen Herausfor-



derungen für die autonome Kommunikation der Geräte dar. Durch den Einsatz einer zentralen Koordinationsstelle (z.B. durch einen Home Automation Hub oder ein Smart Gateway) kann hier Abhilfe geschaffen werden. Diese Koordinationsstellen unterstützen in der Regel eine breite Palette an Übertragungs- und Kommunikationsprotokollen und können so zwischen den verschiedenen Endgeräten vermitteln.

#### 4.1.1 Herausforderungen & Problemstellungen

Zusätzlich zu den allgemeinen Herausforderungen und Problemstellungen des IoT (Siehe dazu das Kapitel [3.1.1 Herausforderungen & Problemstellungen](#)) hat der Bereich „Home Automation“ noch eine Reihe spezifischer Herausforderungen und Problemstellungen, welche es zu bewältigen gibt.

- Einfache Bedienung
- Integration mit beliebigen Geräten
- Fehlende Standards und einheitliche Protokolle
- Vielfalt an Geräten und proprietären Technologien und Protokollen
- Flexibilität (Umfeld der Anwendung ist unbekannt)
- Zentrale Steuerung
- Sicherheit
- Stabilität
- Zuverlässigkeit
- Gutes Kosten- / Nutzenverhältnis
- Fachwissen / Technisches Know-How kann nicht vorausgesetzt werden.

#### 4.1.2 Prognose und Zukunft

Dem Bereich „Home Automation“ und insbesondere auch „Smart Home“ wird ein grosses Wachstumspotenzial für die nächsten Jahre prognostiziert. Gartner zufolge könnte im Jahr 2020 eine durchschnittliche Familie über 500 „Smart Devices“ besitzen [[Egab](#)]. Beim grössten Teil dieser Geräte wird es sich um intelligente Haushaltsgeräte handeln. Zu Beginn vorwiegend kleinere Haushaltsgeräte und längerfristig auch zunehmend die grösseren Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Backöfen oder Geschirrspüler. Einer der Schlüssel Aspekte wird gemäss Gartner die Wireless-Technologie sein.

Gemäss Juniper Research werden im Jahr 2020 rund 100 Milliarden US-Dollar für „Smart Home Services“ (Dienstleistungen und Geräte aus dem Bereich Smart Home) ausgegeben werden. Darin enthalten sind Produkte und Dienstleistungen aus den Bereichen Unterhaltung, Gesundheit, Energie und Heimautomatisierung.

Aufgrund der aktuellen Entwicklung besteht im Bereich „Smart Home“ und „Home Automation“ enormes Potenzial für Innovationen und die Erschließung von neuen Anwendungsmöglichkeiten und Geschäftsfeldern.

#### 4.2 BPM im Kontext von „Home Automation“

Der Einsatz von BPM, beziehungsweise die dafür verwendeten Notationen BPMN und BPEL, fokussierte und fokussiert sich nach wie vor primär auf Unternehmen. Aufgrund des notwendigen Know-Hows ist die Verbreitung im Privatumfeld nicht sehr hoch. Entsprechend gibt es nur eine eingeschränkte Auswahl an Frameworks, Lösungen und Produkten, welche explizite Funktionalitäten mit BPMN oder BPEL beinhalten. Viel mehr werden alternative, beziehungsweise proprietäre Techniken verwendet, um Abläufe zu modellieren. Dabei werden Abläufe zum Beispiel in Form von Auslösern (Triggern) und Aktionen (Actions) modelliert. Je nach Produkt können pro Auslöser auch mehrere Aktionen definiert werden, welche sequentiell abgearbeitet werden.

Der Vorteil dieser Umsetzung ist die tiefe Einstiegshürde und einfache Verständlichkeit und Erlernbarkeit. Gerade im Umfeld der Heimautomation ist es wichtig, dass sich die Verwendung so einfach als möglich gestaltet. Andernfalls werden die Kunden abgeschreckt und setzen lieber auf eine einfacher zu handhabende Lösung.

Der Nachteil des Trigger / Action Ansatzes und damit der Vorteil von BPMN und BPEL ist die Plattformneutralität und dadurch die Portabilität. Mit diesen Notationen könnten gängige Abläufe einfach und bequem mit anderen Leuten geteilt werden. Auch wäre die Umstellung auf eine andere Lösung aufgrund der Plattformneutralität einfacher zu bewerkstelligen. Dem gegenüber steht der Fakt, dass für BPMN und BPEL spezifisches Fachwissen benötigt, was entsprechend die Einarbeitungszeit erhöht und dadurch die Einstiegsschwelle anhebt.

Allgemein Betrachtet bietet die Automatisierung und Formalisierung von Abläufen im Home Automation Bereich einige Vorteile. Damit einher gehen aber auch einige signifikante Nachteile.

Das Anwendungsgebiet von Home Automation ist sehr breit gefächert und stark geprägt von den eingesetzten Endgeräten und den genutzten Funktionen. Vor dem Einsatz von BPMN und BPEL gilt es in jedem Fall die spezifischen Vor- und Nachteile abzuwägen.

#### 4.3 Anwendungsmöglichkeiten

Für BPM oder allgemein die Automatisierung von Abläufen im Bereich des Eigenheimes gibt es eine Reihe von Anwendungsgebieten. Nachfolgend werden einige ausgewählte Szenarien beschrieben:

- **Ferienabwesenheit**

Mit einem intelligent vernetzten und automatisierten Eigenheim können viele Tätigkeiten autonom oder via „Fernbedienung“ durchgeführt werden, für welche andernfalls

eine Person Zutritt zur Wohnung haben müsste. Nachfolgend werden einige Beispiele aufgelistet.

