

# Internet of Things Smart Home

## Bachelorarbeit

HSR - Hochschule für Technik Rapperswil  
Institute for networked Solutions

### Dokumentation

Autoren: Marco Leutenegger, Dominik Freier  
Betreuer: Prof. Hansjörg Huser  
Gegenleser: Prof. Dr. Andreas Rinkel  
Experte: Stefan Zettel, Ascentive Zürich

# Abstract

Unsere Arbeit befasst sich mit dem Thema "Internet of Things". Das Ziel ist der Aufbau einer Smart-Home Beispielapplikation. Es sollen wesentliche Aspekte einer Internet-of-Things-Anwendung demonstriert werden, die in einem praktischen Szenario denkbar sind. Wir haben uns das Szenario Einbruchschutz erarbeitet und möchten zeigen, wie verschiedene Produkte kombiniert werden können, so wie es in einem Privathaushalt üblich ist. Dazu wurden verschiedene Hardware, Technologien und Frameworks analysiert.

Wir haben entsprechend den Anforderungen das Framework openHAB evaluiert. Aufgrund der modularen Architektur, die auf OSGi basiert, können diverse Protokolle und Features in eine bestehende Installation zur Laufzeit hinzugefügt werden.

OpenHAB bezeichnet sich selbst als Plattform für Intranet of Things. Mit unserer MQTT-Verbindung in die Cloud schlagen wir die Brücke zwischen einem lokalen System und den vielseitigen Möglichkeiten der Cloud. Dadurch sind wir in der Lage, die gesendeten Events von Sensoren und Aktoren im Table Storage zu persistieren. Mit den Funktionen der MS Azure Cloud könnten diese Daten zur Analyse weiterverarbeitet werden (nicht Teil der Arbeit).

Zugriff auf den Systemaufbau wird über ein Android App ermöglicht. Dazu wurde eigens ein SDK geschrieben, um den Umgang mit der openHAB REST-API zu vereinfachen und wiederverwendbar zu machen. Mit modernen Frameworks und reaktiver Programmierung, sowie ansprechendem Design runden wir die User Experience ab. Falls ein Alarm ausgelöst wird, informiert das System den Benutzer mit einer Push Notification. Dazu wird der GCM-Dienst von Google verwendet.

Zusammenfassend bietet unser System einen kostengünstigen Einbruchschutz für Einsteiger in der IoT-Smart-Home Welt.

# Management Summary

<td>

## Ausgangslage

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea.

## Vorgehen / Technologien

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea.

## Ergebnisse

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea.

## Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea.

## Eigenständigkeitserklärung

### Erklärung

Wir erklären hiermit,

- dass wir die vorliegende Arbeit selber und ohne fremde Hilfe durchgeführt haben, ausser derjenigen, welche explizit in der Aufgabenstellung erwähnt sind oder mit dem Betreuer schriftlich vereinbart wurde,
- dass wir sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt angegeben haben.
- dass wir keine durch Copyright geschützten Materialien (z.B. Bilder) in dieser Arbeit in unerlaubter Weise genutzt haben.

Ort, Datum:

Rapperswil, <TBD>



Marco Leutenegger



Dominik Freier

# Danksagung

<td>

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Management Summary</b>	<b>3</b>
<b>Danksagung</b>	<b>5</b>
<b>Technischer Bericht</b>	<b>9</b>
1. Ausgangslage . . . . .	9
2. Problembeschreibung . . . . .	10
2.1. Motivation . . . . .	10
2.2. Funktionale Anforderungen . . . . .	10
2.2.1. Basisszenario . . . . .	10
2.2.2. Lösungsteil (Demo-System) . . . . .	12
2.3. Marktsituation . . . . .	13
3. Lösungskonzept . . . . .	15
3.1. Evaluation der Plattform . . . . .	15
3.1.1. Ergebnis: openHAB . . . . .	15
3.2. Evaluation der Hardware . . . . .	16
3.3. Einführung openHAB . . . . .	17
3.3.1. Konnektivität . . . . .	17
3.3.2. User Interface . . . . .	18
3.3.3. Automatisierung . . . . .	18
3.3.4. Persistenz . . . . .	18
3.4. openHAB Architektur . . . . .	19
3.4.1. Event Bus . . . . .	19
3.4.2. Bindings . . . . .	20
3.4.3. Items . . . . .	21
3.4.4. Item Repository . . . . .	22
3.4.5. Rules . . . . .	22

3.4.6.	Sitemaps . . . . .	22
3.5.	Allgemeine Systemsicht . . . . .	23
3.5.1.	Beispiel Use Case . . . . .	26
3.6.	Android App . . . . .	27
3.6.1.	Features . . . . .	27
3.6.2.	Architektur . . . . .	31
3.7.	Anbindung Cloud . . . . .	33
3.7.1.	MQTT Broker Evaluation . . . . .	34
3.7.2.	Client-Library . . . . .	35
3.8.	Push-Notifications . . . . .	35
3.9.	Sicherheit . . . . .	35
3.9.1.	Cloud . . . . .	36
3.9.2.	Android App . . . . .	36
3.9.3.	Systemaufbau mit Sensoren/Aktoren . . . . .	37
3.9.4.	HomeMatic Kommunikation . . . . .	37
3.9.5.	Fazit . . . . .	37
4.	Umsetzung . . . . .	38
4.1.	Technologie und Plattform . . . . .	38
4.2.	openHAB Konfiguration . . . . .	38
4.2.1.	Konfiguration Überwachungskamera . . . . .	38
4.2.2.	Konfiguration Kontaktsensor . . . . .	39
4.2.3.	Konfiguration Bewegungsmelder . . . . .	40
4.2.4.	Rules . . . . .	41
4.3.	Deploymentübersicht . . . . .	45
4.3.1.	Binding Azure . . . . .	45
4.4.	MQTT . . . . .	45
4.4.1.	Funktionsweise . . . . .	46
4.4.2.	Broker . . . . .	46
4.4.3.	openHAB MQTT Persistence (Publishing Client) . . . . .	49
4.4.4.	Azure Worker Role (Subscribing Client) . . . . .	50
4.4.5.	openHAB MQTT Action . . . . .	53
4.5.	Android App . . . . .	56
4.5.1.	Frameworks und Libraries . . . . .	56
4.5.2.	Wichtige Klassen . . . . .	59
4.5.3.	Material Design . . . . .	59

4.6.	Push-Notifications . . . . .	59
4.6.1.	Cloud . . . . .	59
4.6.2.	Android-Client . . . . .	61
4.7.	Sicherheit . . . . .	62
4.7.1.	Verschlüsselung MQTT-Verbindung . . . . .	62
4.7.2.	Konfiguration MQTT-Broker . . . . .	62
4.7.3.	Verschlüsselung WLAN . . . . .	63
4.8.	Problematik Systemaufbau . . . . .	63
<b>Glossar</b>		<b>65</b>
<b>A. Installationsanleitungen</b>		<b>67</b>
<b>B. Projektplan</b>		<b>72</b>
<b>C. Sitzungsprotokolle</b>		<b>86</b>
<b>D. Persönliche Reflektion</b>		<b>95</b>



# Technischer Bericht

## 1. Ausgangslage

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit einem Teilgebiet des «Internet of Things», nämlich der lokalen Vernetzung von Sensoren und Aktoren.

Gemäss der Aufgabenstellung soll eine SmartHome Beispielapplikation erstellt werden, welche wesentliche Aspekte einer IoT-Anwendung demonstriert. Das beinhaltet das Steuern von Aktoren, Lesen von Sensoren, Event-Verarbeitung, Überwachung und intelligente Abläufe steuern.

Das System soll auf einer tragbaren, erweiterbaren Architektur aufgebaut werden und Microsoft Azure als Cloud Plattform benutzen.

Die Heimautomation bzw. ein SmartHome grenzt sich von der professionellen Gebäudeautomation in einigen Aspekten ab. Ein SmartHome, wie wir es umsetzen, umfasst insgesamt deutlich weniger Sensoren und Aktoren, stellt dafür aber höhere Ansprüche an die Installierbarkeit, Bedienbarkeit und niedrige Anschaffungskosten. Unsere Arbeit soll zeigen, welche Überlegungen beim Einstieg in die SmartHome-Welt angestellt werden müssen und auf was für Herausforderungen man dabei stösst.

Die Aufgabenstellung schlägt ein System zum Einbruchschutz als Beispielszenario vor.

### **Hinweis zur Struktur dieses Berichts:**

Dieser Bericht basiert gemäss Absprache mit unserem Betreuer auf dem Strukturierungsbeispiel 2. Somit werden die Anforderungen an das System im Kapitel «Problembeschreibung», Architektur- und Design Überlegungen im Kapitel «Lösungskonzept» und Implementierungsdetails, sowie plattformabhängige Entscheidungen im Kapitel «Umsetzung» dokumentiert. Aus diesem Grund sind theoretische Überlegungen zumeist im Lösungskonzept zu finden, das praktische Pendant dazu hingegen im Umsetzungsteil.

## 2. Problembeschreibung

### 2.1. Motivation

Als SmartHome Beispielszenario soll ein System aufgesetzt werden, das einen grossen Bezug zur Realität hat. Es soll für aussenstehende Personen attraktiv und nachvollziehbar sein und einen Mehrwert mit sich bringen. In diesem Kapitel werden die funktionalen Anforderungen definiert und einige Fachbegriffe, sowie die Marktsituation im Bereich SmartHome erklärt. Der Abschnitt mit den funktionalen Anforderungen gliedert sich in ein Basisszenario und einen Lösungsteil. Das Basisszenario befasst sich mit den grundlegenden Konzepten und Anforderungen, im Lösungsteil gehen wir auf die konkreten Anforderungen für unser Beispielszenario «Einbruchschutz» ein.

### 2.2. Funktionale Anforderungen

#### 2.2.1. Basisszenario

Dieser Abschnitt beschreibt die theoretischen Voraussetzungen, die für das Basiszenario gegeben sein müssen, unabhängig von der späteren Implementierung der konkreten Anwendungsfälle. In der Gebäudeautomation spricht man häufig von sogenannten Sensoren und Aktoren. Beide Begriffe stammen ursprünglich aus der Steuerungs- und Regelungstechnik. Sensoren sind Geräte, die kontinuierlich Messdaten erfassen und die Daten über eine Schnittstelle verfügbar machen. Ob die Daten aktiv vom Sensor an eine Zentrale übermittelt werden, oder ob die Zentrale den Sensor selbstständig abfragen muss ist für die Definition eines Sensors in unserem Rahmen nebensächlich. Ein Aktor kann als Gegenstück zum Sensor betrachtet werden, da er eine aktive Rolle einnimmt. Ein Aktor empfängt Befehle und greift in das Regelungssystem ein. Einige Geräte beinhalten sowohl Sensor- als auch Aktorschnittstellen. Wenn ein Sensor eine Zustandsänderung registriert und diese dem System bekannt gibt, dann sprechen wir von einem *Event*. Als *Command* bezeichnen wir einen Befehl, der an einen Aktor gesendet wird.

Beispiele für Sensoren aus der Gebäudeautomation:

- Bewegungsmelder
- Thermometer
- Fensterkontakte
- Windkraftmesser

Beispiele für Aktoren:

- Lampe
- Heizungsregler
- Rasensprinkler
- Rollläden

Kombinierte Geräte:

- Überwachungskamera (Sensor: Bilder, Aktor: Schwenken)
- Moderner Backofen (Sensor: Temperatur, Aktor: Programmauswahl)

Für das Basisszenario benötigen wir eine Infrastruktur, über die wir alle angeschlossenen Sensoren und Aktoren erreichen können. Konkret ausgedrückt müssen wir in der Lage sein, Events von Sensoren zu Empfangen und Commands an Aktoren zu senden. Darüber hinaus sollen möglichst viele Vorgänge automatisiert werden. Das bedeutet, wir benötigen eine Zentrale, um Events zu verarbeiten und gegebenenfalls mit Befehlen an Aktoren auf diese Events zu reagieren. Neben Aktoren und Sensoren existieren noch Clients. Clients sind Geräte, die von einem Benutzer des Systems verwendet werden, um Sensoren abzufragen und Commands an Aktoren zu senden. Clients greifen in der Regel nicht direkt auf Sensoren und Aktoren zu, sondern benutzen zu diesem Zweck die Zentrale. Das Netz, über das alle Sensoren, Aktoren, Clients und die Zentrale miteinander verbunden sind Bezeichnen wir von nun an als *Bus*.

### **F01: Sensoren Status**

Der Status eines Sensors kann über den Bus abgefragt werden. Sensoren können auch selbstständig Events auf den Bus senden.

### **F02: Steuern von Aktoren**

Jede Komponente, die am Bus angeschlossen ist, kann Commands auf den Bus schicken. Aktoren können die Commands über den Bus empfangen und dadurch gesteuert werden.

### **F03: Persistieren von Events und Commands in der Cloud**

Alle Events und Commands, die auf dem Bus transportiert werden, können in der Cloud gespeichert werden. In der Cloud können anhand dieser Daten umfassende Analysen angestellt werden (nicht Teil der Arbeit).

**F04: Regeln**

Aufgrund von Events sollen je nach Zustand des Gesamtsystems vordefinierte Aktionen ausgelöst werden. Die Aktionen bestehen in der Regel aus Commands, um wiederum Aktoren zu steuern.

**F05: Auf Zentrale zugreifen**

Ein Client kann auf die Zentrale zugreifen, um den Status des Systems abzufragen und Commands an Aktoren zu schicken. Der Status des Systems kann sowohl Live-Daten von Sensoren, als auch Werte aus der Vergangenheit beinhalten.

**2.2.2. Lösungsteil (Demo-System)****L01: Sicherheits-Status abfragen**

Der Client soll den Status des Einbrecherschutzes abgefragt werden können.

Status «OK»:

- Fenster ist geschlossen
- Türe ist geschlossen
- keine Bewegung detektiert

Status «NOK»:

- Fenster ist offen
- Türe ist offen
- Bewegung detektiert

**L02: Überwachungskamera**

Der Client kann die Überwachungskamera ein- bzw. ausschalten und Livebilder anfordern.

**L03: Event Kontaktsensor**

Der Kontaktsensor hat permanent einen Status. Der Status ist entweder «offen» oder «geschlossen».

**L04: Event Bewegungsmelder**

Sobald der Bewegungsmelder eine Bewegung registriert, sendet dieser einen Event. Dieser wird nach interner Logik verarbeitet.

**L05: Akteur: Lampe**

Der Akteur wird via Command angesteuert. Das Licht kann durch eine Regel (Zeit-Mechanismus zur Prävention) oder durch eine Aktion des Clients ein bzw. ausgeschaltet werden.

**L06: Akteur: Funksteckdose**

Die Funksteckdose kann ebenfalls vielseitig eingesetzt werden. Etwas abstrahiert betrachtet, kann jedes Gerät per Remote ein- bzw. ausgeschaltet werden. An dieser Funksteckdose kann zum Beispiel eine Musikanlage oder ein Fernsehgerät eingeschaltet werden.

**L07: NFC Sticker**

Die NFC Stickers können sehr vielfältig eingesetzt werden und dienen in erster Linie zur Entlastung des User Interface. Generell wird durch Auflegen eines NFC-fähigen Smartphones (also ein Client) eine Aktion ausgeführt. Was diese Aktion genau beinhaltet ist offen und könnte genauso gut direkt im User Interface benutzt werden. Beispielsweise könnte ein Command zum «scharf stellen» des Sicherheitssystems auf den Bus gesendet werden.

**2.3. Marktsituation**

Das Thema IoT, insbesondere SmartHome, erlebt derzeit einen regelrechten Boom. Zwar gibt es schon seit Jahrzehnten Lösungen zur Heimautomatisierung, jedoch standen auch einfache Systeme bisher nur wenigen privilegierten zur Verfügung, denn meist musste man sich bereits beim Hausbau auf einen Anbieter festlegen und dessen Produkt- und Preispolitik akzeptieren. Folglich ist es aufwändig, den Anbieter nachträglich zu wechseln oder das System zu erweitern. Als Vorteile von klassischen Gesamtlösungen sind jedoch das einheitliche Bild und die nahtlose bauliche Integration zu nennen.

**KNX**

KNX ist ein europäischer Standard für kommerzielle Gebäudeautomation. KNX trennt Gerätesteuerung und Stromversorgung in von einander unabhängige Netze. Mit KNX können Schalter und Steuerungen relativ einfach neu zugewiesen werden, ohne dass erneut bauliche Arbeiten vorgenommen. KNX bringt hohe Anschaffungskosten mit sich und eignet sich eher für Neubauten, da eine nachträgliche Installation noch viel teurer wäre.

**digitalSTROM**

Ursprünglich ein Projekt der ETH, das die nachträgliche Gebäudeautomation ermöglichen

soll. Durch den Einsatz von mit einander kommunizierenden, speziellen Kabelklemmen lassen sich vorallem Beleuchtungskonzepte und Energiesparlösungen recht schnell und einfach realisieren. Das Absetzen von Befehlen oder auslesen von Messdaten aus unterschiedlichen Protokollen ist kaum möglich. Leider sind die vielen benötigten Komponenten immer noch sehr teuer (ca. 100.- CHF für eine Klemme).