- Giessen von Pflanzen
- Schliessen der Rollläden am Abend oder bei Sturm
- Absenkung / Anhebung der Raumtemperatur nach der Abreise / vor der Rückkehr
- Einbruchsschutz (durch Steuerung von Licht / Ton / Rollläden)
- Alarmsystem bei einem Notfall
- Einsparung von Strom (automatische Abschaltung nicht benötigter Geräte)
- Absicherung, dass alle Fenster geschlossen und Herdplatten ausgeschaltet sind

- **Schlechtes Wetter / Sturmm**

Im Haushalt befindet sich eine Wetterstation, welche anhand der gesammelten Messwerte und den Vorhersagen und Informationen von lokalen Wetterdiensten die aktuelle Wetterlage bestimmen kann. Wird festgestellt, dass ein Sturm aufzieht werden automatisch alle Fenster geschlossen, die Rollläden heruntergelassen und die Sonnenstoren eingefahren. Ist niemand Zuhause werden entsprechende Benachrichtigungen an die Bewohner versendet. Beinhaltet die Vorhersage eine Hagelwarnung oder starke Sturmwarnung könnte der Bewohner zusätzlich informiert werden, dass er zum Beispiel sein Auto in die Garage stellen soll, um Schäden zu vermeiden.

- **Türklingel**

Klingelt es an der Tür kann das System aufgrund der verbauten Kamera feststellen, wer sich an der Tür befindet. Handelt es sich um eine bekannte Person, welche erwartet wird, kann die Türe automatisch geöffnet und der Bewohner entsprechend informiert werden. Handelt es sich um eine unbekannte Person, wird der Bewohner benachrichtigt und die Video- und Sprachverbindung zum Aussenbereich hergestellt. Je nach Entscheid des Bewohners wird der Besucher eingelassen oder nicht. Ist der Bewohner nicht zuhause und jemand klingelt an der Tür, wird der Bewohner via Textnachricht informiert und das Foto des Besuchers für eine spätere Überprüfung gespeichert.

#### 4.4 Lösungen, Produkte, Frameworks, ...

Im Bereich „Home Automation“ gibt es aktuell viele verschiedene Lösungen, Produkte und Frameworks. Zum einen handelt es sich um reine Softwarelösungen und zum anderen auch um Kombinationen von Hard- und Software. Wie im Kapitel [4.2 BPM im Kontext von „Home Automation“](#) erwähnt, gibt es nur wenige Lösungen, welche eine explizite Prozessunterstützung via BPMN oder BPEL haben.

## 4.4.1 Software Lösungen

In diesem Abschnitt werden die Software-Lösungen, Produkte und Frameworks aus dem Bereich „Home Automation“ aufgelistet, welche durch die Recherche ermittelt wurden. Diese wurden jeweils auf rudimentär auf ausgewählte Eigenschaften hin überprüft. Als Quelle für die Zuordnung der Eigenschaften diente der jeweilige Webaufttritt und die ersten Einschätzungen aufgrund einer groben Analyse der dazugehörigen Dokumentationen. Eine detaillierte und tiefer führende Analyse der einzelnen Lösungen wurde nicht durchgeführt (Siehe Kapitel 1.5 Abgrenzung).

Diese Zuordnung dient in erster Linie dazu, einen groben Überblick über die verschiedenen Lösungen zu schaffen und dadurch eine Basis für den weiteren Verlauf der Arbeit zu erhalten.

	Enduser	Technisches Know-How notwendig	Cloud-basiert	Web-basiert	Ready-To-Use	Framework	Trigger & Action	Workflow / Prozesse	BPMN / BPEL	Open Source / frei verfügbar	Lauffähig unter Raspbian 32-Bit
<a href="#">IFTTT</a> <sup>1</sup>	x		x	x	x		x			x	
<a href="#">Trigger-Happy (IFTTT Clone)</a> <sup>2</sup>	x	(x)		x	x		x			x	x
<a href="#">CoCo</a> <sup>3</sup>	x		(x) <sup>11</sup>	(x) <sup>11</sup>			x				12
<a href="#">Home Assistant</a> <sup>4</sup>	x	(x)		x	x		x			x	x
<a href="#">Control4</a> <sup>5</sup>	x		(x) <sup>11</sup>	12			12	12	12		12
<a href="#">universAAL</a> <sup>6</sup>		x		x		x	x			x	12

<sup>1</sup> <https://ifttt.com/https://ifttt.com/>

<sup>2</sup> <https://github.com/foxmask/django-th>

<sup>3</sup> <http://www.theintegratedconnection.com/coco-wireless-home-automation/>

<sup>4</sup> <https://home-assistant.io/>

<sup>5</sup> <http://www.control4.com/solutions/smart-home-overview>

<sup>6</sup> <http://universaal.sintef9013.com/index.php/en/>

	Enduser	Technisches Know-How notwendig	Cloud-basiert	Web-basiert	Ready-To-Use	Framework	Trigger & Action	Workflow / Prozesse	BPMN / BPEL	Open Source / frei verfügbar	Lauffähig unter Raspbian 32-Bit
indigo domotics (Pro Version) <sup>1</sup>	x			x	x		x				
openHAB <sup>2</sup>	x	x		x	x		x	(x) <sup>12</sup>		x	x
Domogik <sup>3</sup>	x	(x)		x	x		x			x	x
Open Source Automation <sup>4</sup>	x			x	x		<sup>12</sup>	<sup>12</sup>		x	
Comfortclick bOS <sup>5</sup>	x	(x)		<sup>12</sup>	x		x	x		x	(x) <sup>13</sup>
CastleOS <sup>6</sup>	x			x	x		x			x	
HomeGenie <sup>7</sup>	x	x		x	x		x	x		x	x
Freedomotic <sup>8</sup>	x			x <sup>11</sup>	x		x	x		x	x
Netbeast <sup>9</sup>	(x)	x		x	x	x	x	x		x	x
Domoticz <sup>10</sup>	x	(x)		x	x		<sup>12</sup>	<sup>12</sup>		x	x

<sup>1</sup> <http://www.indigodomo.com/>

<sup>2</sup> <http://www.openhab.org/>

<sup>3</sup> <http://www.domogik.org/en/>

<sup>4</sup> <http://www.opensourceautomation.com/>

<sup>5</sup> <http://www.comfortclick.com/>

<sup>6</sup> <http://www.castleos.com/>

<sup>7</sup> <http://www.homegenie.it/>

<sup>8</sup> <http://www.freedomotic.com/>

<sup>9</sup> <https://netbeast.co/>

<sup>10</sup> <http://www.domoticz.com/>

<sup>11</sup> Möglich, aber optional

<sup>12</sup> Keine Informationen verfügbar

<sup>13</sup> Nur mit kostenpflichtiger Hardware.

Die betrachteten Lösungen sind grundsätzlich alle für den Endbenutzer einsetzbar. Es gibt zudem weitere Angebote im Bereiche Business-2-Business. Dabei werden Unternehmen ganze Plattformen (Hardware und Software) zur Verfügung gestellt, um eigene Home Automation Lösungen zu konzipieren und zu vertreiben (White Label Produkte).

#### 4.4.2 Hardware Lösungen (inkl. abgestimmter Software)

Auf dem Markt gibt es aktuell eine ganze Reihe von kombinierten Lösungen bestehend aus Hard- und Software. Viele davon sind proprietär ausgelegt, sodass diese nur mit Produkten der entsprechenden Produktlinie, den Produkten vom selben Hersteller oder dessen Partnern funktionieren. Darüber hinaus gibt es auch Lösungen, welche einen eher generischen Ansatz verfolgen. Dabei können Produkte von unterschiedlichsten Herstellern angeschlossen werden. Voraussetzung ist jeweils, dass das entsprechende Protokoll und die Funktionalitäten unterstützt werden.

Nachfolgend werden einige der recherchierten Lösungen aufgelistet. Diese werden jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter analysiert.

- Bosch G100 Z-Wave Home Control Gateway
- Samsung Smart things
- Qivicon
- Zoo Automation
- Throne BMS

#### 4.4.3 Weitere

Neben Software basierten und Kombinationen von Hard- und Software Lösungen gibt es auch Bestrebungen Referenz-Architekturen zu schaffen. Eine davon ist zum Beispiel die [Home Blox](http://www.ubicomp.org/ubicomp2013/adjunct/adjunct/p801.pdf) <sup>1</sup> Architektur.

---

<sup>1</sup> <http://www.ubicomp.org/ubicomp2013/adjunct/adjunct/p801.pdf>

# KAPITEL 5

---

## BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“

---

In diesem Kapitel wird analysiert wie Business Prozesse auf einem Raspberry Pi implementiert, beziehungsweise automatisiert werden können. Dabei werden verschiedene Lösungskategorien aufgezeigt und erläutert.

### 5.1 Der Raspberry Pi

Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer, welcher von der Raspberry Pi Foundation entwickelt und vertrieben wird. Er hat ungefähr die Grösse einer Kreditkarte und bietet zahlreiche On-Board Schnittstellen wie USB-, HDMI und Audio Anschlüsse (Abhängig vom konkreten Modell). Zusätzlich stehen eine bestimmte Anzahl an GPIO-Pins (General Purpose Input / Output) zur Verfügung. Mit Hilfe dieser Pins lassen sich zum einen Erweiterungs-Boards anschliessen und zum anderen können auch eigene Schaltungen, etc. gebaut und verlötet werden. Die Anzahl und genaue Funktion der einzelnen GPIO-Pins ist vom konkreten Raspberry Pi Modell abhängig.



**Abbildung 5.1:** Raspberry Pi 2 Model B

**Quelle:** [https://www.raspberrypi.org/wp-content/uploads/2015/01/Pi2ModB1GB\\_comp.jpeg](https://www.raspberrypi.org/wp-content/uploads/2015/01/Pi2ModB1GB_comp.jpeg)

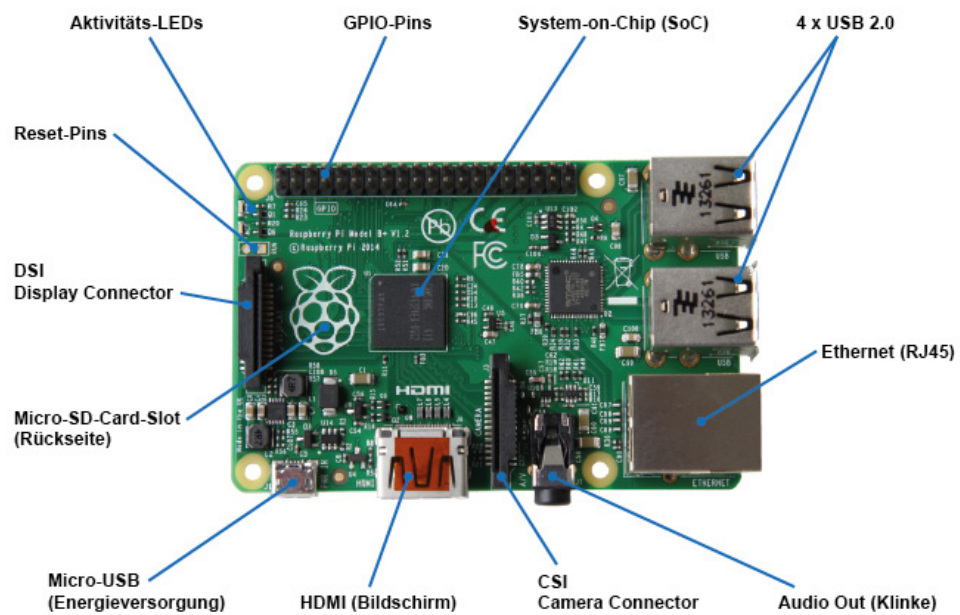


Abbildung 5.2: Raspberry Pi 2 Model B Überblick

Quelle: <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/raspberry-pi/bilder/19052512.jpg>



5.1.1 Raspberry Pi Modelle im Überblick

	Raspberry Pi Model A	Raspberry Pi Model A+	Raspberry Pi Model B	Raspberry Pi Model B+	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi Compute	Raspberry Pi Zero
Gewicht in Gramm	31	23	40	45	40	40	7	9
System-on-a-Chip (SoC):	BCM2835				BCM2836	BCM2837	BCM2835	
CPU Kerne	1	1	1	1	1	4	1	1
CPU Takt in MHz	700				900	1200	700	1000
CPU Architektur	ARMv6 (32-bit)				ARMv7 (32-bit)	ARMv7 (64-bit)	ARMv6 (32-bit)	
GPU Takt in MHz	250					300/400	250	
Arbeitsspeicher in MB	256	256 / 512		512		1024	512	
Pins	26	40	26	40			60	40
GPIO-Pins	17	26	17	26			48	26

## 5.2 Betrachteter Lösungsraum

Ursprünglich wären folgende Einschränkungen für den Lösungsraum vorgesehen gewesen:

Da der Raspberry Pi eine offene Plattform ist, gibt es unterschiedlichste Möglichkeiten um das betrachtete Problem zu lösen. Im Kontext dieser Seminararbeit erfolgt die Betrachtung spezifisch für ein Raspberry Pi 2 Model B mit einem Raspbian OS (Debian Derivat für den Raspberry Pi). Als zusätzliche Prämisse gilt ebenfalls, dass der Kern der Anwendung auf dem Raspberry Pi lauffähig sein muss und die Lösung es in irgendeiner Form ermöglichen muss einen Ablauf / Prozess im Bereich Home Automation mit BPMN oder BPEL abzubilden. Lösungen, bei denen der Raspberry Pi als „Client“ / „Agent“ werden nicht berücksichtigt, da der Raspberry Pi im Fokus steht.