### **RWE Smarthome**

Der Energieversorgerkonzern RWE bietet seit einigen Jahren ein nachrüstbares System für die Heimautomation. Der Fokus liegt vorallem auf der Automatisierung von Beleuchtung, Heizung, Rollläden und Stromversorgung. RWE bietet eine Zentrale, Sensoren, Aktoren sowie Software zur Steuerung und Konfiguration. Die Auswahl an Komponenten ist auf das Angebot von RWE beschränkt.

### **Qivicon**

Qivicon ist eine Allianz verschiedener Industriepartner und wurde von der Deutschen Telekom gegründet. Im Unterschied zum RWE Smarthome können also Komponenten aller beteiligten Hersteller miteinander vernetzt werden. Die Bedienung ist etwas einfacher, dafür sind die Konfigurationsmöglichkeiten weniger umfassend als beim RWE Smarthome.

### **openHAB**

OpenHAB steht für *open Home Automation Bus* und ist ein Open Source Projekt zur lokalen Vernetzung von IoT- und SmartHome Zubehör unterschiedlichster Hersteller. OpenHAB fungiert als Zentrale und kann auf beliebigen Windows, Linux oder Mac OS X Geräten installiert werden. Durch die modulare Architektur können jederzeit neue Technologien integriert werden. Eine eigene Modellierungssprache erlaubt nahezu unbegrenzte Konfigurationsmöglichkeiten anhand von Regeln und Abläufen. Allerdings erfordert dies ein wenig technisches Geschick. Basierend auf openHAB 1.x wurde das Eclipse Smarthome Projekt gegründet, welches ein Framework für SmartHome Software darstellt. OpenHAB 2 wiederum baut auf Eclipse Smarthome auf und soll die Konfiguration, insbesondere für technisch weniger versierte Benutzer, erleichtern.

### 3. Lösungskonzept

Dieses Kapitel beinhaltet die Beschreibung der Architektur und wichtiger Komponenten. Es werden die theoretischen Grundlagen der eingesetzten Technologien und Systeme erläutert und warum diese verwendet werden. Nicht Teil dieses Kapitels sind Erläuterungen von Konfigurationen und Code. Dies wird separat im Kapitel «Umsetzung» ab Seite 38 behandelt.

#### 3.1. Evaluation der Plattform

Anhand der Marktsituation und den funktionalen Anforderungen haben wir die Vor- und Nachteile der jeweiligen Plattformen miteinander verglichen und dabei darauf geachtet, welche Kriterien für unsere Lösung von Bedeutung sind.

Wichtige Kriterien:

- Nachträgliche Installation möglich
- Beliebige Szenarien realisierbar
- Herstellerunabhängige Komponenten
- Erfüllung der Anforderungen F01 - F05

Vernachlässigbare Kriterien:

- Optisch ansprechende Integration
- Installation ohne Fachkenntnisse

##### 3.1.1. Ergebnis: openHAB

Mit openHAB haben wir eine Plattform gefunden, die allen wichtigen Kriterien entspricht und zudem kostenlos ist. Da wir openHAB sofort auf unseren Notebooks installieren konnten, war es sehr einfach zu beurteilen, ob die Plattform auch in der Praxis unsere Anforderungen erfüllt. Die mitgelieferte Demo-Konfiguration beinhaltete bereits viele anschauliche Beispiele, die später als Vorlage für unsere eigenen Anwendungsfälle dienen können.

#### Erfüllung der funktionalen Anforderungen

*F01 - F02:* Über sogenannte Items können Sensoren und Aktoren virtuell und genügend

abstrakt definiert werden. Der OSGi EventBus von openHAB ermöglicht den Transport von Events und Commands zwischen Items und der Zentrale (OpenHAB Runtime). Bindings mappen die Items auf tatsächliche Sensoren und Aktoren.

*F03:* OpenHAB kann den Verkehr auf dem EventBus über verschiedene Wege auf externen Systemen protokollieren. Zu unserem Zweck eignet sich das MQTT Persistence Modul.

*F04:* Über die Rule Engine von openHAB können Regeln mit Hilfe einer Java-ähnlichen DSL beschrieben werden. Regeln werden bei gewissen Events auf dem EventBus ausgeführt. Die DSL erlaubt den Zugriff auf den Zustand von Items und kann auch Commands an Items und somit an Aktoren senden.

*F05:* Ein RESTful API bietet umfassenden Zugriff auf die openHAB Runtime. Über sogenannte Sitemaps können deskriptive User Interfaces automatisch generiert werden.

### **Nachteile**

Ein Nachteil von openHAB ist, dass die Dokumentation grosse Lücken aufweist. Zwar sind die Konzepte leicht verständlich, jedoch fehlen Detailangaben zur DSL und genauen Konfigurationssyntax. Aus diesem Grund müssen oft Beispiele analysiert oder Benutzerforen zu Rate gezogen werden.

## **3.2. Evaluation der Hardware**

Nachdem wir openHAB als Plattform bestimmt haben konnten wir die Hardware für die Sensoren und Aktoren aussuchen. Dafür haben wir uns an den Vorgaben L02 - L06 aus Abschnitt 2.2.2 auf Seite 12 orientiert. Durch die Vielzahl an Protokollen, die durch openHAB unterstützt werden, hatten wir genügend Auswahl an Hardware von unterschiedlichen Herstellern. OpenHAB selbst läuft auf einem Raspberry Pi B+.

*L02:* Als Überwachungskamera haben wir die Edimax IC-3115W Netzwerkkamera ausgesucht. Sie ist mit einem Preis von weniger als 50 Euro relativ günstig und über das HTTP Binding von openHAB kompatibel.

*L03:* Beim Fensterkontaktsensor war uns ein kabelloses Modell wichtig, das unkompliziert montiert werden kann. Aus diesem Grund haben wir uns für den optischen Fensterkontakt HM-Sec-Sco von eQ-3 HomeMatic entschieden. Der Fensterkontakt erfordert jedoch eine Zentrale, die separat bestellt werden musste. Für HomeMatic existiert ein Binding seitens



openHAB.

*L04:* Der Funk Bewegungsmelder HM-Sec-MDIR-2, ebenfalls von eQ-3 HomeMatic, benutzt die gleiche Zentrale wie der Fensterkontaktsensor und ist für den Indoorgebrauch ausgelegt.

*L05:* Das Philips Hue Lux Starterkit beinhaltet zwei dimmbare LED-Birnen und eine Zentrale, die ans lokale Netzwerk angeschlossen werden muss. Ein openHAB Binding für Philips Hue ist vorhanden.

*L06:* Da wir durch den Fensterkontakt und den Bewegungsmelder schon eine HomeMatic Zentrale besitzen, liegt es nahe auch die Funksteckdose von diesem Hersteller zu verwenden.

### 3.3. Einführung openHAB

Das System openHAB wird eingesetzt, um verschiedene Home-Automatisierungssysteme unter einen Hut zu bringen. Um dies zu erreichen müssen Lösungen für die vier Disziplinen Konnektivität, User Interface, Automatisierung und Persistenz gefunden werden. In den nächsten Abschnitten werden diese Disziplinen kurz beschrieben.

#### 3.3.1. Konnektivität

Mit Konnektivität ist gemeint, wie die Sensoren/Aktoren integriert werden können. Es braucht ein Konzept um Protokolle miteinander kompatibel zu machen. Nehmen wir als Beispiel den Use Case *L03: Event Kontaktsensor*. An einem Fenster wird ein Kontaktsensor angebracht, der bei jedem Öffnen oder Schliessen den Status bekannt gibt. OpenHAB muss einerseits das verwendete Protokoll verstehen und zudem die Daten in eine interne, abstrakte Form übersetzen, sodass Herstellerspezifische Details vor dem restlichen System verborgen bleiben. Ein weiteres Beispiel ist Use Case *L05: Aktor: Lampe*. Hierbei müssen keine Events gelesen, sondern Commands geschickt werden, da es sich bei der Lampe um einen Aktor handelt. Dazu muss openHAB auch den umgekehrten Fall beherrschen, nämlich aus einer internen Repräsentation des Commands in diejenige des Protokolls der Lampe zu übersetzen und letztlich auch die Lampe erreichen können. Durch Konnektivität ist es also möglich, SmartHome Zubehör von verschiedenen Herstellern in openHAB einzubinden.

### **3.3.2. User Interface**

Nehmen wir an, der Fensterkontakt und die Lampe aus dem vorherigen Abschnitt sind von zwei völlig verschiedenen Herstellern. Der Status des Fensterkontakts soll bei der Verwendung ohne openHAB über eine Website im Browser ausgelesen werden können. Das Steuern der Lampe geschehe mittels einer eigens dafür vorgesehenen App. Dank dem Konzept zur Konnektivität können aber beide Geräte auch über openHAB zugegriffen werden. Einen echten Vorteil hat man dadurch aber nur, wenn es auch ein User Interface dazu gibt. Denn dann hat man alle Geräte in einer Smartphone- oder Web App vereint. OpenHAB benötigt demnach eine Möglichkeit um User Interfaces für verschiedene Clients zu gestalten.

### **3.3.3. Automatisierung**

Durch die Konnektivität und das User Interface kann also SmartHome Zubehör von verschiedenen Herstellern in einer einzigen Anwendung verwendet werden. Das alleine ist schon ein grosser Mehrwert. Doch es fehlt noch etwas der smarte Teil des SmartHomes. Interessant wird es nämlich dann, wenn die verschiedenen Geräte sich gegenseitig beeinflussen sollen. Nehmen wir den Bewegungsmelder aus Use Case L04 hinzu. Sobald er eine Bewegung registriert soll die Lampe eingeschaltet werden. Es sind aber auch wesentlich komplexere Szenarien denkbar. Damit solche automatisierten Vorgänge stattfinden können benötigt openHAB eine Rule Engine. Die Grundlage dazu bildet die interne Repräsentation der Sensoren und Aktoren, die bereits durch die Konzepte zur Konnektivität geschaffen wurde.

### **3.3.4. Persistenz**

Wenn Events gelesen und Commands gesendet werden, dann handelt es sich dabei um Momentaufnahmen. Im User Interface könnte man beobachten, wenn der Status des Fensterkontakts von offen auf zu wechselt. Doch was ist, wenn man wissen möchte, wann das Fenster zuletzt geöffnet wurde? Aus diesem Grund reicht es nicht, Events lediglich zu verarbeiten, sondern sie müssen auch persistiert werden. Zudem können manche Sensoren wie der Fensterkontakt möglicherweise nur immer einen Statuswechsel bekanntgeben, der aktuelle Status kann aber nicht direkt abgefragt werden. Damit trotzdem jederzeit der aktuelle Status bekannt ist, muss openHAB den Status bei jedem Wechsel speichern.

### 3.4. openHAB Architektur

Im Abschnitt zur Konnektivität haben wir bereits erläutert, welche Anforderungen openHAB erfüllen muss, damit verschiedene Systeme miteinander vernetzt werden können. Die grosse Anzahl an Herstellern und die Vielfalt an Protokollen haben dazu geführt, dass openHAB sehr modular konzipiert wurde. Die Basisinstallation kann zur Laufzeit durch Add-ons erweitert werden. Das hat den Vorteil, dass openHAB selbst recht schlank bleibt und Technologien, die gar nicht eingesetzt werden, nicht im Weg sind. Ausserdem ist dadurch das spätere Einbinden weiterer Plattformen sehr einfach machbar. Technisch wurde diese modulare Architektur mit Hilfe der OSGi-Plattform umgesetzt. Die Implementierung von Protokollen geschieht innerhalb von OSGi Service Bundles, die bei openHAB Bindings genannt werden. Abbildung 1 zeigt einen Überblick der Architektur:



Abbildung 1.: openHAB Architektur

#### 3.4.1. Event Bus

Der Basisservice von openHAB stellt der Event Bus dar. Über diesen Bus werden Events zwischen den verschiedenen OSGi Bundles gesendet. Die Events sind entweder Commands, welche eine Aktion ausführen, oder Status-Updates, welche Zustandsänderungen der

Sensoren/Aktoren beinhalten.

Durch den Einsatz dieses Event Bus wird die Kopplung reduziert und Add-ons können somit einfach ausgetauscht werden.

Intern wurde der Event Bus mit Hilfe des OSGi Event Admin umgesetzt. Durch den Event Admin wird es möglich, dass sich weitere OSGi Bundles (also openHAB Add-ons) im Event Bus einklinken können.

### **3.4.2. Bindings**

Bindings sind Verbindungen zwischen openHAB und den externen Systemen und bilden die Grundlage zur Konnektivität. Dadurch muss für jede Technologie ein eigenes Binding geschrieben werden. Für viele Technologien sind Bindings vorhanden, die einzeln heruntergeladen und als «Add-on» installiert werden können. Falls eine Technologie noch nicht unterstützt wird, kann man das Binding dazu selbst programmieren. Die wesentliche Aufgabe besteht darin, sich einerseits mit dem externen Gerät zu verbinden, auf dem Event Bus zu lauschen und die ausgetauschten Daten miteinander kompatibel zu machen. Alle momentan verfügbare Bindings sind unter folgendem Link zu finden: <https://github.com/openhab/openhab/wiki/Bindings>



Abbildung 2.: Event Bus als Schnittstelle für Bindings

### 3.4.3. Items

Wenn so viele unterschiedliche Technologien unterstützt und integriert werden sollen, dann stellt sich die Frage nach dem gemeinsamen Nenner bzw. einer einheitlichen internen Repräsentation. Aus diesem Grund wurden «Items» eingeführt, die zentrale Entität im openHAB Domainmodell. Alle Bindings implementieren ein Mapping zwischen den Daten des Sensors/Aktors und einem zugehörigen Item. Ein Item besteht aus:

- Typ
- Name
- Formatierung
- Icon
- Gruppe
- Bindingparameter

Die Eigenschaften Typ und Name sind zwingend, die Anderen sind optional. Der Typ ist auf eine vorgegebene Auswahl beschränkt, der Name dient als Identifier und muss eindeutig sein.

Je nach gewähltem Typ können Items die unterschiedlichsten Dinge repräsentieren. Ein sehr häufig verwendeter Typ ist das SwitchItem mit den beiden möglichen Werten ON und OFF. Dieses Item eignet sich aufgrund seines Wertebereichs hervorragend als Boolean. Ein SwitchItem kann stellvertretend für etwas reales, wie eine Lampe, oder für etwas abstraktes wie die Anwesenheit eines Bewohners stehen. Es ist wichtig zu verstehen, dass ein Item rein virtuell ist. Die Brücke zur echten Hardware wird erst über Bindingparameter geschlagen, denn dann verknüpft openHAB das Item mit dem entsprechenden Binding. Da die Bindingparameter eines Items aber optional sind macht openHAB keinen Unterschied zwischen virtuellen und realen Items.

#### **3.4.4. Item Repository**

Der Zustand eines Items muss die Ausführungsdauer einer openHAB Instanz überleben können, beispielsweise nach einem Neustart. Der Zustand muss ausserdem jederzeit abfragbar sein, egal ob sich der Zustand des Items gerade erst durch ein Event geändert hat oder schon über mehrere Startvorgänge hinweg genau so existiert. Diese Verantwortung übernimmt das Item Repository, welches permanent den Event Bus auf Status-Updates abhört und die Änderungen persistiert.

#### **3.4.5. Rules**

Rules sind die Werkzeuge zur Automatisierung. Dank einer Java-ähnlichen DSL können Aktionen ausgelöst werden, wenn gewisse Bedingungen erfüllt wurden. Das können einerseits Zustandsänderungen von Items, aber auch Systemevents oder Events von selbst angelegten Timern sein.

#### **3.4.6. Sitemaps**

Sitemaps sind Konfigurationsfiles zur deklarativen Definition von User Interfaces. Sitemaps werden ebenfalls in einer Xtext basierten DSL geschrieben und haben eine baumartige Struktur. OpenHAB liest das Konfigurationsfile und stellt die Sitemap über eine REST API zur Verfügung. Eine mitgelieferte Webapplikation stellt das User Interface

anschliessend im Browser dar. Layouttechnisch orientiert sich die Webapplikation am iOS 6 Design mit Listendarstellung und Drill-Down Prinzip. Die nativen iOS und Android Apps von openHAB verfolgen das selbe Bedienkonzept.

Die verschiedenen Elemente, die in Sitemaps verfügbar sind, können Items direkt über deren Name referenzieren. Einige Elemente sind dynamisch und erlauben eine werteabhängige Darstellung.

### **3.5. Allgemeine Systemsicht**

Anhand der Problembeschreibung wurde ein Plan erarbeitet, der das ganze System verständlich beschreibt. Die Abbildung 3 stellt die wichtigsten Komponenten und Entitäten aus der Problemdomäne in gegenseitiger Beziehung dar. An zentraler Stelle steht das openHAB-Framework, es verbindet alle Komponenten. Die Cloud wird über MQTT (ein Message-Protokoll) angebunden, um Events zu persistieren.

Die Sensoren/Aktoren kommunizieren durch Bindings über das Netzwerk mit openHAB um deren Status zu übertragen. Der Client kann diese Status über das RESTful-API abfragen und Commands senden.