Die ersten intensiven Recherchen haben gezeigt, dass es keine bis sehr wenige Lösungen gibt, welche diesen Anforderungen erfüllen würden. Daher wurde der Lösungsraum so angepasst, dass zwei unterschiedliche Lösungskategorien geschaffen werden. Eine mehr mit dem Fokus Home Automation und die andere mit Schwerpunkt im Bereich BPM.

### **Spezifische Home Automation Lösungen**

- Lauffähig auf dem Raspberry Pi mit Raspbian (32-Bit)
- Eine einzige Komponente (Keine Kombination von Komponenten)
- Open Source / Frei verfügbar (allenfalls Demoversion)
- Bedienbar via Web
- Fokus: Home-Automation
- Funktionalität um Abläufe oder Aktionen zu automatisieren

### **Lösung mit BPMN-Support im Bereich IoT**

- Lauffähig auf dem Raspberry Pi mit Raspbian (32-Bit).
- Eine einzige Komponente (Keine Kombination von Komponenten)
- Open Source / Frei verfügbar (allenfalls Demoversion)
- Bedienbar via Web
- Abläufe / Prozesse können mit Hilfe von BPMN modelliert werden.
- Möglichkeit zur Anbindung von IoT-Geräten aus dem Bereich „Home Automation“ (z.B. via Plugins oder Custom-Code).

## 5.3 Lösungen, Produkte & Frameworks

In diesem Abschnitt werden die recherchierten Lösungen, Produkte und Frameworks aufgezeigt. Diese Aufzählung ist nicht abschliessend und repräsentieren den Stand der Dinge zum Zeitpunkt der Recherchen im Q2/2016.

### 5.3.1 Lösungskategorie: Spezifische Home Automation Lösungen

Die Inhalte dieser Lösungskategorie wurden aus dem Kapitel [4.4 Lösungen, Produkte, Frameworks, ..](#) entnommen und nach folgenden Kriterien gefiltert:

#### Filterkriterien

- Web-basiert
- Ready-To-Use
- Kein Framework
- Trigger & Action oder Workflow / Prozess oder BPMN / BPEL Unterstützung
- Open Source / frei verfügbar
- Lauffähig unter Raspbian 32-Bit

#### Lösungsraum (gefiltert nach Filterkriterien)

- TriggerHappy
- HomeAssistant
- openHAB
- Domogik
- HomeGenie
- Freedomotic
- Domoticz

Aufgrund eines kurzen Antestens und des daraus resultierenden Eindruckes wurde „**open-HAB**“ für die Realisierung des Demo-Setups ausgewählt. Die Auswahl erfolgte nicht aufgrund bestimmter Kriterien. Der genaue Setup wird im Abschnitt [5.4 Realisierung eines Beispielhaften Prozesses mit BPMN im Bereich „Home Automation“](#) beschrieben. Das Fazit zur ausgewählten Lösung wird im Kapitel [6.1.3 BPM auf dem „Raspberry Pi“](#) in der Domäne „Home Automation“ erläutert.

### 5.3.2 Lösung mit BPMN-Support im Bereich IOT

Der definierte Lösungsraum dieser Lösungskategorie ermöglicht ein breites Spektrum an Lösungen. Nachfolgend werden einige der möglichen Lösungen aufgezeigt. Bei der Auswahl wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

#### Filterkriterien

- Web-basiert
- Ready-To-Use
- Kein Framework
- Integrierte BPMN-Engine
- Open Source / frei verfügbar
- Lauffähig unter Raspbian 32-Bit

#### Lösungsraum (gefiltert nach Filterkriterien)

- [activiti BPM Platform](http://activiti.org/) <sup>1</sup>
- [jBPM](http://www.jbpm.org/) <sup>2</sup>
- [Camunda BPM Platform \(Community Edition\)](https://camunda.com/) <sup>3</sup>
- [Imixs Workflow](http://www.imixs.org/) <sup>4</sup>

Aufgrund des ersten Eindrucks, der eingeschätzten Komplexität und des eingeschätzten Zeitaufwands für die Realisierung eines Beispiel-Setups wurde die „**activiti BPM Plattform**“ ausgewählt. Die Einschätzung erfolgte aufgrund der Informationen auf den entsprechenden Produkt-Webseiten und den dazugehörigen Dokumentationen und Beispielen.

---

<sup>1</sup> <http://activiti.org/>

<sup>2</sup> <http://www.jbpm.org/>

<sup>3</sup> <https://camunda.com/>

<sup>4</sup> <http://www.imixs.org/>

## 5.4 Realisierung eines Beispielhaften Prozesses mit BPMN im Bereich „Home Automation“

Nachfolgend wird der realisierte Beispielprozess und die dafür benötigten Komponenten beschrieben.

### 5.4.1 Verwendete Hardware

Für die Realisierung des Beispiel-Setups wurden folgende Hardware-Komponenten verwendet:

- **Raspberry Pi 2 Model B**
- **Razberry Board**  
Das Razberry Board ist ein Raspberry Pi Erweiterungsboard, welches die Einbindung des Raspberry Pi's in ein Z-Wave Netzwerk ermöglicht. Dabei kann das Razberry Board als Z-Wave Controller verwendet werden.
- **Z-Wave.Me Double Wall Switch**  
Z-Wave Wand-Schalter, welcher mit verschiedenen Funktionen programmiert werden kann.
- **domitech Z-Wave Smart LED Light Bulb**  
LED Glühbirne, welche über Z-Wave gesteuert werden kann.
- **Ralink Technology, Corp. RT5370 Wireless Adapter**  
USB WLAN Adapter

### 5.4.2 Verwendete Software

Für die Realisierung des Beispiel-Setups wurden folgende Software-Komponenten verwendet.