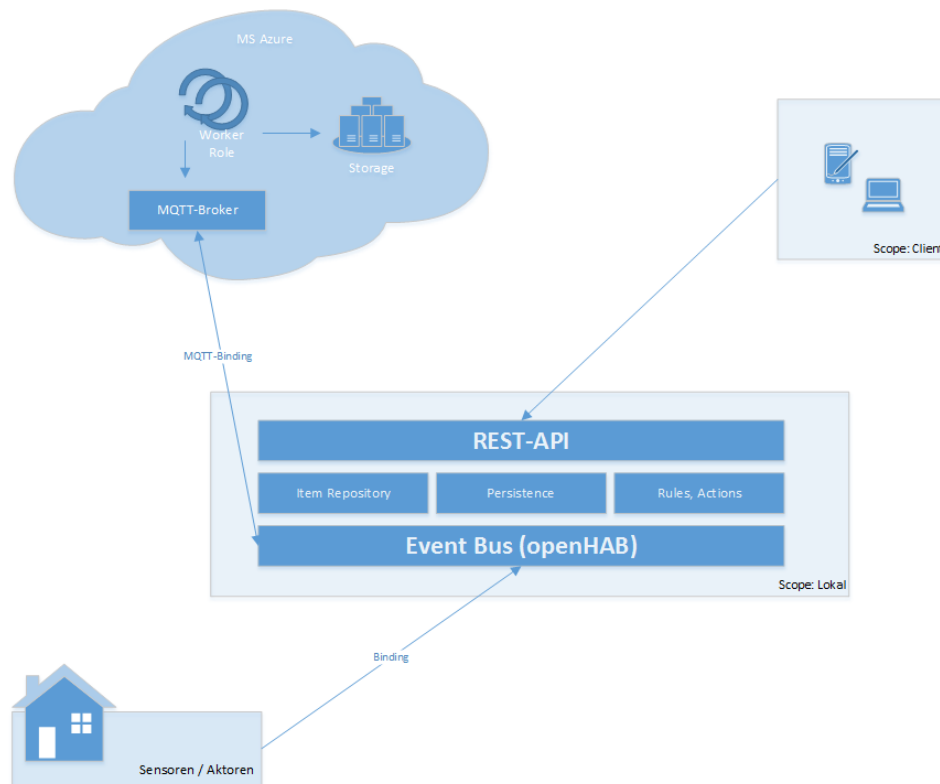


Abbildung 3.: Systemübersicht

Für das Szenario wurde eine fiktive Wohnung (Abbildung 4) gezeichnet, um den Einsatz in einer Zwei-Zimmer-Wohnung zu demonstrieren. Dabei befindet sich das openHAB auf dem Raspberry Pi in zentraler Stelle, damit die anderen Zentralen über kurze Strecken mit LAN-Kabeln vernetzt werden können.

Die Webcam ist so platziert, damit der grosse Wohnbereich mitsamt Küche überwacht werden kann und somit ein potentieller Einbrecher aufgenommen werden kann. Der Fenster Kontaktsensor wird im Zimmer angebracht und der Bewegungsmelder zwischen Küche und Wohnzimmer, um einen möglichst grosse Fläche abzudecken. Die Philips Hue Lampen befinden sich im Schlaf- und Wohnzimmer, um die ganze Wohnung zu beleuchten.

Die Türen und das Fenster im Wohnzimmer werden nicht mit Kontaktsensoren ausgestattet, da dieser Bereich durch den Bewegungsmelder erfasst wird.



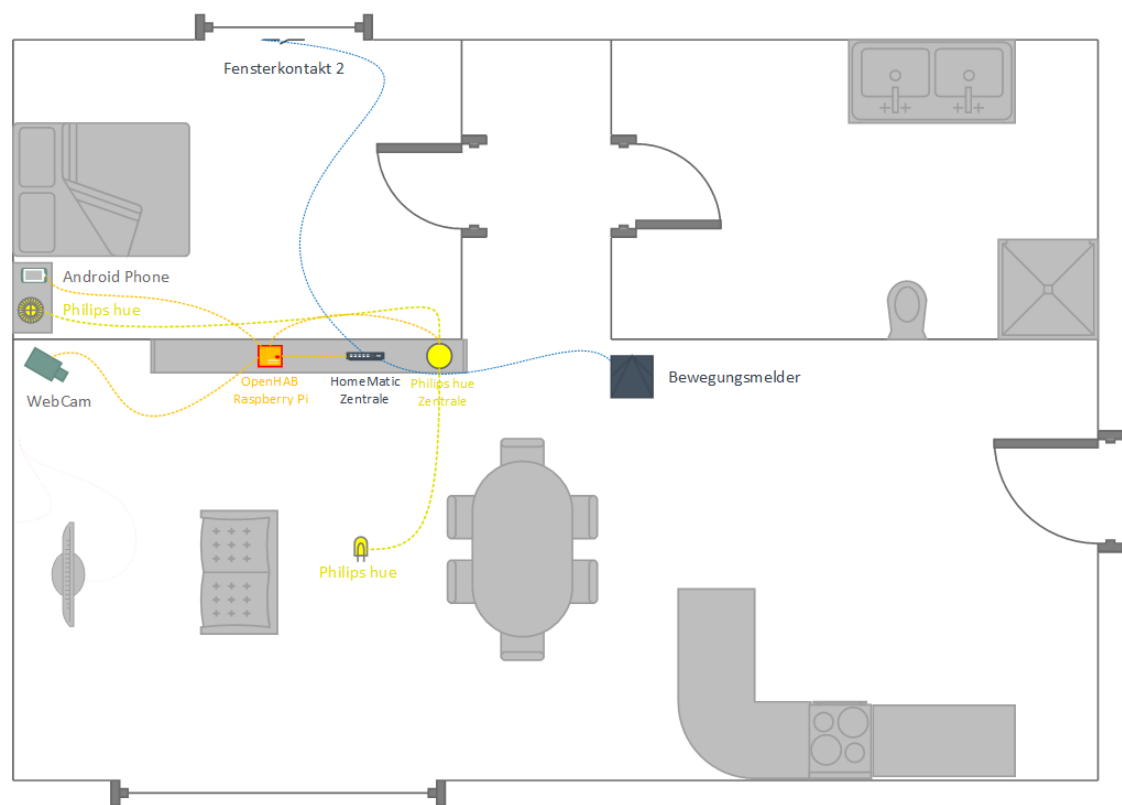


Abbildung 4.: Hausplan

Philips Hue und HomeMatic besitzen beide eine Zentrale, über die kommunizieren sie mit Ihren Gadgets. Die Zentralen werden über LAN (RJ45) an das Raspberry Pi angeschlossen.

<td>



Abbildung 5.: Vernetzung der Komponenten

### 3.5.1. Beispiel Use Case

Im System kann verfügt über zwei Alarm-Modi: Scharf und Inaktiv. Wenn der Alarm scharf ist und der HomeMatic Bewegungsmelder oder der Fensterkontakt eine Veränderung registriert, dann sollen die Philips Hue Lampen eingeschaltet werden. Zeitgleich werden Aufnahmen der Webcam an die Cloud gesendet. Die Cloud schickt eine Push-Notification an das Android um den Benutzer über den ausgelösten Alarm zu informieren. Das folgende Sequenzdiagramm veranschaulicht den Use Case:



Abbildung 6.: Sequenzdiagramm Alarm

### 3.6. Android App

Als User Interface für unser System dient eine Android App. Zwar existieren bereits verschiedene openHAB Clients, sowohl als Web-App als auch als Android App, jedoch sind diese zu generisch. Man könnte argumentieren, dass es doch gut ist, wenn die App universell einsetzbar ist und oft hätte man damit recht. In unserem speziellen Szenario «Einbruchschutz» müssten wir aber zu viele Kompromisse eingehen. Deshalb haben wir uns dazu entschieden, die Android App selbst zu programmieren.

Jede openHAB Installation bietet eine offene REST-Schnittstelle an, damit auch Clients von Drittanbietern auf Items und Sitemaps zugreifen können. Der openHAB Server ermöglicht sowohl das explizite Abfragen der Daten, als auch den umgekehrten Weg um Clients proaktiv über Änderungen zu informieren.

#### 3.6.1. Features

Die Features unserer App orientieren sich an den funktionalen Anforderungen zum Lösungsteil. Insbesondere sind dies:

- Übersichtsseite für den Status des Hauses
- Überwachung der Fenster
- Funktion zum Ein- und Ausschalten der Lampen

- Scharfstellen oder Deaktivieren des Alarm-Modus via NFC
- Ansicht der Überwachungskamera
- Status des Bewegungsmelders abfragen



Abbildung 7.: In dieser Ansicht soll der Benutzer möglichst auf einen Blick alle relevanten Informationen zum Sicherheitszustand seines Zuhauses erhalten. Von hier aus gelangt man zu den Bereichen «Fenster», «Licht» und «Überwachung». Für alle Bereiche wird eine kleine Zusammenfassung zum Status angezeigt.



Abbildung 8.: Dieser Bereich zeigt alle Fenster, die mit einem Kontaktsensor ausgerüstet sind.

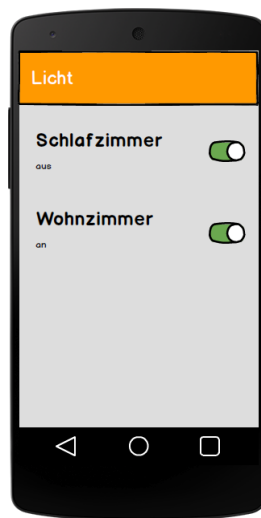


Abbildung 9.: Auf dieser Seite sind alle Lampen aufgelistet, die in openHAB integriert wurden. Mit einem Switch können diese ein- oder ausgeschaltet werden.



Abbildung 10.: Diese Ansicht enthält einen Schalter zum Scharfstellen oder deaktivieren des Alarm-Modus, den Status des Bewegungsmelders und das Bild der Überwachungskamera



Abbildung 11.: Wenn das Smartphone auf einen vorkonfigurierten NFC Tag gelegt wird erscheint diese Ansicht und der Alarm-Modus wird gewischt.

### 3.6.2. Architektur

Die Architektur von Android Apps sieht meistens relativ ähnlich aus. Sie bestehen aus einem Manifest-File, Activities, BroadcastReceiver, ContentProvider und Services. In unserer App benötigen wir alle diese Komponenten, mit Ausnahme eines ContentProvider.

#### Manifest-File

In diesem XML-File werden die Rahmenbedingungen der App festgehalten. Beispielsweise welche Berechtigungen die App benötigt, welche Activities und Services sie anbietet oder verwendet.

#### Activities

Alle Ansichtsseiten einer Android App werden mit Hilfe von Activities umgesetzt und erben von der Klasse Activity. Eine Activity besitzt ein zugehöriges Layout (in Form eines XML-Files) und ermöglicht die Manipulation der Layoutelemente. Dazu gehört auch das Verarbeiten von Events, die von Layoutelementen gesendet wurden. Jede Ansichtsseite hat also in der Regel seine eigene Activity, die an einen Lebenszyklus gebunden ist. Das Android OS ruft bei jeder Phase des Lebenszyklus (onCreate, onResume, onPause, onDestroy etc.) die jeweilige Methode der Activity auf. Diese Methoden müssen in den eigenen Activity Subklassen überschrieben und korrekt implementiert werden. Gestartet werden Activities nicht durch Instanziierung mit dem new-Keyword, sondern über einen Intent. Für Activities der selben App kann einfach die Klassenreferenz (Activity.class) beim Intent übergeben werden und Android übernimmt die Instanziierung. Im Manifest-File kann eine App seine Activities einzeln nach aussen anbieten, z.B. eine Activity zum Aufnehmen eines Fotos. Andere Apps können mit einem allgemein formulierten Intent diese Activity starten. Sollte es mehrere Apps geben, die Activities zur Fotoaufnahme anbieten, kann der Benutzer eine App aus der Liste auswählen und als Standard speichern. Aus diesem Grund können einer Activity keine Konstruktorargumente und dadurch auch keine Referenzen auf Model-Objekte oder ähnliches übergeben werden. Alle Parameter sind serialisierte Objekte (meist Strings), die in einer Key/Value Datenstruktur über den Intent zugreifbar sind. Oft möchte man aber in mehreren Activities auf die gleichen Domainmodell-Objekte zugreifen können. Zur Lösung des Problems kann man Dependency Injection Frameworks einsetzen, die so konfiguriert werden, dass die entsprechenden Objekte automatisch den annotierten Instanzvariablen zugewiesen werden. Das lohnt sich aber nur für grössere Apps, da ein gewisser Initialaufwand damit verbunden ist.

Ansonsten bleibt nur die Verwendung von Singletons bzw. statischen Methoden übrig. Streng genommen benutzen auch Dependency Injection Frameworks diese Variante.

### **BroadcastReceiver**

Werden benötigt um auf Ereignisse von Android oder von anderen Apps zu reagieren. Sie sind Teil der App und werden im Manifest-File deklariert. Die Implementierung erfolgt durch Erben der Klasse BroadcastReceiver. Wir verwenden in unserer App einen BroadcastReceiver um Push-Notifications empfangen zu können.

### **Services**

Sind Android-Klassen zum Ausführen von Code im Hintergrund, ohne dass eine Activity für den Benutzer sichtbar ist. Wir verwenden einen Service, um die Push-Notification, die vom BroadcastReceiver empfangen wurde, zu verarbeiten. Nicht zu verwechseln sind diese (Android-)Services mit den Service-Klassen im Schichtenmodell auf dem Business-Logic-Layer als allgemeines Programmierkonzept. Es können auch eigene Service-Klassen zum kapseln von Businesslogik verwendet werden, die nichts mit den Android-Services zu tun haben.

**openHAB SDK** In unserer Android App verwenden wir die REST API von openHAB. Dazu braucht es eigene Service-Klassen zum Ausführen der REST Calls und zum Mappen der JSON Responses in Domain-Objekte (Sitemaps, Pages, Widgets, Items). Ebenso braucht es eine Schnittstelle zum persistenten Speichern von Verbindungsinformationen. Als wir die Android App planten, wären wir sehr froh gewesen, wenn es ein openHAB SDK für Android gäbe, das all diese Aufgaben schon für uns übernehmen würde. Dann müssten wir nur noch Activities mit entsprechenden Layouts entwickeln und uns wäre ein Grossteil des Aufwands erspart geblieben. Die offizielle Android App von openHAB ist zwar Open Source, jedoch derart schlecht aufgebaut, dass nichts davon wiederzuverwenden war. Deshalb möchten wir während der Entwicklung unserer App gleich selbst solch ein SDK aufbauen. Aus Zeitgründen werden wir uns aber auf diejenigen Funktionen beschränken, die wir tatsächlich benötigen. Die Architektur der App teilt sich deshalb auf in einen Teil SDK und einen Teil App (siehe Abbildung 12).



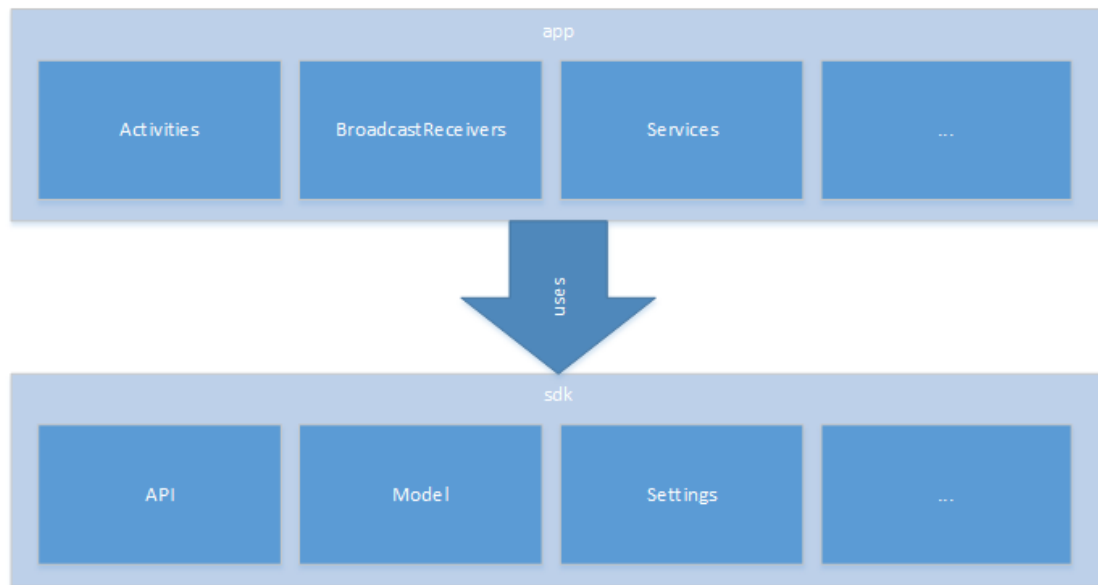


Abbildung 12.: Aufteilung SDK und APP

### 3.7. Anbindung Cloud

In den funktionalen Anforderungen zum Basisszenario wurde festgelegt, dass Geschehnisse auf dem lokalen Bus (openHAB) an die Cloud gesendet werden müssen. Als Cloud-Plattform wurde Microsoft Azure bereits zu Beginn der Arbeit definiert. Damit die Daten von openHAB in die Cloud gelangen gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten: Entweder man entwickelt selbst ein Plugin für openHAB oder man verwendet das openHAB MQTT Persistence Plugin. MQTT ist ein Publish/Subscribe Protokoll und besonders gut für IOT Systeme mit langsamer oder instabiler Internetverbindung geeignet. Wir haben uns für die Variante mit MQTT entschieden. OpenHAB fungiert als MQTT-Client und kann so konfiguriert werden, dass Events auf dem Bus automatisch an einen MQTT-Broker gesendet werden, der von uns auf Microsoft Azure installiert wurde. Um die Daten zu verarbeiten muss ein MQTT-Client auf Microsoft Azure laufen und die Nachrichten vom Broker entgegennehmen. Danach steht uns frei, wie die Daten verarbeitet werden. Details zur Implementierung und technische Beschreibungen sind im Kapitel «Umsetzung» dieser Dokumentation zu finden.

### 3.7.1. MQTT Broker Evaluation

Für die Evaluation des Brokers haben wir eine List mit unseren Anforderungen erstellt:

1. Open Source/Freeware
2. SSL TLS Verschlüsselung
3. Benutzername & Passwort Authentifizierung
4. High throughput, Low latency
5. Cloud Ready
6. Einfache Installation
7. Qualit of Service Level: Exactly once
8. Last Will unterstützung (Message, die gesendet wird, wenn der Client die Verbindung schliesst)

#### **HiveMQ (<http://www.hivemq.com>)**

HiveMQ ist ein proprietärer MQTT-Broker und erfüllt alle unsere Kriterien bis auf das erste Kriterium. Jeder Gebrauch des Brokers muss bezahlt werden, siehe: <http://www.hivemq.com/pricing/>.

#### **Mosquitto (<http://eclipse.org/mosquitto/>)**

Mosquitto ist ein Open Source Broker, dessen Projekt von Roger Light im Jahr 2010 auf die Beine gestellt wurde. Seit der Version 1.4 läuft das Projekt unter der Eclipse Foundation.

Die aktuelle Implementation benötigt lediglich 120kB Speicherplatz und 3MB RAM bei 1000 verbundenen Clients. Ein Belastungstest von 100'000 Clients erzielte erfolgreiche und zufriedenstellende Resultate. Alle anderen Kriterien werden ebenfalls erfüllt.

#### **CloudMQTT**

CloudMQTT unterscheidet sich von den anderen Brokern, da dieser nicht selbst betrieben werden kann. Das bedeutet, man erstellt bei CloudMQTT eine Instanz und kann denn neu erstellten Broke über verschiedene APIs ansteuern.

Der Anbieter stellt verschiedene Preispläne zur Verfügung (<http://www.cloudmqtt.com/plans.html>). Ab 10 Verbindungen bzw. 10Kbit/s Bandbreite muss für die Leistung bezahlt werden.

Ob TLS SSL Verschlüsselung unterstützt wird, ist in der spärlichen Dokumentation nicht ersichtlich.

## **Fazit**

Aufgrund der gesammelten Daten der drei Produkte wurde entschieden, Mosquitto einzusetzen. Es ist das einzige Produkt, welches alle unsere Kriterien erfüllt. Da dieses Projekt durch die Eclipse Foundation unterstützt wird, besteht die Hoffnung, dass die Zusammenarbeit mit openHAB unterstützt bzw. miteinbezogen wurde.

### **3.7.2. Client-Library**

In unserem Systemaufbau wird es zwei MQTT-Clients geben. Einerseits durch das openHAB-Binding, da die Events auf dem EventBus über MQTT in die Azure Cloud gesendet werden soll. Andererseits wird in der Cloud eine Worker Role diese Events konsumieren und persistieren.

Das Binding von openHAB besteht bereits, daher muss nur noch eine Client-Implementation für C# gesucht werden. Nach kurzer Recherche scheint die «M2Mqtt» Library sehr verbreitet zu sein.

Durch aufsetzen eines Prototyps konnte die benötigte Funktionalität erfasst werden. Sie erfüllt alle Kriterien, die auch an den Broker gestellt wurden.

### **3.8. Push-Notifications**

Damit ein Sicherheitssystem Sinn macht, muss der Besitzer benachrichtigt werden, sobald sich ein Zustand der Sensoren ändert. Genauer gesagt soll der Benutzer informiert werden, wenn der Bewegungsmelder oder der Fensterkontakt im Alarm-Modus eine Veränderung registriert. Ansonsten müsste der Benutzer permanent die Status im Android-App überwachen. Für die Umsetzung bietet sich der Google Cloud Message Dienst (GCM) an, der auch von Microsoft empfohlen wird. Da nur die Android-Plattform unterstützt werden muss, wird auf den Einsatz des Azure Notification Hubs verzichtet und die direkte Verbindung zum GCM-Dienst gesucht. Erfahren Sie im entsprechenden Kapitel des Umsetzungsteil auf Seite 59, wie die Notification Funktion cloud- und androidseitig umgesetzt wurde.

### **3.9. Sicherheit**

In unserem Szenario, Einbruchschutz, ist das Thema Sicherheit sehr wichtig. Daher lohnt es sich dazu Gedanken zu machen. Man kann das System grob in drei Bereiche einteilen, an denen ein Angriff angesetzt werden kann:

- Cloud
- Android App
- Systemaufbau mit Sensoren/Aktoren
- Kommunikation der HomeMatic Komponenten

### **3.9.1. Cloud**

Die Angriffsfläche in der Cloud ist ziemlich eingeschränkt. Sicherheitsrelevante Aspekte sind der Broker und die persistierten Daten im Storage. Zugriff auf diese Ressourcen erhält man über verschiedene Wege. Einerseits über das Management Web-Interface von Microsoft Azure oder über ein Connection-String. Durch die Verwendung eines Connection Strings für den Verbindungsaufbau zum Storage kein Benutzername bzw. Passwort mitgegeben werden.

Zugriff auf diese Ressourcen haben nur autorisierte Personen die ein entsprechendes Microsoft Konto besitzen und auf die Subscription zugelassen werden. Eine vernünftige Attack kann daher nur durch das Hijacken eines Accounts gefahren werden. Als Gegenmassnahme müssen ausreichend sichere Passwörter auf den persönlichen Konten gesetzt werden. Das liegt in der Verantwortung der einzelnen Personen, die auf diese Subscription Zugriff besitzen.

Auf den Storage kann ausser der Management-Oberfläche auch über ein Connection-String zugegriffen werden. Dieser String kann nur über die Management-Oberfläche eingesehen werden und ist daher sicher versteckt. Weiter könnte der Connection String aus dem Source-Code der Worker Role gelesen werden, da er dort für den Verbindungsaufbau zum Storage verwendet wird. Diese Worker Role und deren Source-Code befindet sich innerhalb der Cloud und ist somit auch gegen ein Eindringen gesichert.

### **3.9.2. Android App**

Über das Android App kann das ganze System manipuliert werden. Daher stellt dies ein grosses Sicherheits-Risiko dar. Gesichert wird das App durch Eingabe von Benutzerdaten, um auf die RESTful-API des openHAB zuzugreifen.

Auch hier wird die Person, die das App verwendet zur Verantwortung gezogen, um das Smartphone durch ein sicheres Passwort zu schützen.

### **3.9.3. Systemaufbau mit Sensoren/Aktoren**

Wenn sich die angreifende Person bereits im Haus befindet, hat sie die entsprechenden Alarme bereits ausgelöst und wurde durch die Webcam aufgenommen.

Für dieses Szenario ist das grösste Risiko, dass die Person die Videoüberwachung bemerkt und aus diesem Grund das Raspberry Pi zerstört bzw. mitnimmt. Um die aufgezeichneten Daten zu sichern, werden die von der Kamera erzeugten Bilder über MQTT im Cloud-Storage abgelegt. Auch wenn das Raspberry Pi zerstört wird, sind die Bilder nun gesichert und können im Nachhinein vom Storage heruntergeladen werden.

### **3.9.4. HomeMatic Kommunikation**

Da die HomeMatic Komponenten untereinander drahtlos kommunizieren besteht hier ebenfalls die Gefahr einer Attacke. HomeMatic setzt für die Übertragung auf den Funkstandard BidCos. Dieser Standard sieht vor, dass das 868 MHz Band verwendet wird. Im Vergleich zu 2.4 GHz besitzt man so eine grössere Reichweite und die Gefahr von Interferenz durch andere Funkgeräte ist sehr minim.

Bezüglich Sicherheit sieht der Standard lediglich vor, die übertragenen Daten durch XOR-Operationen unleserlich zu machen. HomeMatic hat daher bei der Implementierung dieses Standards die Verschlüsselung durch AES-128 verstärkt. Der zur Verschlüsselung verwendete Key ist in der Zentrale hinterlegt und kann bei Bedarf geändert werden.

### **3.9.5. Fazit**

Wie aus den Ausführungen zur Sicherheit ersichtlich ist, können alle technischen Sicherheitsrisiken abgedeckt werden. Die grösste Schwachstelle ist jeweils der Mensch, der durch Social-Engineering-Techniken manipuliert werden kann und so Zugriff auf das Android App gewährt.

## 4. Umsetzung

### 4.1. Technologie und Plattform

In der Problembeschreibung zu dieser Arbeit wurden die Anforderungen an eine SmartHome Lösung diskutiert. In der anschliessenden Marktanalyse wurde openHAB als Grundlage zur Umsetzung unseres Projekts evaluiert. OpenHAB erfüllt die geforderten Kriterien, wie Herstellerunabhängigkeit, Installierbarkeit und Flexibilität. Cloudseitig wird MS Azure Cloud zur Persistierung von Events verwendet.

### 4.2. openHAB Konfiguration

Items, Rules, Sitemaps und Persistence Strategies werden in openHAB in einer eigens dafür entwickelten DSL beschrieben. Für alle diese Bereiche werden Konfigurationsdateien im entsprechenden Unterverzeichnis des openHAB Konfigurationsordner abgelegt. Änderungen an den Konfigurationsdateien werden von openHAB zur Laufzeit sofort erkannt und berücksichtigt. Nebst den genannten Bereichen existiert noch eine globale Konfigurationsdatei um beispielsweise IP-Adressen für Bindings einzutragen. Folgende Dateien sind für diese Arbeit relevant:

- /configurations/\*.cfg
- /configurations/items/\*.items
- /configurations/rules/\*.rules
- /configurations/sitemaps/\*.sitemap
- /configurations/persistence/\*.persist
- /configurations/transform/\*.map

Anhand diesen Konfigurationen werden die User Cases modelliert.

#### 4.2.1. Konfiguration Überwachungskamera

Für die Überwachungskamera existiert kein entsprechendes Item. Stattdessen wird in der Sitemap ein Image-Element angezeigt, dessen URL auf das HTTP Snapshot Interface der Netzwerkkamera verweist.

Das Bild wird dank dem Attribut `visibility` immer dann angezeigt, wenn das Item

`Alarm_activated` den Wert `ON` hat. Das `refresh` Interval bewirkt einen Reload des Bildes alle 200 Millisekunden.

```
1 [...]
2 Image url="http://192.168.1.15/snapshot.jpg" refresh=200
3 visibility=[Alarm_activated==ON]
4 [...]
```

Listing 1: demo.sitemap - Webcam Bild

#### 4.2.2. Konfiguration Kontaktsensor

Der Kontaktsensor ist ein Use Case der in openHAB sehr oft vorkommt. Deshalb existiert ein Item Type «Contact» mit den beiden möglichen Werten `OPEN` und `CLOSED`. Das Homematic Binding liefert aber die Werte `true` oder `false` und kann deshalb nicht an ein Contact Item gebunden werden. Als Alternative haben wir ein String Item verwendet und mit Hilfe einer Transformation-Map `false` mit «geschlossen» und `true` mit «offen» übersetzt. Das Icon `<contact>` kann trotzdem noch verwendet werden. Allerdings wird nun nicht mehr automatisch das Icon für das offene bzw. geschlossene Fenster angezeigt, da openHAB den Basisnamen des Icons mit dem State konkateniert. Wir haben dementsprechend die Icons kopiert und ein File `contact-false.png` und `contact-true.png` im Ressourcen-Ordner hinterlegt.

Auf der letzten Zeile werden die Bindingparameter für Homematic angegeben. `address=LEQ1469091` bezieht sich auf die Seriennummer des Kontaktsensors und `parameter=STATE` gibt an, welche Eigenschaft gebunden werden soll. `channel=1` ist ein Defaultwert.

```
1 [...]
2 String Window_Bedroom "Schlafzimmerfenster [MAP(window.map):%s]"
3 <contact> (OV_Windows, Windows)
4 {homematic="address=LEQ1469091,channel=1,parameter=STATE"}
5 [...]
```

Listing 2: demo.items - Kontaktsensor

In der Sitemap wird das Item in einem Text-Element referenziert. Weitere Attribute sind nicht notwendig.

```
1 [...]
2 Text item=Window_Bedroom
3 [...]
```

Listing 3: demo.sitemap - Kontaktsensor

#### 4.2.3. Konfiguration Bewegungsmelder

Der Bewegungsmelder ist ebenfalls von Homematic und wird in den Bindingparametern gleich referenziert wie beim Kontaktsensor. Der Bindingparameter `MOTION` erhält einen booleschen Wert und muss mit Hilfe der Map `motion.map` in einen benutzerfreundlichen String transformiert werden. Der Parameter `ERROR` dient dem Sabotageschutz.

Leider muss bei Homematic jeder Parameter einem eigenen Item zugeordnet werden. Deshalb haben wir ein drittes String-Item `Motion_Summary` definiert, indem die Werte der beiden anderen Items zusammengefasst werden.

```
1 [...]
2 String Motion_Livingroom "Bewegungsmelder [MAP(motion.map):%s]"
3 {homematic="address=LEQ0797607, channel=1, parameter=MOTION"}
4
5 String Motion_Livingroom_Sabotage "Sabotage"
6 {homematic="address=LEQ0797607, channel=1, parameter=ERROR"}
7
8 String Motion_Summary "Bewegungsmelder [%s]"
9 [...]
```

Listing 4: demo.items - Bewegungsmelder Items

Die Ermittlung und Zuweisung des korrekten Wertes an das Item `Motion_Summary` geschieht mit Hilfe der Rule `Motion Aggregator`, die im nächsten Abschnitt erklärt wird.



#### 4.2.4. Rules

Wie im Lösungskonzept beschrieben, werden Rules zur Automatisierung von Aktionen eingesetzt. Die Regeln können im File `/etc/openhab/configurations/rules/demo.rules` definiert werden.

##### Alarm

In der Grafik 13 wird der Ablauf der Alarm-Regel gezeigt. Im Wesentlichen geht es darum, beim Erkennen von Bewegung und offenem Fenster das Licht einzuschalten und die aufgenommenen Bilder der Webcam zu speichern. Dies soll jedoch nur geschehen, wenn der Alarm eingeschaltet ist.

##### Alarm

Bei Update: Bewegung erkannt || Alarm\_active || Sabotage erkannt || Fenster offen

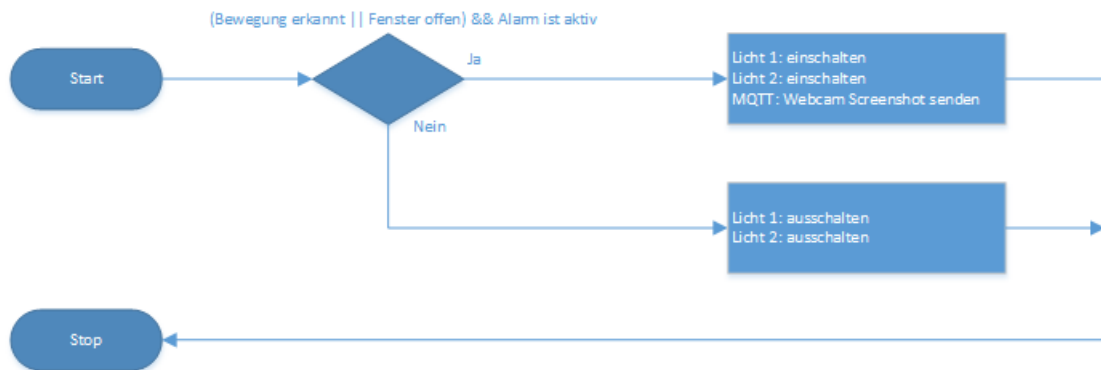


Abbildung 13.: Flowchart Alarm Rule

Umgesetzt wird diese Flowchart durch folgenden Code. Diese Rules sind in der von openHAB selbst definierten DSL (Domain Specific Language) geschrieben.

```
1 rule "Alarm"
2   when Item Motion_Livingroom received update or
3       Item Motion_Livingroom_Sabotage received update or
4       Item Window_Bedroom received update
5   then
6     if(Motion_Livingroom.state == "true" ||
7        Window_Bedroom.state == "true") {
```

```

8      sendCommand(Hue_1, ON)
9      sendCommand(Hue_2, ON)
10     sendMqttFile("openhab/blob",
11                  "http://192.168.1.15/snapshot.jpg")
12 } else {
13     sendCommand(Hue_1, OFF)
14     sendCommand(Hue_2, OFF)
15 }
16 end

```

Listing 5: demo.rules - Rule «Motion Aggregator»

### Bewegungsmelder Aggregation

Diese Regel definiert die verschiedenen Status, die der Bewegungsmelder haben kann. Durch diese Regel wird der aktuelle Status ermittelt und für das Item `Motion_Summary` gesetzt.