- **NOOBS**  
New Out Of the Box Software (NOOBS) ist ein Hilfsprogramm zur Installation von Betriebssystemen auf dem Raspberry Pi (Installations-Manager).
- **Raspbian Jessie**  
Als Betriebssystem wurde die aktuelle Version von Raspbian Jessie (Debian Derivat).
- **openHAB 2**  
Als Schlüsselkomponente wurde openHAB 2 eingesetzt. openHAB 2 ist eine Open Source Lösung für die Heimautomatisierung. Die Basis von openHAB 2 bildet das Eclipse SmartHome Framework der Eclipse Foundation. Die Installation und Konfiguration erfolgte gemäss den Anleitungen und Beispielen im [GitHub-Wiki von openHAB](https://github.com/openhab/openhab/wiki) <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://github.com/openhab/openhab/wiki>

- **Apache Derby**

Apache Derby ist eine in Java implementierte relationale Datenbank, welche unter der Open Source Apache Lizenz Version 2.0 verfügbar ist. Die Apache Derby Datenbank wurde verwendet um die Persistenz in openHAB zu realisieren. Die Integration erfolgte über das Java Persistence API (JPA) Binding von openHAB. Die Apache Derby Installation wurde gemäss der von Apache zur Verfügung gestellten [Anleitung](#)<sup>1</sup> installiert und konfiguriert. Die Anbindung an openHAB erfolgte gemäss der Dokumentation im [Wiki](#)<sup>2</sup>.

- **ejabberd XMPP-Server**

Als Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) Server wurde ejabberd verwendet. XMPP Server werden unter anderem für Instant Messaging (Dienst für Sofortnachrichten) eingesetzt. In diesem Setup wurde der XMPP Server für die Kommunikation zwischen dem openHAB Server und dem Anwender verwendet. Einerseits kann openHAB über ein Binding Nachrichten an den Anwender senden und andererseits kann der Anwender bestimmte Befehle und Anweisungen an openHAB übermitteln. Die Installation von ejabberd erfolgt anhand der Anleitungen von [Digitalocean](#)<sup>3</sup> und [box.matto.nl](#)<sup>4</sup>. Das openHAB Binding wurde gemäss der Dokumentationen im openHAB-Wiki eingerichtet ([Action-Bindings](#)<sup>5</sup>, [UI's](#)<sup>6</sup>).

- **Mosquitto MQTT Broker**

Mosquitto ist ein Open Source Message Queue Telemetry Transport (MQTT) Broker der Eclipse Foundation. MQTT ist ein leichtgewichtiges „Publish-Subscribe“ Protokoll auf Basis von TCP/IP. Innerhalb von openHAB kann MQTT unter anderem für die Publikation des aktuellen Status der Geräte / Komponenten verwendet werden. Ebenfalls können Statusänderungen für Geräte / Komponenten über den MQTT Server ausgeführt werden. Mosquitto wurde gemäss der Anleitung von [Digitalocean](#)<sup>7</sup> installiert. Die Konfiguration in openHAB erfolgte gemäss der Anleitung im [Wiki](#)<sup>8</sup>.

- **openHAB Bindings**

Neben den beschriebenen Komponenten wurden diverse weitere Bindings und Actions innerhalb von openHAB verwendet.

- **Apache Tomcat 7**

Um die BPM Plattform „activiti“ zu nutzen wurde der Open Source Web Server

---

1 [https://db.apache.org/derby/papers/DerbyTut/install\\_software.html](https://db.apache.org/derby/papers/DerbyTut/install_software.html)

2 <https://github.com/openhab/openhab/wiki/JPA-Persistence>

3 <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-ejabberd-xmpp-server-on-ubuntu>

4 <https://box.matto.nl/ejabberdjessie.html>

5 <https://github.com/openhab/openhab/wiki/Actions#xmpp-actions>

6 <https://github.com/openhab/openhab/wiki/Feature-Overview>

7 <https://www.digitalocean.com/community/questions/how-to-setup-a-mosquitto-mqtt-server-and-receive-data-from-owntracks>

8 <https://github.com/openhab/openhab/wiki/MQTT-Binding>

Apache Tomcat 7 eingesetzt. Die Installation erfolgte gemäss der Anleitung von [Digitalocean](#)<sup>1</sup>.

- **activiti BPM Plattform**

Activiti ist eine Java-basierte Open Source Workflow und BPM Plattform. Die Beispielsapplikation wurde gemäss den Informationen im [User-Guide](#)<sup>2</sup> und den Beispiels-Anwendungen „activiti-explorer“ und „activiti-rest“ implementiert.

- **H2**

Die H2 Datenbank ist eine Open Source Java SQL Datenbank, welche als Backend der activiti BPM Plattform eingesetzt wird. Die Installation erfolgte gemäss der Anleitung von [H2](#)<sup>3</sup>.

- **Postfix**

Der Postfix-Mail-Server wurde zum Versand von lokalen E-Mail's verwendet. Dieser Mail-Server wird von der activiti BPM Plattform verwendet, um Benachrichtigungen innerhalb des Prozesses zu versenden. Die Installation und Konfiguration erfolgte gemäss der Anleitung von [Digitalocean](#)<sup>4</sup>.

- **Pidgin Internet Messenger**

Auf der Client-Seite wurde für die Kommunikation mit ejabberd der „Pidgin Internet Messenger“ verwendet.

- **Linux Utilities und Tools**

Es wurden diverse weitere Linux-Utilities und Tools für die Implementation und die Arbeit mit den Komponenten verwendet (unter anderem: screen, scp, Eclipse IDE).

#### 5.4.3 Komponentenübersicht

Die Abbildung [5.3 Komponentenübersicht](#) zeigt die im Kapitel [5.4.2 Verwendete Software](#) beschriebenen Komponenten grafisch auf und zeigt deren direkten Abhängigkeiten auf. Sämtliche Komponenten wurden befinden sich auf dem Raspberry Pi. Der Grossteil der Komponenten muss nach dem Start durch ein Shell-Script gestartet werden.