Da der Bewegungsmelder Bewegungen und Sabotage erkennen kann (wenn die Halterung entfernt wird), ergeben sich vier mögliche Zustände: «Ruhig», «Bewegung erkannt», «Bewegung und Sabotage erkannt» und «Sabotage erkannt».

In der Abbildung 14 wird der Ablauf illustriert.

### Aggregation Bewegung

Bei Update: Bewegung oder Sabotage erkannt

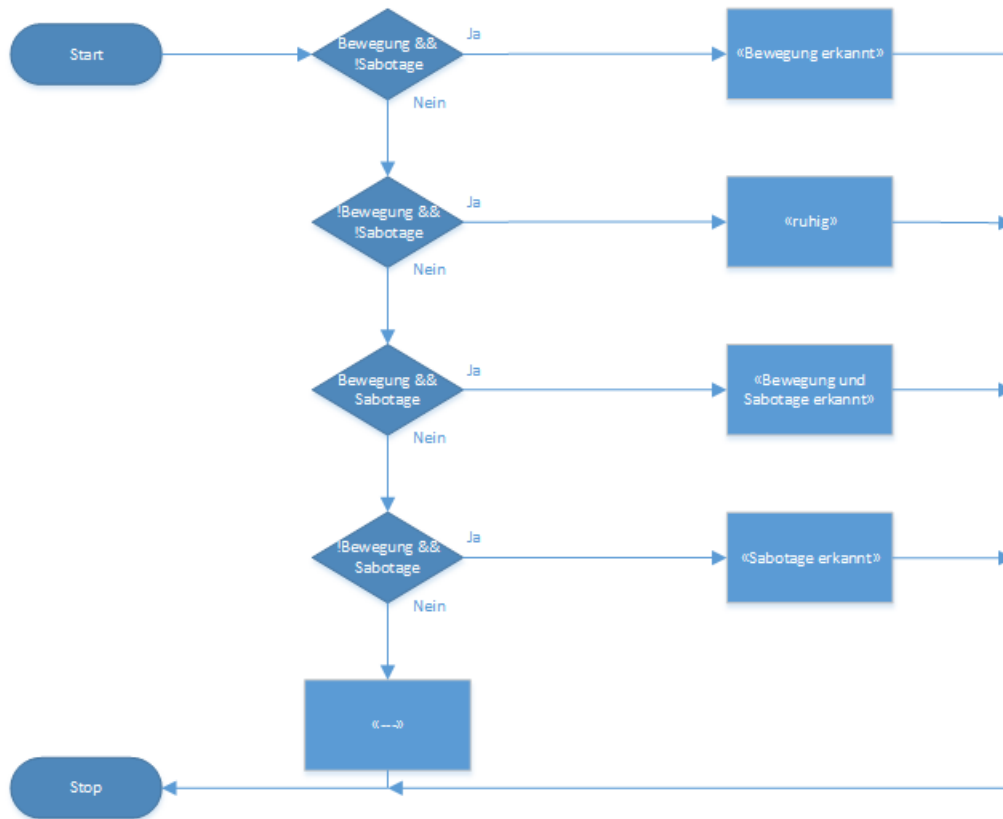


Abbildung 14.: Flowchart Motion Aggregator Rule

Nachfolgend ist die Definition der Regel in der openHAB DSL beschrieben. Falls keiner der vier möglichen Zustände zutrifft, was nur in einem Fehlerfall möglich ist, wird «—» im Item Motion\_Summary angezeigt.

```
1 rule "Motion Aggregator"
2   when Item Motion_Livingroom received update or
3       Item Motion_Livingroom_Sabotage received update
4   then
5     if(Motion_Livingroom.state == "true" &&
6        Motion_Livingroom_Sabotage.state == "NO_ERROR") {
7       postUpdate(Motion_Summary, "Bewegung erkannt")
8     } else if(Motion_Livingroom.state == "false" &&
```

```
9         Motion_Livingroom_Sabotage.state == "NO_ERROR") {
10     postUpdate(Motion_Summary, "ruhig")
11 } else if(Motion_Livingroom.state == "true" &&
12     Motion_Livingroom_Sabotage.state == "SABOTAGE") {
13     postUpdate(Motion_Summary, "Bewegung und Sabotage!")
14 } else if(Motion_Livingroom.state == "false" &&
15     Motion_Livingroom_Sabotage.state == "SABOTAGE") {
16     postUpdate(Motion_Summary, "Sabotage")
17 } else {
18     postUpdate(Motion_Summary, "---")
19 }
20 end
```

Listing 6: demo.rules - Rule «Motion Aggregator»

## 4.3. Deploymentübersicht

### 4.3.1. Binding Azure

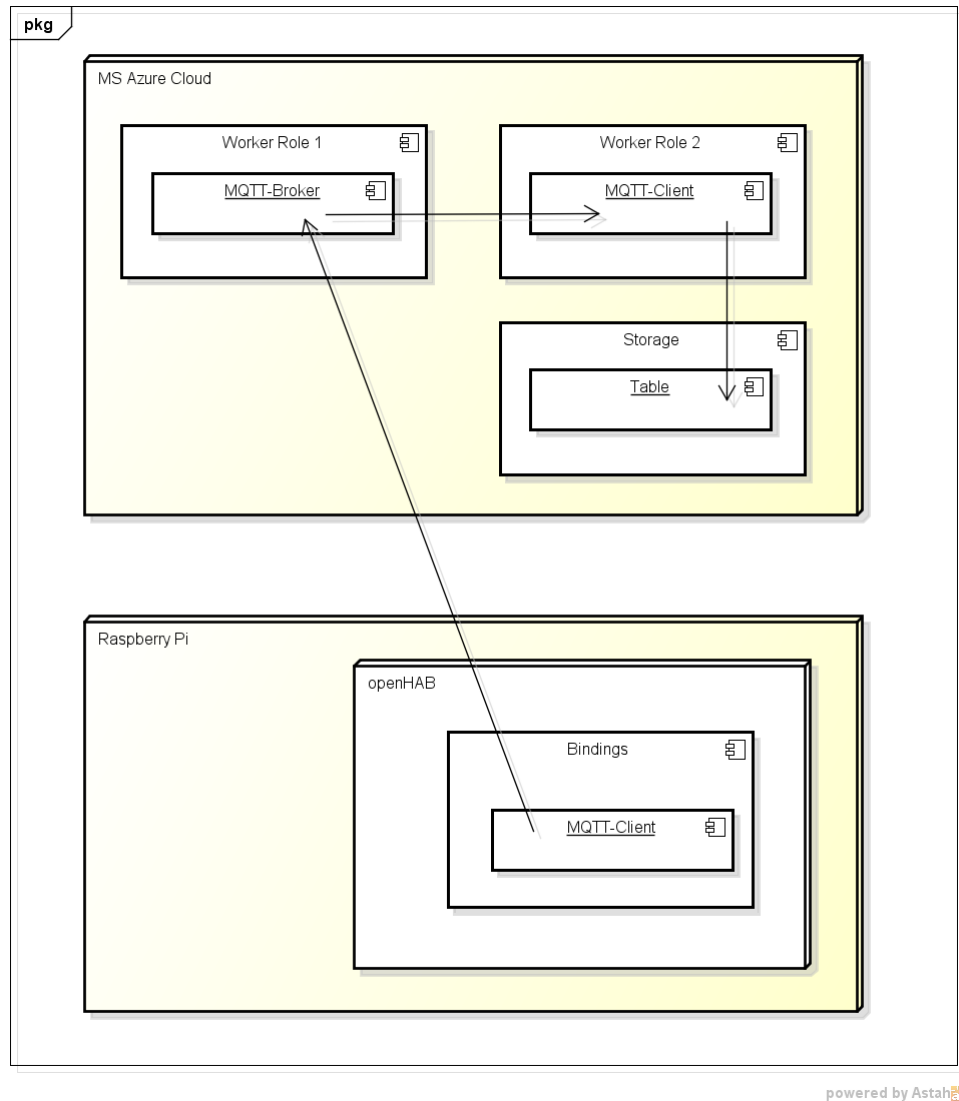


Abbildung 15.: Binding Azure Cloud

## 4.4. MQTT

MQTT steht für «Message Queue Telemetry Transport» und ist ein Nachrichten-Protokoll, das speziell für IOT-Anwendungen konzipiert wurde. Es setzt auf dem TCP/IP Stack

auf und wird für den Nachrichtenaustausch zwischen verschiedenen, verteilten Maschinen verwendet.

Das Protokoll wurde speziell für Systeme designt, die über wenig Speicherplatz und kleiner Netzwerk-Bandbreite verfügen, was bei IOT-Anwendungen meist der Fall ist.

#### 4.4.1. Funktionsweise

MQTT folgt dem Prinzip «Publish/Subscribe», sprich Clients können bestimmte Topics abonnieren. Wenn Messages auf dieses Topic gesendet werden, leitet der Broker diese an alle interessierten Clients weiter.

In Bezug auf erstellen von Topics agiert der Broker passiv. Das bedeutet, Clients können sich auf beliebigen, selber definierte, Topics registrieren. Wenn aber niemand auf dieses Topic publiziert, wird der Client nie eine Message erhalten.

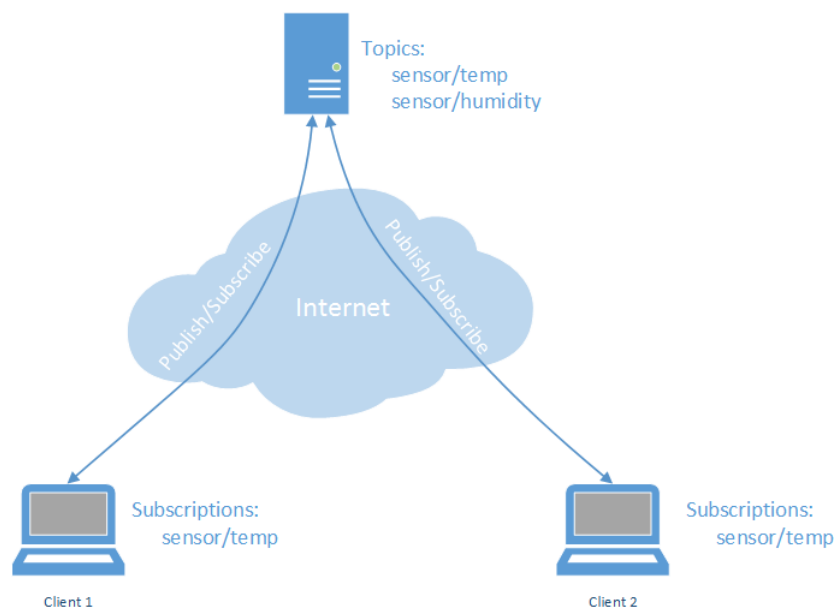


Abbildung 16.: Funktionsweise MQTT

#### 4.4.2. Broker

##### Zertifizierungsstelle/Server-Zertifikat

Da die MQTT-Verbindung verschlüsselt werden soll, müssen verschiedene Zertifikate erstellt werden. Das erstellte Server-Zertifikat muss von einer CA (Certification Authority)

signiert werden. Da ein gültiges Zertifikat nicht entgeltlich erworben werden möchte, wird eine eigene Zertifizierungsstelle erstellt. OpenSSL bringt da alle nötigen Mittel für die Erzeugung eines CAs mit. Dies bringt den Nachteil mit, dass Computersysteme diesem Zertifikat nicht automatisch trauen, daher muss dann das Zertifikat von Hand dem Certificate Store als «Trusted Root Certification Authority» hinzugefügt werden.

Nachdem die Zertifizierungsstelle erfolgreich generiert wurde, kann das Server Zertifikat erstellt werden. Anschliessend muss dieses Server Zertifikat von der eben erstellten Zertifizierungsstelle signiert werden.

Da sowohl die Zertifizierungsstelle, als auch das Server-Zertifikat auf dem gleichen Computer erstellt werden, muss darauf geachtet werden, dass bei der Erzeugung unterschiedliche Parameter gesetzt werden. Die betroffenen Parameter sind zum Beispiel «Locality Name», «Organizational Name», «Organizational Unit» etc. Falls hier dieselben Werte eingetragen werden, schlägt die Signierung des Serverzertifikates fehl.

Weiter muss beachtet werden, dass im Server-Zertifikat der «Common Name» dem FQDN (Fully Qualified Domain Name) des Servers entspricht, auf dem der MQTT-Broker laufen soll. Wird hier beispielsweise nur der Hostname eingetragen, schlägt die Überprüfung des Zertifikates fehl, da sich der CN vom FQDN des Servers unterscheidet.

### **Installation und Konfiguration des Brokers**

Wie bereits im Lösungskonzept erarbeitet, wird als MQTT-Broker «Mosquitto» eingesetzt. Der Broker kann als Binary installiert und über die Commandline gestartet werden. Nach der Standard-Installation muss der Broker Konfiguriert werden. Dazu wird das File «mosquitto.conf» bearbeitet.

Folgende Parameter müssen editiert werden:

<b>Parameter</b>	<b>Erklärung</b>
bind_address	
mqttbrokerba.cloudapp.net	IP-Adresse, an den der Default-Listener gebunden wird.

port 8883	Port, auf den der Default-Listener hören soll. Wenn er nicht speziell definiert wird, hört der Listener per Default auf den Port 1883. Da aber mit TLS verschlüsselt wird, muss dieser von Hand auf den dafür vorgesehenen Port 8883 gesetzt werden.
cafile	
C:\OpenSSL-Win64\bin\m2mqtt_ca.crt	Hier wird der Pfad eingetragen für das zuvor erstellte CA-Zertifikat.
certfile	
C:\OpenSSL-Win64\bin\m2mqtt_srv.crt\path	Hier wird der Pfad für das PEM-Encodete Server Zertifikat eingetragen.
keyfile	
C:\OpenSSL-Win64\bin\m2mqtt_srv.key\path	Hier wird der Pfad für das PEM-Encodete Keyfile eingetragen.
tls_version tlsv1	Diese Option definiert die zu verwendende TLS-Version. Für Openssl (Version 1.0.2) wird tlsv1 verwendet.
password_file	
C:\ProgramFiles(x86)\mosquitto\passwords	Das Passwords-File beinhaltet die definierten Benutzernamen und Passwörter, um sich am Broker anzumelden. Durch setzen dieses Pfades wird dies automatisch vom Broker berücksichtigt.

Um den Broker zu starten, muss in der Konsole (cmd.exe) in das Installationsverzeichnis (C:\ProgramFiles(x86)\mosquitto\) navigiert werden. Dort kann der Broker mit der angepassten Konfiguration gestartet werden. Damit in der Konsole Feedback gezeigt wird, wird der Broker im «Verbose-Modus» gestartet:



```
mosquitto -c mosquitto.conf -v
```

#### 4.4.3. openHAB MQTT Persistence (Publishing Client)

Im Lösungskonzept haben wir bereits erklärt, dass wir die Events auf dem openHAB Eventbus via MQTT an die Cloud übertragen wollen und dass es ein MQTT Plugin für openHAB gibt. Nachdem der Broker installiert wurde wollen wir nun unsere openHAB Items an den Broker senden. Dazu installieren wir das openHAB MQTT Persistence Plugin auf unserem Raspberry Pi:

```
apt-get install openhab-addon-persistence-mqtt
```

Danach müssen wir in der openHAB Konfiguration (openhab.cfg) angeben, wie wir uns auf den Broker verbinden wollen:

```
1 mqtt:mosquitto.url = ssl://mqttbrokerba.cloudapp.net:8883
2 mqtt:mosquitto.user=mosquitto
3 mqtt:mosquitto.pwd=*****
4
5 mqtt-persistence:broker=mosquitto
6 mqtt-persistence:topic=openhab/items
7 mqtt-persistence:message={
8     "name": "%1$s",
9     "state": "%3$s",
10    "date": "%4$s"
11 }
```

Listing 7: openhab.cfg - MQTT Config

Jetzt müssen wir openHAB noch beibringen, wann genau die Items an den Broker gesendet werden sollen. Das geschieht über eine Persistence-Konfiguration. Im Ordner `configuration/persistence` erstellen wir ein File namens `mqtt.persist` mit dem folgenden Inhalt:

```
1 Strategies {
2     everyMinute : "1 * * * * ?"
3     everyHour   : "0 0 * * * ?"
```

```

4      default = everyChange
5  }
6
7  Items {
8      * : strategy = everyChange, restoreOnStartup
9  }

```

Listing 8: mqtt.persist

Damit erreichen wir, dass ein Item immer dann an den Broker gesendet wird, wenn sich der Status des Items ändert. Zudem sollen bei jedem Systemstart alle Items an den Broker geschickt werden. Jetzt fungiert openHAB als ein Publisher.

#### 4.4.4. Azure Worker Role (Subscribing Client)

Wie die Abbildung 3 auf Seite 24 (Systemübersicht) zeigt, befindet sich nebst dem Broker auch ein Client, in form einer Worker Role, in der Cloud. Die Worker Role abonniert alle Topics und persistiert die Messages im Table bzw. Blob-Storage.

In der `OnStart()`-Methode der Worke Role werden zu erst die Referenzen zum Table- und Blob-Storage erzeugt.

Danach wird die Verbindung zum MQTT-Broker hergestellt, die Topics definiert, die er abonnieren möchte und der QoS-Level gesetzt.

Damit der Client benachrichtigt wird, wenn eine Message eintrifft, wird der Eventhandler `client_MqttMsgPublishReceived()` definiert. Die Methode muss die gleichen Parameter entgegennehmen, wie die Delegate-Methode. Das ist einerseits der Sender (Object) und die Event-Argumente. Damit der Eventhandler beim Eintreffen einer Message aufgerufen wird, muss dieser auf dem Event registriert werden:

```
client.MqttMsgPublishReceived += client_MqttMsgPublishReceived;
```

```

1  public override bool OnStart()
2  {
3      setupStorageConnections();
4      MqttClient client = new MqttClient(
5          "mqttbrokerba.cloudapp.net",
6          8883, true, null
7      );

```

```

8      client.MqttMsgPublishReceived += client_MqttMsgPublishReceived;
9      client.Connect(Guid.NewGuid().ToString(),
10                     "username",
11                     "password"
12                     );
13      string[] topics = { "openhab/+" };
14      byte[] qos = { MqttMsgBase.QOS_LEVEL_EXACTLY_ONCE };
15      client.Subscribe(topics, qos);
16
17      return result;
18  }

```

Listing 9: WorkerRole.cs - MQTT Topic Subscribe

Im Eventhandler wird dann schlussendlich die Logik zur Persistierung eingefügt. Wenn eine Message über das Topic «openhab/blob» empfangen wird, handelt es sich um eine Fotografie der Webcam. Dieses JPG-File wird als Byte-Array übermittelt und wird so auch im Blob-Storage abgelegt.

Bei allen anderen Messages muss es sich um Text handeln, daher werden sie im Table-Storage abgelegt.

```

1  void client_MqttMsgPublishReceived(object sender,
2                                     MqttMsgPublishEventArgs e)
3  {
4      if (e.Topic.Equals("openhab/blob"))
5      {
6          CloudBlockBlob blockBlob = container.
7              GetBlockBlobReference(Guid.NewGuid()
8                                     .ToString());
9          blockBlob.UploadFromByteArray(e.Message,
10                                       0, e.Message.Length);
11      }
12      else
13      {
14          var message = System.Text.Encoding.
15              Default.GetString(e.Message);
16          Entity entity = new Entity(message);
17          TableOperation insertOperation = TableOperation.
18              Insert(entity);

```

```

19         table.Execute(insertOperation);
20     }
21 }

```

Listing 10: WorkerRole.cs - EventHandler

### Zertifikat

Da die Verbindung durch SSL/TLS mit einem Self-signed Zertifikat verschlüsselt wird, muss dieses Zertifikat dem Certificate Store des virtuellen Hosts als «Trusted Root Certification Authority» hinzugefügt werden. Dies muss vorgenommen werden, bevor die Worker Role versucht eine Verbindung zum Broker herzustellen. Ansonsten terminiert die Worker Role mit einer Exception, da sie das Zertifikat nicht akzeptiert.

Da man zwischen Erzeugung des virtuellen Hosts und dem Start der Worker Role nicht auf die Maschine zugreifen kann, muss das zertifikat programmatisch als Startup-Skript dem Store hinzugefügt werden. Für solche Aufgaben bietet Microsoft Azure die Möglichkeit Startup Tasks zu definieren. Dies wird in der ServiceDefinition vorgenommen, durch einfügen folgender Anweisung:

```

1 <Startup>
2     <
3         Task commandLine="startup.cmd" executionContext="elevated"
4         taskType="simple"
5     />
6 </Startup>

```

Listing 11: ServiceDefinition.csdef - Startup Task

Dieser Startup Task führt das Batchfile «startup.cmd» aus, welches das Zertifikat in den Store hinzufügt. Dazu muss das Skript und auch das Zertifikat dem Visual-Studio-Projekt als Element hinzugefügt werden. Für beide Elemente muss in den Eigenschaften der Buildvorgang als «Inhalt» deklariert werden.

```

1 certutil -addstore root m2mqtt_ca.cer

```

Listing 12: startup.cmd - Zertifikat hinzufügen

Im Sequenzdiagramm der Abbildung 17 wird aufgezeigt, wie die MQTT-Nachrichten

nachdem QoS 2 versendet werden.

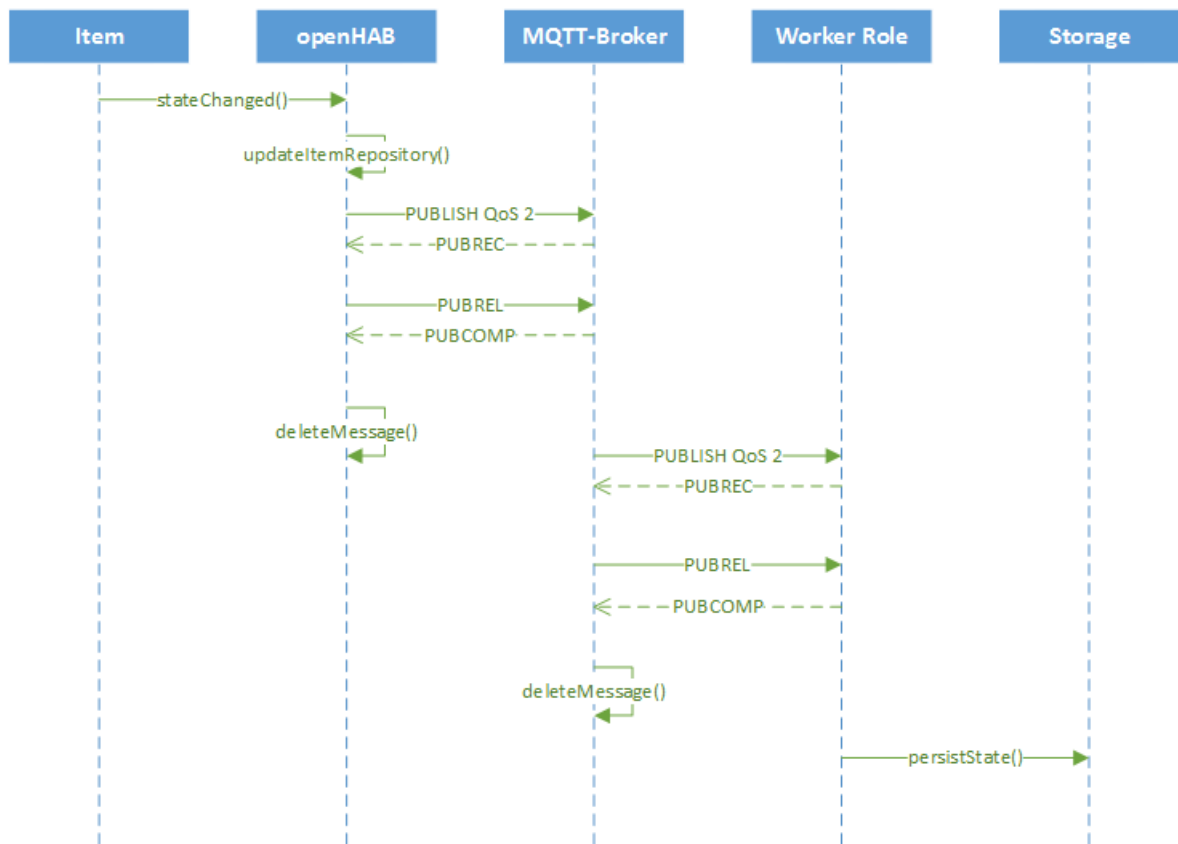


Abbildung 17.: Sequenzdiagramm MQTT

#### 4.4.5. openHAB MQTT Action

Normalerweise wird ein openHAB Item direkt via MQTT an die Cloud gesendet, sobald sich der Status des Items ändert. Da unsere Überwachungskamera aber nicht durch ein openHAB Item repräsentiert wird, kann openHAB auch nichts davon an die Cloud schicken. Trotzdem möchten wir gerne einen Snapshot der Kamera an die Cloud senden, sobald der Alarm ausgelöst wurde (siehe Abbildung 6 - Sequenzdiagramm Alarm auf Seite 27 im Lösungskonzept).

Deshalb benutzen wir eine sogenannte openHAB Action zum Senden des Snapshots an den MQTT Broker. Die Action kann in der DSL zum beschreiben der Rules ähnlich wie ein statischer Methodenaufruf verwendet werden. Natürlich gibt es diese spezielle Action noch nicht im Standardumfang von openHAB, sondern wir mussten diese in Form eines

Action-Plugins selbst programmieren.

### Programmierung der MQTT Action

Zum Entwickeln von openHAB Plugins muss eine entsprechende Eclipse Umgebung eingerichtet werden. Dies sollte sich noch als der schwierigste Teil davon herausstellen. Eine Anleitung dazu findet man unter <https://github.com/openhab/openhab/wiki/IDE-Setup>. Bei uns hat nur die Variante mit «yoxos» funktioniert. Und auch bei dieser Anleitung mussten wir einige Tricks anwenden. Bei Schritt 8) musste die JDK Version in den Projekteinstellungen zunächst auf 1.6 zurückgestuft werden und vor Schritt 9) wieder auf Version 1.7. Beim Kompilieren werden alle openHAB Artifakte erstellt: OpenHAB selbst, alle Bindings, Actions und sonstige Plugins, sowie auch die Eclipse RCP's des openHAB Designers für alle Zielsysteme.

Sobald Eclipse vollständig eingerichtet wurde kann ein Action Skeleton anhand eines Maven Archetypes generiert werden. Eine Anleitung dazu befindet sich im openHAB GitHub Wiki: <https://github.com/openhab/openhab/wiki/How-To-Implement-An-Action>. Die openHAB Runtime wird die Action-Aufrufe in den Rules später zur Laufzeit an die statischen Java-Methoden im Action-Plugin binden. Damit das später alles sauber funktioniert und auch die Dependency Injection von gewissen Service-Objekten gemacht werden kann müssen die Dateien OSGI-INF/action.xml und META-INF/MANIFEST.MF angepasst werden:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2
3 <scr:component xmlns:scr="http://www.osgi.org/xmlns/scr/v1.1.0"
4     activate="activate" deactivate="deactivate" immediate="true"
5     name="org.openhab.action.mqtt.action">
6     <implementation class="org.openhab.action
7         .mqtt.internal.MqttActionService" />
8     <service>
9         <provide interface="org.openhab.core
10             .scriptengine.action.ActionService" />
11         <provide interface="org.osgi.service
12             .cm.ManagedService" />
13     </service>
14     <property name="service.pid" type="String"
15         value="org.openhab.mqtt-action" />
```

```

16     <reference bind="setMqttService" cardinality="1..1"
17         interface="org.openhab.io
18             .transport.mqtt.MqttService" name="MqttService"
19         policy="static" unbind="unsetMqttService"/>
20 </scr:component>

```

Listing 13: OSGI-INF/action.xml

```

1 Manifest-Version: 1.0
2 Private-Package: org.openhab.action.mqtt.internal
3 Ignore-Package: org.openhab.action.mqtt.internal
4 Bundle-License: http://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html
5 Bundle-Name: openHAB Mqtt Action
6 Bundle-SymbolicName: org.openhab.action.mqtt
7 Bundle-Vendor: openHAB.org
8 Bundle-Version: 1.7.0.qualifier
9 Bundle-Activator: org.openhab.action.mqtt.internal.MqttActivator
10 Bundle-ManifestVersion: 2
11 Bundle-Description: This is the Mqtt action of the open Home Aut
12   omation Bus (openHAB)
13 Import-Package: org.apache.commons.lang,
14   org.openhab.core.scriptengine.action,
15   org.openhab.io.transport.mqtt,
16   org.osgi.framework,
17   org.osgi.service.cm,
18   org.slf4j
19 Bundle-DocURL: http://www.openhab.org
20 Bundle-RequiredExecutionEnvironment: JavaSE-1.6
21 Service-Component: OSGI-INF/action.xml
22 Bundle-ClassPath: .
23 Bundle-ActivationPolicy: lazy

```

Listing 14: META-INF/MANIFEST.MF

Dank diesen Konfigurationen wird der gleiche MQTT-Service Injected, der auch im MQTT-Persistence Plugin eingesetzt wird und die statischen Java Methoden aus der Klasse `org.openhab.action.mqtt.internal.Mqtt` werden für die DSL sichtbar. Zudem stellt die openHAB Runtime der MQTT Action die zugehörigen Konfigurationen zur Verfügung, die in der globalen Konfigurationsdatei hinterlegt wurden (`openhab.cfg`).

### Installation MQTT Action

Nachdem wir die MQTT Action programmiert hatten, mussten wir sie mit Hilfe von Eclipse als .jar Datei exportieren. Danach haben wir in der Konfigurationsdatei von openHAB (openhab.cfg) den Eintrag für die MQTT Action gemacht. Diese verweist auf den selben Broker, den wir auch für das Persistence Plugin benötigen.

```
1 mqtt-action:broker=mosquitto
```

Listing 15: openhab.cfg

Anschliessend haben wir die .jar Datei ins Add-on Verzeichnis unserer openHAB Installation kopiert. Die openHAB Runtime erkennt das neue OSGI-Modul sofort und aktiviert es.

### Verwendung der MQTT Action

Die MQTT Action implementiert zwei Methoden: `sendMQTTString(topic, message)` und `sendMQTTFile(topic, fileUrl)`. Die erste Methode sendet einen String an das Topic des vorkonfigurierten Brokers. Die zweite Methode ist diejenige, weswegen wir das Plugin überhaupt entwickelt haben. Sie nimmt eine URL entgegen, lädt den Inhalt von dort herunter und sendet ihn an das gewünschte Topic des Brokers. Beide Methoden können von jetzt an in openHAB Rules oder Scripts verwendet werden.

## 4.5. Android App

Im Lösungskonzept in Abschnitt 3.6.2 ab Seite 31 haben wir bereits erklärt, wie die Architektur der App aussieht. In diesem Abschnitt gehen wir auf die eingesetzten Frameworks, wichtige Klassen und das Design ein.

### 4.5.1. Frameworks und Libraries

Für Android gibt es mittlerweile eine grosse Vielzahl an äusserst hilfreichen und robusten Frameworks und Libraries, die den Entwickleralltag enorm erleichtern. Folgende Gradle Dependencies sind in unserem Projekt enthalten:



- `com.squareup.retrofit:retrofit:1.9.0`
- `io.reactivex:rxandroid:0.24.0`
- `com.android.support:appcompat-v7:22.0.+`
- `com.android.support:cardview-v7:21.0.+`
- `com.android.support:recyclerview-v7:21.0.+`
- `com.squareup.okhttp:okhttp:2.4.0-RC1`
- `com.rengwuxian.materialedittext:library:2.0.3`
- `com.jakewharton:butterknife:6.1.0`
- `jp.wasabeef.recyclerview-animators:1.2.0@aar`
- `com.nispok:snackbar:2.10.+`
- `com.github.clans:fab:1.5.0`
- `com.google.android.gms:play-services:6.5.87`

## **ReactiveX**

Die Reactive Extension wurde ursprünglich für .NET entwickelt und ist mittlerweile fester Bestandteil davon. Heute gibt es die Library auch für diverse andere Plattformen, darunter Java bzw. auch eine spezielle Version für Android. ReactiveX verwendet das Programmierparadigma der reaktiven Programmierung und unterstützt den Programmierer beim Ausdrücken von komplizierten Datenflüssen. In der konventionellen, imperativen Programmierung herrscht das Pull-prinzip, sodass Änderungen an Daten aktiv geholt werden müssen. ReactiveX hingegen «pusht» neue Daten in die Konsumenten hinein. Dabei berücksichtigt ReactiveX auch viele Concurrency-aspekte automatisch.

Das Folgende (leicht vereinfachte) Beispiel stammt aus unserer App und demonstriert sehr gut die Vorteile von ReactiveX. Von der openHAB REST API soll ein Item geladen werden, danach soll der boolsche Wert invertiert und wieder an die API zurückgesendet werden. Bevor der neue Status im User Interface angezeigt wird, wird der Status aus Konsistenzgründen noch einmal geladen:

```

1  api.getItem("Alarm_active")
2  .flatMap(item -> {
3      return Observable.just(item.state.equals("ON") ? "OFF" : "ON")
4  })
5  .flatMap(state -> api.sendCommand("Alarm_active", state))
6  .flatMap(aVoid -> api.getItem("Alarm_active"))
7  .subscribeOn(Schedulers.io())
8  .observeOn(AndroidSchedulers.mainThread())
9  .subscribe(item-> {
10     updateUi(item.state);
11 });

```

Listing 16: ToggleActivity.java - toggleAlarm

Jede dieser aneinander gereihten Methoden gibt ein Objekt von Typ `Observable<T>` zurück und modifiziert das vorherige Observable. Der Code in den Lambdas wird aber noch nicht ausgeführt sondern lediglich als Callable im Observable hinterlegt, für den Zeitpunkt wo Daten «hindurchfliessen». Erst beim Aufruf von `subscribe()` auf Zeile 9 wird die Maschine in Gang gesetzt. Die beiden Methoden auf Zeile 7 und 8 sind dazu gedacht, dass die API Calls in einem Hintergrundthread und das letzte Resultat wieder im Android Mainthread ausgeführt werden.

Ohne ReactiveX müsste man für diese Aufgabe drei Callback-Handler registrieren, die dann jeweils den nächsten API Call anstossen. Deshalb haben wir ReactiveX so oft wie möglich verwendet, mit Ausnahme von einigen Spezialfällen.

<td>

**Retrofit**

<td>

**OkHttp**

<td>

**Butterknife**

<td>

#### 4.5.2. Wichtige Klassen

#### 4.5.3. Material Design

### 4.6. Push-Notifications

Der Mobile-Client wird durch Push-Notifications benachrichtigt, sobald der Alarm ausgelöst wird. Umgesetzt wird dies mithilfe des Google Cloud Messaging Dienstes.

#### 4.6.1. Cloud

Um den GCM-Dienst nutzen zu können, muss zu erst in der Google Developer Console (<https://console.developers.google.com>) ein Projekt erstellt werden mit einer Cloud-Messaging-API. Für diese API kann ein Schlüssel erzeugt werden, der für das Versenden der Notification über die neu erstellte API benötigt wird.

Ausgelöst wird der ganze Vorgang durch die MQTT-Nachricht «alarm\_activated». Die Worker Role nimmt diese Nachricht entgegen und erzeugt eine Notification-Message:

```
1 {  
2   "registration_ids" : ["APA91bHun4MxP5egoKMwt2KZFBaFUH-1RYqx..."],  
3   "data" : {  
4     "message" : "Alarm wurde ausgelöst!"  
5   }  
6 }
```

Listing 17: Notification.cs - Notification Message

Die Registration-Id bezeichnet den Client, der die Message erhalten soll. Dazu müssen sich die Clients zuvor bei GCM registrieren und erhalten dann die Id. Diese Message muss also für jeden Client einzeln über einen HTTP-Post gesendet werden. GCM weiss anhand des Id-Strings an welche Android-Clients er die Message weiterleiten soll.

Folgende Grafik stellt den Registrations-Vorgang dar:

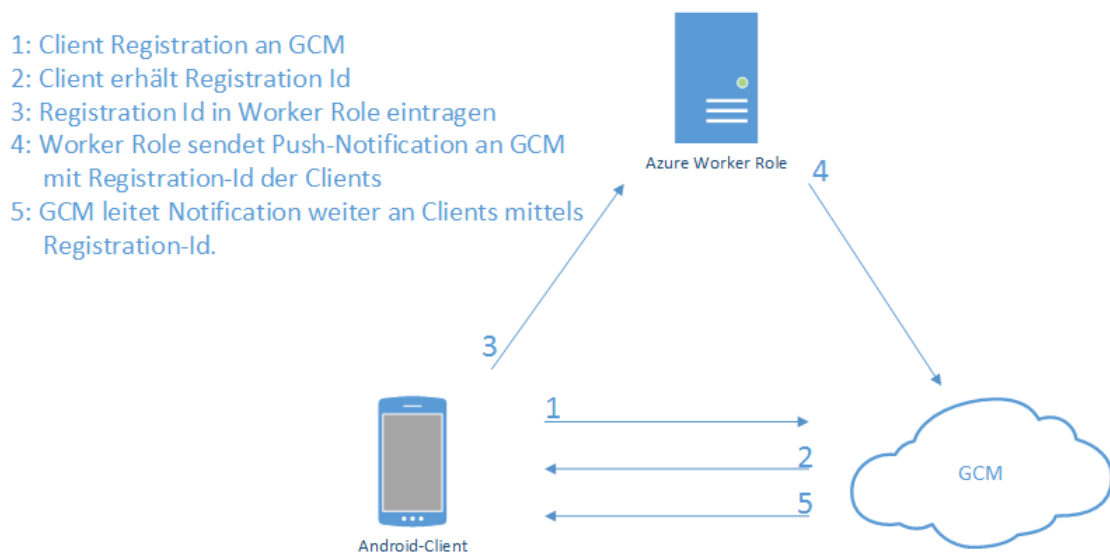


Abbildung 18.: Vorgang Push-Notification

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 19) zeigt auf, wie anhand der MQTT-Message die Notification ausgelöst wird. OpenHAB bemerkt eine Statusänderung eines Items und weiss anhand der Persistency Konfiguration, dass das Item via MQTT an den Broker geschickt werden soll (näheres dazu im Abschnitt 4.4.3 auf Seite 49). Die Worker Role empfängt die Message und entscheidet aufgrund deren Inhalt, ob eine Notification gesendet werden muss. Sollte dies der Fall sein, wird eine Push-Notification beim GCM-Dienst ausgelöst.

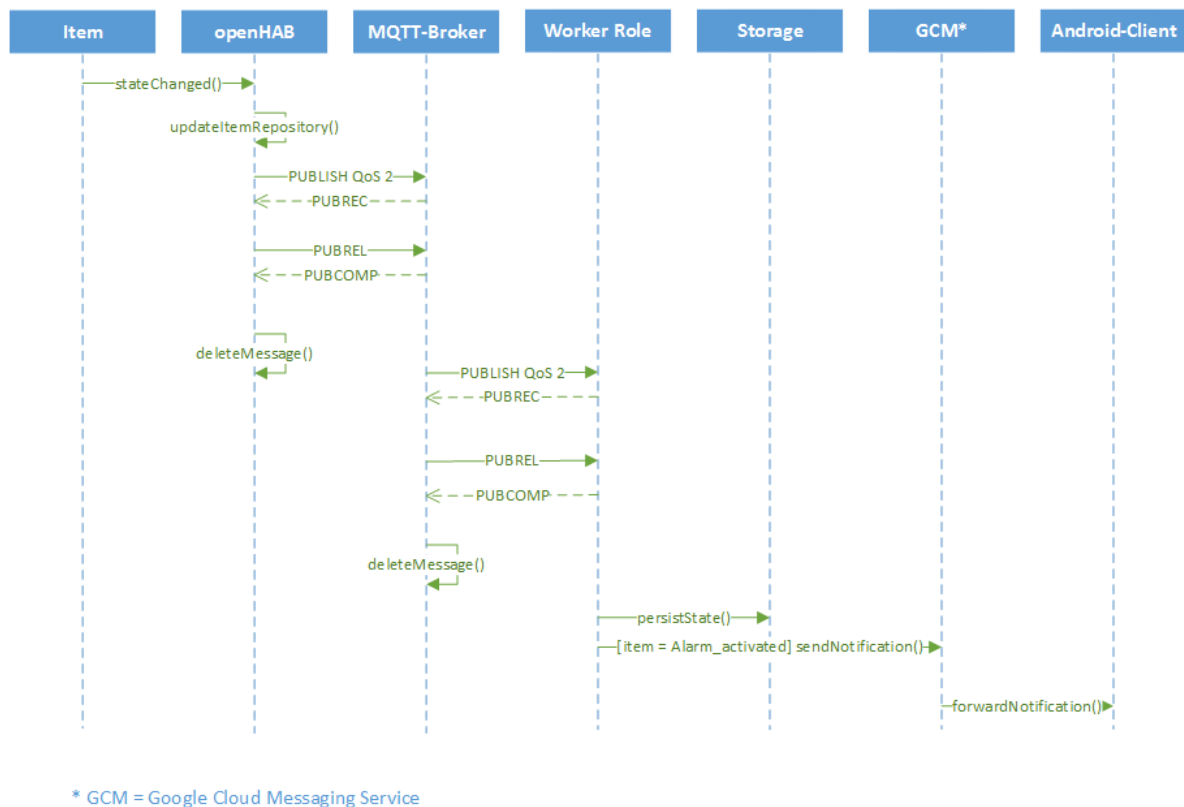


Abbildung 19.: Sequenzdiagramm MQTT-Notification

#### 4.6.2. Android-Client

Wie bereits erklärt benötigt die Worker Role eine Registration-Id um das Android Phone referenzieren zu können. Die Registration-Id ist an ein GCM Projekt gekoppelt und wird in der Android App mit Hilfe des Google PlayServices SDK beim GCM-Dienst angefordert. Die Registration-Id muss dann in eigener Verantwortung an die Worker Role übertragen und geheim gehalten werden. Um eine Nachricht zu erhalten muss ein Android BroadcastReceiver im App-Projekt vorhanden sein, der die Nachricht entgegennimmt und zur Verarbeitung an einen IntentService weitergibt. Dort wird das Notification UI-Element (Dialog am oberen Bildschirmrand) erzeugt und angezeigt.

## 4.7. Sicherheit

Aus technischer Sicht können folgende Massnahmen getroffen werden, um die im Lösungskonzept beschriebenen Schwachstellen zu sichern:

- Verschlüsselung der MQTT-Verbindung.
- Anmeldung am MQTT-Broker durch Benutzername & Passwort.
- Verschlüsselung des WLANs.

### 4.7.1. Verschlüsselung MQTT-Verbindung

Die Verbindung zum MQTT-Broker wird durch SSL/TLS Verschlüsselt. Dazu wird ein Self-signed Zertifikat eingesetzt. Wie dieses Zertifikat erzeugt wird, ist aus dem Anhang A zu entnehmen.

Die jeweilige Implementierung der TLS-Verbindung wird im Kapitel 4.4 auf Seite 45 erläutert.

### 4.7.2. Konfiguration MQTT-Broker

Am Broker sollen sich nur authentifizierte und autorisierte Clients anmelden können. Dazu bietet der MQTT-Standard die Möglichkeit ein Password-File zu erzeugen. In dieses File wird der Benutzername und das zugehörige Passwort eingetragen, mit dem sich die Clients anmelden können. Nur wenn diese Angaben übereinstimmen, kann eine Verbindung aufgebaut werden.

Mosquitto bringt ein Tool mit, zur Erzeugung und Verschlüsselung dieses Files. Über die Konsole wird das Skript aufgerufen und die Benutzerangaben können als Parameter übergeben werden:

```
1 > mosquitto_passwd -c passwordFile
2 > mosquitto_passwd -b passwordFile username password
```

Listing 18: mosquitto\_passwd.exe - generate password-file

Wie sich die Clients gegenüber dem Broker authentifizieren, ist im Abschnitt 4.4.3 auf Seite 49 (openHAB Client) und im Abschnitt 4.4.4 auf Seite 50 (Worker Role Client) ersichtlich.

### 4.7.3. Verschlüsselung WLAN

Über das WLAN kann man ohne Authentifizierung auf das openHAB zugreifen. Um unautorisierten Zugriff zu verhindern, wird das WLAN mit dem Sicherheitsstandard WPA2 verschlüsselt. Die Kommunikation wird also über den symmetrischen AES (Advanced Encryption Standard) Algorithmus verschlüsselt. Da es sich um eine symmetrische Verschlüsselung handelt, muss jeder Client ein PSK (Pre Shared Key) besitzen, der jeweils beim Verbindungsaufbau eingegeben werden muss.

## 4.8. Problematik Systemaufbau

In diesem Systemaufbau gibt es aufgrund der Infrastruktur der HSR einige Probleme, die es in einem richtigen Szenario nicht geben würde.

Da die Komponenten nicht in die Infrastruktur der Schule integriert werden durften, musste auf ein eigenes, lokales Netzwerk zurückgegriffen werden. Dabei handelt es sich um ein unabhängiges Netzwerk, auf das von extern nicht zugegriffen werden kann.

Dies stellt einige Herausforderungen an die Erreichbarkeit unseres System. Einerseits die Konektivität mit der Cloud und andererseits das Erreichen des openHabs durch unser Android Client.

Durch das Anbinden des Raspberry Pis an das lokale und das HSR-Netzwerk wird die Erreichbarkeit der Cloud gewährleistet. Es sind also zwei Network-Interfaces konfiguriert. Eines für das lokale und eines für das HSR Netzwerk. Damit die MQTT-Nachrichten an das richtige Interface gesendet wird, muss die Default Route auf das HSR-Interface (eth0) gesetzt werden: `ip route add default dev eth0`.

Da sich das Raspberry Pi jedoch nicht in der DMZ befindet, besteht keine Möglichkeit die REST-Schnittstelle des openHabs von extern zu erreichen. Aus diesem Grund muss sich der Android Client zwingend im lokalen Netz befinden.

Aufgrund dieser Tatsache ist der Client nicht für Notifications erreichbar. Für Demonstrations-Zwecke muss zwischen dem HSR und dem lokalen Netzwerk gewechselt werden, um die Notifications zu erhalten.

# Literaturverzeichnis

- [1] openHAB, “openHAB documentation/wiki.” [Online]. Available: <https://github.com/openhab/openhab/wiki>
- [2] “Mosquitto documentation.” [Online]. Available: <http://mosquitto.org/documentation/>
- [3] “M2Mqtt documentation.” [Online]. Available: [https://m2mqtt.wordpress.com/m2mqtt\\_doc/](https://m2mqtt.wordpress.com/m2mqtt_doc/)



# Glossar

<b>AES</b>	Advanced Encryption Standard
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>BLOB</b>	Binary Large Objects
<b>CA</b>	Certificate Authority
<b>GCM</b>	Google Cloud Messaging
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>MQTT</b>	Message Queue Telemetry Transport
<b>MS</b>	Microsoft
<b>NFC</b>	Near Field Communication
<b>OSGi</b>	Open Services Gateway Initiative
<b>PSK</b>	Pre Shared Key
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>SSL</b>	Secure Sockets Layer

**TCP**    Transmission Control Protocol

**TLS**    Transport Layer Security

**URL**    Uniform Resource Locator

# A. Installationsanleitungen

## Zertifikat Erzeugen

Die Zertifikate wurden mit OpenSSL (<http://slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html>) erzeugt.

### CA Zertifikat erstellen

```
openssl req -new -x509 -days 3650 -keyout m2mqtt_ca.key -out m2mqtt_ca.crt
```

Dieser Command erzeugt ein CA (Certificate Authority) Zertifikat mit einem privatem Schlüssel. Das X.509-Zertifikat ist für 3650 Tage gültig.

### Server Zertifikat erstellen

```
openssl genrsa -des3 -out m2mqtt_srv.key 1024
```

Erzeugt einen 1024 Bit grossen 3DES, privaten Schlüssel.

### Signierung des Server Zertifikates

```
openssl req -out m2mqtt_srv.csr -key m2mqtt_srv.key -new
```

Dieses Kommando erzeugt ein Zertifikat-Request vom Server zur Signierung an die CA. Durch dieses Kommando wird lediglich der Request erzeugt. Das bedeutet, dass die Signierung noch nicht durchgeführt wurde.