---

1 <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-apache-tomcat-7-on-ubuntu-14-04-via-apt-get>

2 <http://activiti.org/userguide/index.html>

3 <http://www.h2database.com/html/tutorial.html>

4 <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-and-setup-postfix-on-ubuntu-14-04>

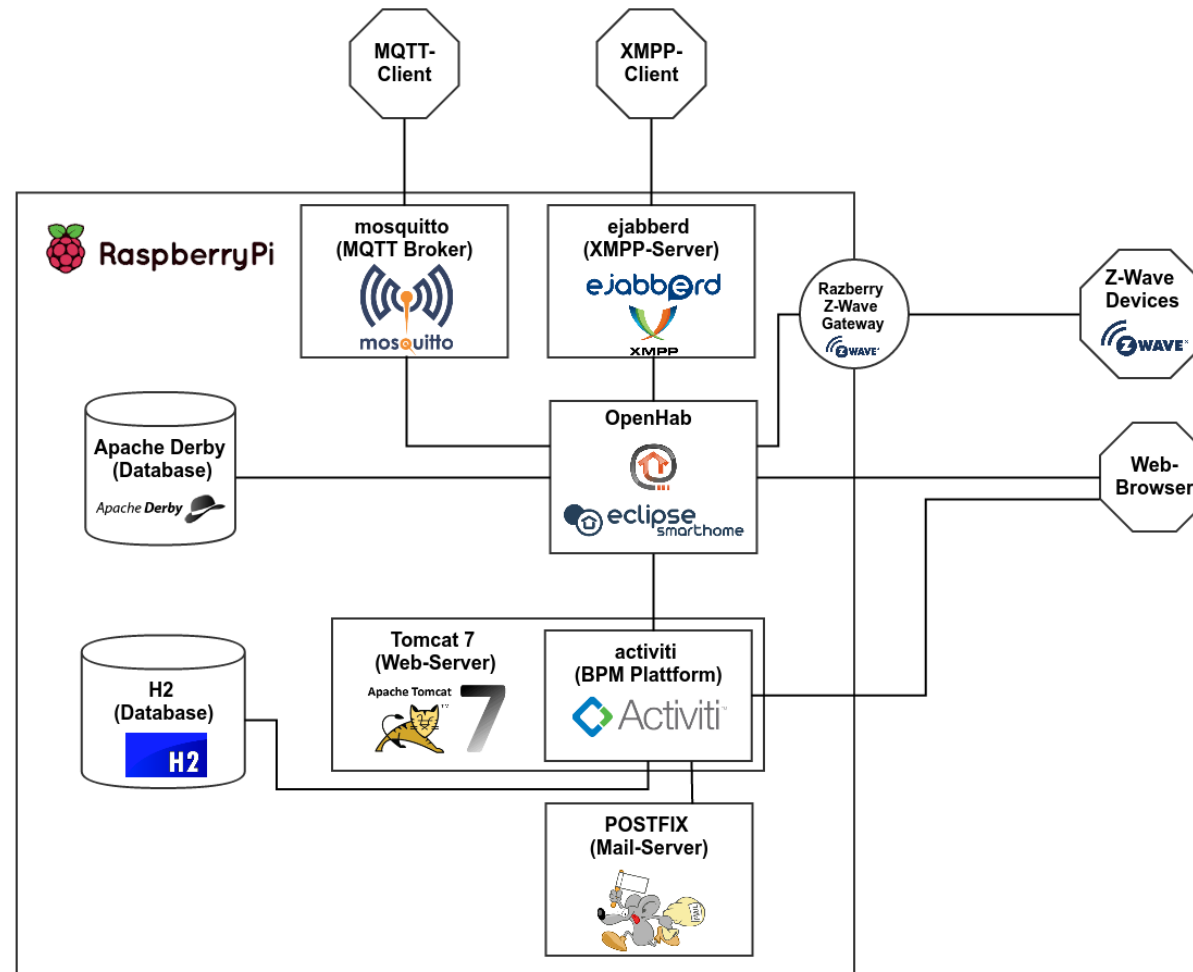


Abbildung 5.3: Komponentenübersicht



#### 5.4.4 Prozess / Szenario

Als Beispiel wurde der Prozess „Türklingel“ beschrieben und umgesetzt. Formal wurde der Prozess gemäss der BPMN 2.0 Spezifikation beschrieben. Der formale Prozess ist in der Abbildung 5.4 „Türklingel-Prozess“ ersichtlich.

Bei der Umsetzung des konkreten Beispiels wurden nicht alle Komponenten verwendet, welche im Kapitel 5.4.2 [Verwendete Software](#) beschrieben wurden (zum Beispiel: MQTT-Broker und Persistent von OpenHab).

##### Beschreibung

Der „Türklingel“ Prozess definiert das Verhalten des „Smart-Home“ wenn jemand an der Türe klingelt. Dabei werden bestimmte Kriterien geprüft, um den zu durchlaufenden Prozessweig zu evaluieren.

##### Ausbau- und Verbesserungsmöglichkeiten

##### Start-Event

Der Start des Prozesses erfolgt in der gewählten Home Automation Lösung (openHAB 2). In openHAB wurde ein Z-Wave Wandschalter eingerichtet. Für diesen Wandschalter wurde eine Regel definiert, welche bei einer Statusänderung ausgeführt wird.

1 Code goes here

##### Abrufen der Status-Informationen

##### Auswerten der Status-Informationen

Verzweigung: „User ist zu Hause“

Verzweigung: „User ist nicht zu Hause“

Verzweigung: „User ist in den Ferien“

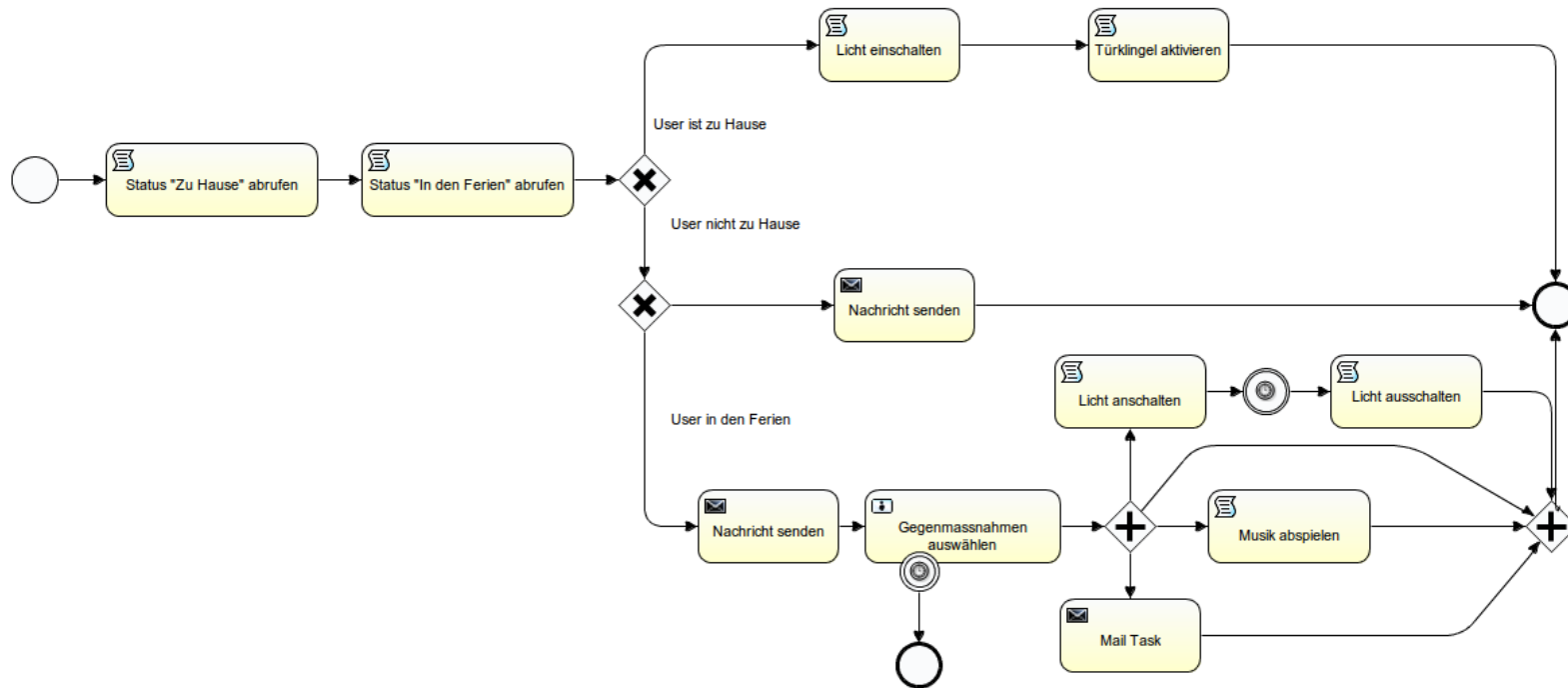


Abbildung 5.4: "Türklingel-Prozess"

# KAPITEL 6

---

## Schlusswort

---

In diesem Kapitel wird ein Fazit zu dieser Arbeit und den einzelnen betrachteten Bereichen gezogen und über die gesamte Arbeit reflektiert.

### 6.1 Fazit

Aufgrund der Ergebnisse der Analyse kann gesagt werden, dass aktuell im Bereich der Modellierung und Implementierung von Business Prozessen ein Wandel statt findet. Mit diesem Wandel rückt der Einsatz des IoT etwas mehr in den Vordergrund.

....Bereits erste Produkte / Lösungen mit entsprechendem Support. -

#### 6.1.1 BPM in der Domäne „Internet of Things“

BPM ist im IoT definitiv ein Thema und es gibt auch bereits erste Hersteller, welche mit Ihren BPM Lösungen Möglichkeiten anbieten um Aspekte des IoT abzudecken, beziehungsweise zu integrieren. Auch gibt es zahlreiche IoT Plattformen, welche entsprechende Mechanismen zur Abbildung von Prozessen und Workflows Out-of-the-Box anbieten.

Gerade für Unternehmen, welche das IoT für das Kerngeschäft relevant ist oder relevant werden könnte, ist die Integration in (bestehende) BPM Lösungen ein wichtiger Aspekt. Grund dafür ist die dadurch erreichten Effizienzsteigerungen und Kostenreduktionen. Ebenfalls stellt die BPM Integration sicher, dass auch grosse Volumen korrekt und effizient verarbeitet werden können und dadurch ein Teil der in Kapitel [3.1.1 Herausforderungen & Problemstellungen](#) aufgezeigten Punkte abgedeckt, beziehungsweise entschärft werden können.

### 6.1.2 BPM in der Domäne „Home Automation“

Die durchgeführten Recherchen haben gezeigt, dass es im Bereich „Home Automation“ heute eigentlich keine Lösung gibt, bei welcher Prozesse über BPMN oder BPEL modelliert werden können.

Die meisten Softwarelösungen und Kombi-Produkte (Software + Hardware) basieren auf dem Konzept von Auslösern (Triggern) und nachfolgenden Ereignissen (Events).

Heimanwender: BPM Schwierig, wenn dann im Bereich der Gebäude-Automatisierung im Bereich von Unternehmen.

OPENHAB: Version 1: Schwieriger / Komplizierter Setup (insbesondere mit Z-Wave)

Version 2: Einfacherer Setup, viele fehlende Funktionalitäten, nicht intuitiv, Dokumentation für gewisse Grundkonzepte nicht wirklich gut

### 6.1.3 BPM auf dem „Raspberry Pi“ in der Domäne „Home Automation“

Evtl. Getrennte Fazite für einzelne Bereiche?

Diverse Bindings ausprobiert (XMPP, Telegram, NTP, WOL, Z-Wave, System Info, JPA, MQTT, ), im Beispielssetup konnten nicht alle integriert werden. -

### 6.1.4 Beispielsetup

-

## 6.2 Reflexion

-

## Akronyme

Bezeichnung	Beschreibung
BMA	Business Activity Monitoring
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Management Notation
BPMS	Business Process Management Suite
ERP	Enterprise-Resource-Planning
iBPMS	Intelligent Business Process Management Suite
IoT	Internet of Things

## Glossar

### *CEP*

Bei Complex Event Processing (CPE) ist ein Werkzeug aus dem Bereich BigData. Dabei steht die Erkennung, Analyse, Gruppierung und Verarbeitung von abhängigen Ereignissen im Vordergrund.

---

## Quellenverzeichnis

---

- [AK14] ANIL KALBAG, GERALD SILVERMAN: *Enriching Business Processes through the Internet of Everything*. EN. Cisco Systems Inc. 2014. URL: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise/cisco-on-cisco/t-en-07142014-business-process-ioe.html>.
- [Ewh] *BPM Get Started - Overview*. EN. URL: [http://www.what-is-bpm.com/get\\_started/bpm\\_methodology.html](http://www.what-is-bpm.com/get_started/bpm_methodology.html).
- [Bru15] BRUN, DANIEL: *Internet of Things - Seminar Domain Specific Software Engineering*. DE. 2015. URL: [https://github.com/Liechtathlet/ZHAW/blob/master/SM%20-%20Domain%20Specific%20SWE/Dokumentation/ZHAW\\_SM\\_DSSE\\_IoT\\_Daniel\\_Brun%20-%20V01.00.pdf](https://github.com/Liechtathlet/ZHAW/blob/master/SM%20-%20Domain%20Specific%20SWE/Dokumentation/ZHAW_SM_DSSE_IoT_Daniel_Brun%20-%20V01.00.pdf) (siehe S. 10).
- [Egaa] *Business process management (BPM)*. EN. Gartner Inc. URL: <http://www.gartner.com/it-glossary/business-process-management-bpm/>.
- [DFS] DR. FLORIAN SERBAN, DR. YVES BRISE: *Complex Event Processing – Eine strategische Big Data Entscheidung*. DE. Innovation Process Technology AG. URL: <http://ipt.ch/complex-event-processing-eine-strategische-big-data-entscheidung/>.
- [Far15] FARNHAM, KEVIN: *WSO2 Extends its Internet of Things Process Orchestration Capabilities*. EN. InfoQ. 2015. URL: <http://www.infoq.com/news/2015/12/wso2-iot-process-orchestration>.
- [Egab] *Gartner Says a Typical Family Home Could Contain More Than 500 Smart Devices by 2022*. EN. Gartner Inc. 2014. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2839717> (siehe S. 18).
- [Egac] *Gartner Says By 2020, More Than Half of Major New Business Processes and Systems Will Incorporate Some Element of the Internet of Things*. EN. Gartner Inc. 2016. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3185623> (siehe S. 11).
- [Egad] *Gartner Says Spending on Business Process Management Suites to Reach 2.7 Billion US-Dollar in 2015 as Organizations Digitalize Processes*. EN. Gartner Inc. 2015. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3064717> (siehe S. 11).

- [Gre16] GREEN, CHLOE: *Why BPM is the essential link between the IoT and CRM in the digital age*. EN. InformationAge. 2016. URL: <http://www.information-age.com/it-management/strategy-and-innovation/123460863/why-bpm-essential-link-between-iot-and-crm-digital-age> (siehe S. 11).
- [Her15] HERRING, MARK: *IoT signals the end for BPM*. EN. 2015. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/iot-signals-end-bpm-mark-herring> (siehe S. 11).
- [Ebp] *How Important Are Processes to the Internet of Things?* EN. 2015. URL: <http://bpm.com/bpm-today/in-the-forum/how-important-are-processes-to-the-internet-of-things>.
- [Efu] *Intelligent BPM Systems: Impact and Opportunity*. EN. Future Strategies Inc., Workflow Management Coalition. URL: [http://futstrat.com/books/iBPMS\\_Handbook.php](http://futstrat.com/books/iBPMS_Handbook.php).
- [Een] *IoT and Process Management*. EN. Enterprise IoT. URL: [http://enterprise-iot.org/book/enterprise-iot/part-ii-igniteiot-methodology/igniteiot-solution-delivery/building-blocks/iot-technology-profiles/4-middleware/process\\_efficiency\\_and\\_automation/](http://enterprise-iot.org/book/enterprise-iot/part-ii-igniteiot-methodology/igniteiot-solution-delivery/building-blocks/iot-technology-profiles/4-middleware/process_efficiency_and_automation/).
- [Ozi15] OZIL, PHILLIPE: *BPM of Things: the Next Generation of the Internet of Things*. EN. DataInformed. 2015. URL: <http://data-informed.com/bpm-of-things-the-next-generation-of-the-internet-of-things/> (siehe S. 11).
- [Ewia] *Raspberry Pi*. DE. Wikimedia Foundation. 2016. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://de.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi).
- [Ewib] *Raspberry Pi*. EN. Wikimedia Foundation. 2016. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi).
- [Rou] ROUSE, MARGARET: *business process management (BPM)*. EN. SearchCIO. URL: <http://searchcio.techtarget.com/definition/business-process-management> (siehe S. 5).
- [Eju] *SMART HOME REVENUES TO REACH \$100 BILLION BY 2020, DRIVEN BY AUTOMATION AND ENTERTAINMENT SERVICES*. EN. Juniper Research Ltd. 2015. URL: [http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/smart-home-revenues-to-reach-\\$100-billion-by-2020](http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/smart-home-revenues-to-reach-$100-billion-by-2020).
- [Wan15] WANG, PHIL: *Internet of Things and Business Process Management – IoT & BPM*. EN. Oracle Corporation. 2015. URL: [https://blogs.oracle.com/acharyavivek/entry/internet\\_of\\_things\\_and\\_business](https://blogs.oracle.com/acharyavivek/entry/internet_of_things_and_business).

---

## Abbildungsverzeichnis

---

2.1 Lebenszyklus / Phasen von BPMN . . . . .	6
3.1 Beispielhafte Visualisierung des „Internet of Things“ . . . . .	9
4.1 Konzeptdarstellung eines „Smart Home“ . . . . .	17
5.1 Raspberry Pi 2 Model B . . . . .	24
5.2 Raspberry Pi 2 Model B Überblick . . . . .	25
5.3 Komponentenübersicht . . . . .	33
5.4 “Türklingel-Prozess“ . . . . .	35