```
openssl x509 -req -in m2mqtt_srv.csr -CA m2mqtt_ca.crt -CAkey m2mqtt_ca.key  
-CAcreateserial -out m2mqtt_srv.crt -days 3650
```

Mit diesem Kommando wird der Server-Request signiert. Als Produkt entsteht das finale Zertifikat für den Broker.

Für die Client-Library (M2Mqtt) muss das Zertifikat noch ins DER-Format konvertiert werden:

```
openssl x509 -outform der -in m2mqtt_ca.crt -out m2mqtt_ca.der
```

## Android App - Hawk Eye

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing



Abbildung 1.: Start Screen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

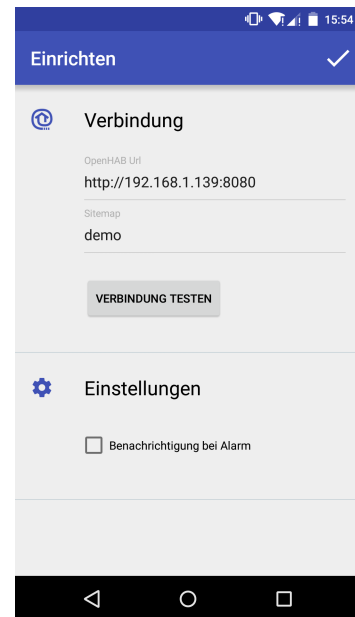


Abbildung 2.: Config Screen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

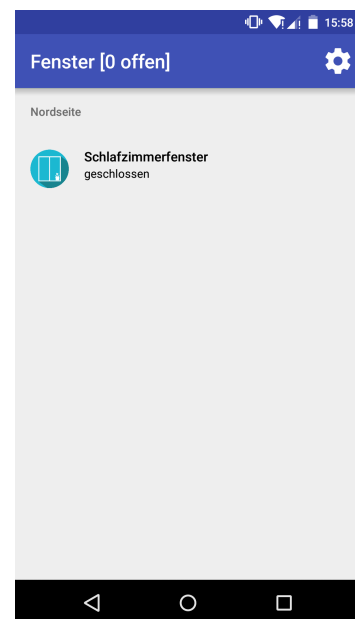


Abbildung 3.: Window Item Screen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

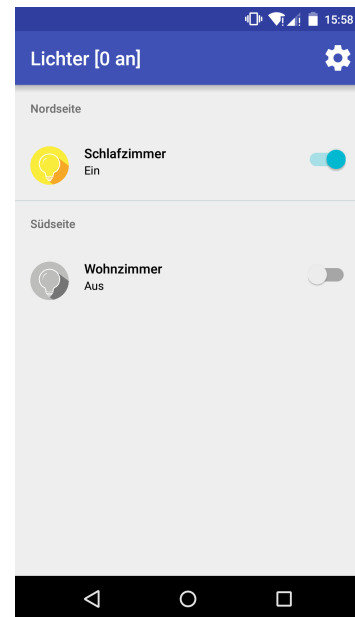


Abbildung 4.: Light Item Screen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

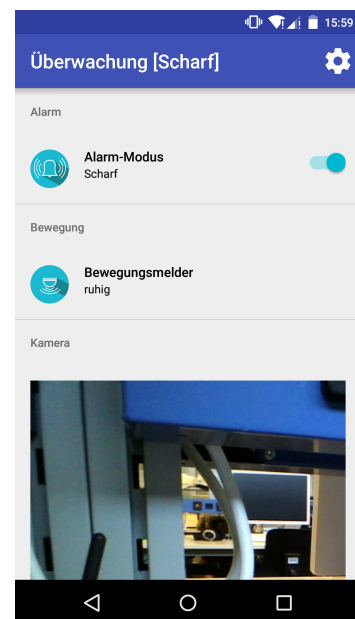


Abbildung 5.: Monitoring Screen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

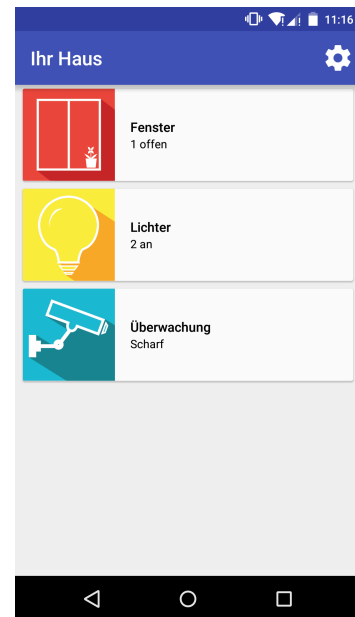


Abbildung 6.: Alarm Beispiel

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing

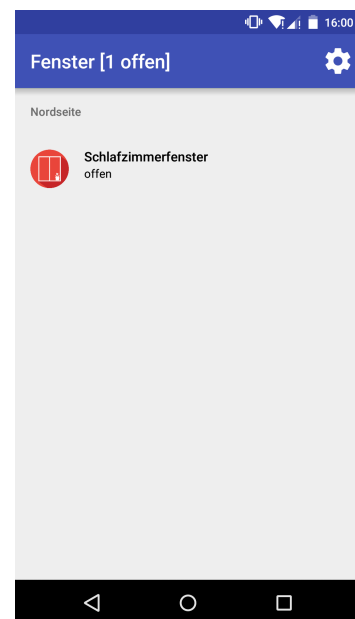


Abbildung 7.: Alarm Item Beispiel

## B. Projektplan



<b>Thema</b>	Aufbau einer Smart-Home Beispielapplikation
<b>Studenten</b>	Dominik Freier, Marco Leutenegger
<b>Betreuer</b>	Prof. Hansjörg Huser



## Änderungsgeschichte

Datum	Version	Änderung	Autor
25.02.2015	0.0.1	Dokument erstellen	M. Leutenegger
27.02.2015	0.0.2	Meilensteine erfasst	D. Freier, M. Leutenegger
04.03.2015	0.1.0	Risikomanagement angepasst	D. Freier, M. Leutenegger

## Einführung

### Zweck

Dieses Dokument dient als Projektplan für die Bachelorarbeit von Dominik Freier und Marco Leutenegger und definiert alle organisatorischen Rahmenbedingungen.

### Gültigkeitsbereich

Die Gültigkeit des Projektplans beschränkt sich auf die Bachelorarbeit von Dominik Freier und Marco Leutenegger im Frühjahrssemester 2015.

### Referenzen

Bezeichnung	Referenz
Risikomanagement	Siehe separates Dokument
Security Infos	<a href="https://github.com/openhab/openhab/wiki/Security">https://github.com/openhab/openhab/wiki/Security</a>

## Projekt und Übersicht

### Zweck und Ziel

Diese Bachelorarbeit hat als Ziel, eine Smart-Home Beispielapplikation aufzubauen, welche wesentliche Aspekte einer Internet-of-Things-Anwendung demonstriert, wie Steuern von Devices, Lesen von Sensoren, Event-Verarbeitung, Überwachung und intelligente Abläufe steuern, Streaming von Sensordaten und Online-Analyse der Daten usw.

Das System soll auf einer tragfähigen und erweiterbaren Architektur aufgebaut werden und Microsoft Azure als Cloud Plattform benutzen.

### Lieferumfang

Die abzuliefernden Dokumente und Software-Artefakte des Projekts richten sich im Wesentlichen nach den Vorgaben aus den Dokumentationsanleitungen der HSR. Eine davon abweichender Lieferumfang wurde mit dem Betreuer besprochen und genehmigt.

### Referenzen

Nr.	Art	Bezeichnung	Form	Empfänger
1	Publikation	Poster	PDF	H.Huser
2	Publikation	Kurzfassung	PDF	H.Huser
3	Dokument	Bericht	PDF/Ausdruck	H.Huser
4	Dokument	Projektplan	PDF/Ausdruck	H.Huser
5	Dokument	Sitzungsprotokolle	PDF/Ausdruck	H.Huser
6	Dokument	Eigenständigkeitserklärung	PDF/Ausdruck	H.Huser
7	Dokument	Erfahrungsbericht D.Freier	PDF/Ausdruck	H.Huser
8	Dokument	Erfahrungsbericht M.Leutenegger	PDF/Ausdruck	H.Huser
9	Source	Code-Abgabe	ZIP	H.Huser
10	Archiv	2x Deliverables 1-9	DVD	H.Huser

## Projektorganisation

Die Dokumentation des Projekts gliedert sich in diesen Projektplan und einen Bericht. Im Projektplan werden alle organisatorischen Aspekte festgehalten, wie etwa die Planung der Meilensteine, Aufgaben der Teammitglieder oder Abmachungen zum Dokumentenmanagement. Im Bericht werden technische Beschreibungen der Ausgangslage, Diskussionen für Lösungsansätze, Requirements und Details zur Umsetzung dokumentiert.

Damit die Teammitglieder möglichst parallel und effizient arbeiten können, werden alle Dokumente mit LaTeX geschrieben und auf einem Git-Repository verwaltet. Daruch wird das Risiko von Versionskonflikten reduziert und der Zugriff insbesondere für den Betreuer vereinfacht.

Die Verwaltung der Aufgaben und agilen Vorgänge erfolgt durch Jira. Wir erhielten zu diesem Zweck eine Classroom Lizenz vom Hersteller Atlassian. Jira wurde auf einem virtuellen Server der HSR installiert.

## Organisationsstruktur

Verantwortung	Teammitglied
Verwaltung und Bereinigung de Dokumente	D. Freier, M. Leutenegger
Pflege virtueller Server, Jira inkl. Backups	D. Freier, M. Leutenegger
Sitzungsprotokolle verfassen	D. Freier, M. Leutenegger
Iterationsplanung	D. Freier, M. Leutenegger
Risikomanagement	D. Freier, M. Leutenegger
Architekturdesign	D. Freier, M. Leutenegger

## Externe Schnittstellen

Betreuer der Bachelorarbeit ist Prof. Hansjörg Huser. Experte ist Herr Stefan Zettel. Gegenleser ist <td>.

## Management Abläufe

### Zeitliche Planung

Das Projekt wird während des Frühjahrssemester 2015 durchgeführt. Der Start der Arbeit war am Montag, den 16. Februar 2015. Die Abgabe der Vollständigen Dokumentation an den Betreuer erfolgt am Freitag, den 12. Juni 2015. Als Zeitbudget sollen in den 17 Wochen insgesamt 720 Stunden, bzw. rund 21 Stunden pro Woche und Student eingeplant werden.

### Vorgehensmodell

Als Vorgehensmodell wurde der Rational Unified Process ausgewählt, da das Projektteam mit diesem Modell aus früheren Arbeiten (inkl. Semesterarbeit) vertraut ist und damit gute Erfahrungen gemacht hat. Die Phasen wurden nach dem Schema «eins, drei, drei, eins» in insgesamt acht Iterationen à zwei Wochen aufgeteilt.

### Meilensteine

MS	Iter.	Beschreibung	Datum
MS1	I1	Der Projektauftrag wurde zusammen mit dem Betreuer besprochen und ist akzeptiert. Den Teammitgliedern ist klar, welches die Ziele des Projekts sind und haben eine gemeinsame Vision. Die organisatorischen Aspekte wurden so weit wie möglich abgeklärt und die benötigte Infrastruktur steht allen Beteiligten zur Verfügung.	04.03.2015
MS2	E1	Die Analyse der funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen ist abgeschlossen und die Use Cases definiert. Die technische Umsetzung der Use Cases wurde analysiert und mit Umsetzung kann begonnen werden. Die Hardware wurde bestellt und für das Mobile-App wurden erste Mockups gezeichnet.	18.03.2015
MS3	E2	Ein Architekturprototyp (Installation und Konfiguration openHAB) existiert. Ein Prototyp für die Use Cases mit existierenden Bindings wurde entwickelt.	01.04.2015

MS4	E3	Prototyp mit eigenen Bindings wurde entwickelt, parallel dazu wird die Cloud mit den benötigten Komponenten aufgesetzt.	15.04.2015
MS5	C1	Die Use Cases mit den eigenen Bindings sind fertig implementiert.	29.04.2015
MS6	C2	Das Android-App ist gemäss den, in der Analyse (E1) gezeichneten, Mockups entwickelt und die geplanten Funktionen sind implementiert.	13.05.2015
MS7	C3	Der geschriebene Code wurde überarbeitet und optimiert. Die nötigen Komponenten sind gemäss FR und NFR getestet.	27.05.2015
MS8	T1	Die Dokumentation wurde nachgeführt, und finalisiert. Die Deliverables werden am darauf folgenden Freitag den entsprechenden Personen übergeben. Dieser Meilenstein definiert den Abschluss des Projektes.	10.06.2015

## Iterationsplanung

It.	Arbeitspakete	Ziele	SW
I1	1. Besprechung Projektauftrag 2. Einarbeitung Thematik 3. Aufsetzen LaTeX-Dokument	<input type="checkbox"/> MS1: Projektauftrag erhalten <input type="checkbox"/> Gemeinsame Vision des Projekts	1-2
E1	4. Definition der Use Cases 5. Aufbau/Setup/Anordnung 6. Hardware Evaluation 7. Abklären technische Machbarkeit 8. Android Mock-Up 9. Meilensteine und Iterationsplan	<input type="checkbox"/> MS2: Review Projektplan <input type="checkbox"/> Hardware bestellt <input type="checkbox"/> Mockups für App gezeichnet	3-4

E2	10. Installation openHAB auf Raspberry Pi 11. Einrichten WLAN und Router 12. Use Cases mit DSL umsetzen 13. Integration HomeMatic 14. Integration Philips Hue 15. Integration Webcam 16. Dokumentation nachführen	<input type="checkbox"/> MS3: Erster Prototyp existiert <input type="checkbox"/> Erste Version der Architektur-Dokumentation	5-6
E3	17. Aufsetzen und Anpassen der Azure Cloud 18. Implementation MQTT 19. Integration Azure Cloud 20. Dokumentation nachführen	<input type="checkbox"/> MS4: Prototyp mit Bindings fertig <input type="checkbox"/> Cloud aufgesetzt	7-8
C1	21. Alle Komponenten vollständig integrieren 22. Vernetzung der Hardware 23. Dokumentation nachführen	<input type="checkbox"/> MS5: Binding für Cloud erstellt	9-10
C2	24. Android App Model portieren (HABDroid) 25. Anbindung Android an Cloud 26. User Interface 27. Dokumentation nachführen	<input type="checkbox"/> MS6: Android-App entwickelt	11-12
C3	28. Refactoring und Unit-Testing 29. Systemtests 30. Überprüfung NFR und FR 31. Dokumentation nachführen	<input type="checkbox"/> MS7: Refactoring und Testing durchgeführt	13-14
T1	32. Dokumentation abschliessen 33. Poster erstellen 34. Dokumentation drucken & binden 35. CD erstellen 36. BA abgeben	<input type="checkbox"/> MS8: Abschluss des Projektes <input type="checkbox"/> Dokumentation abgeschlossen <input type="checkbox"/> Deliverables übergeben	15-16

## Besprechungen

Wöchentliche Besprechungen:

Bezeichnung	Ziel	Wochentag	Uhrzeit	Ort
Teambesprechung	Projektarbeiten im Plenum erledigen	Donnerstag	08:10-08:40	HSR (Labor)
Fortschrittsbesprechung	Fortschritte bzw. Probleme besprechen	Mittwoch	10:10-10:50	HSR (6.010)



## **Risikomanagement**

### **Risiken**

Nachstehend wird auf die projektbezogenen Risiken eingegangen. Eine Übersicht in Form einer Tabelle ist auf der nächsten Seite zu finden. Die Tabelle wird während des ganzen Projektes angepasst und aktualisiert, falls notwendig.

### **Umgang mit Risiken**

#### **Reserven/Rückstellungen**

Das grösste Risiko stellt R1 (ungeplante Machbarkeiten) dar. Aus diesem Grund werden in diesem Projekt Rückstellungen von 20 Stunden eingeplant.

#### **Überprüfung von Risiken**

Weitere Risiken werden im Laufe des Entwicklungsprozesses erkennbar. Hierfür aktualisieren wir dieses Dokument, welches als zentrale Stelle dient, um Entscheidungen und Risiken zu Dokumentieren und auch eine zentrale Anlaufstelle bei Fragen darstellt. Des weiteren wird in der Beschreibung des betroffenen Vorgangs auf mögliche Risiken hingewiesen und dokumentiert.

Nr	Titel	Beschreibung	Scha- den[h]	Eintritts- wahrsch.	Gew. Schad.	Vorbeugung.	Verhalten beim Eintreten.
<b>R1</b>	Ungeplante Machbarkeit	Nicht alle Arbeitspakete in Iteration oder Meilensteine abgedeckt.	20	40%	8	Laufende Kontrolle des Zeitplans	Überstunden in Kauf nehmen, um folgende Iteration nicht in Gefahr zu bringen.
<b>R2</b>	Absturz Jira-Server und Datenverlust	Der virtuelle Server der HSR stürzt ab, und die Daten des Jira gehen verloren.	2	10%	0.2	Backup pro Woche erstellen.	Letztes Backup einspielen und die Differenz von Hand erneut eintragen.
<b>R3</b>	Verlust von Code	Das persönliche Notebook stürzt ab und die Daten sind verloren.	2	10%	0.2	Code wird ständig auf GitHub gepusht.	Lab-PC oder sonstige Computer verwenden und GIT Repository Klonen.
<b>R4</b>	Fabrikationsfehler Sensoren	Die Sensoren kommen mit einem Fabrikationsfehler an.	20	10%	2		Sensor zurücksenden und mit anderem weiterarbeiten.
<b>R5</b>	Schnittstellen Sensoren	Schnittstellen zu anderen Systemen bereitet Probleme	16	5%	0.8	Dokumentation gut prüfen.	Community durchforschen, Workaround suchen.

## Arbeitspakete

Die Arbeitspakete wurden im Projektmanagementtool Jira als Vorgänge definiert. Einige Vorgänge beinhalten weitere Untertätigkeiten, die wir ebenfalls als einzelne Arbeitspakete betrachten.

Eine Übersicht mit allen Arbeitspaketen und dem zeitlichen Ablauf nach Iterationen befindet sich unter: <http://sinv-56046.edu.hsr.ch:8080> > Agile > Zeige alle Boards > baIOTBoard > Plan

## Infrastruktur

### Software

Wie in jedem Projekt kommt verschiedene Software zum Einsatz.

Software	Version (Major)	Beschreibung/Einsatzbereich
GitHub	v3	Source Code Verwaltung inkl. Branchmanagement, Web Interface für Git-Verwaltung.
Atlassian: Jira	6.4	Projektmanagement
Windows Server	2012 R2 (64Bit)	Virtueller Server für Jira
<td>	<td>	<td>

## Qualitätsmassnahmen

Massnahme	Zeitraum	Ziel
Einsetzen eines Projekt-Management-Tools	ganzes Projekt	Alle auf dem aktuellsten Stand halten
Versionierungssystem (git)	Sicherung des Codes/Doku, ganzes Projekt	keine Blockaden
Koordinationsmeetings	ganzes Projekt	Ressourcen optimal zuteilen: Wer benötigt wo Hilfe, wer ist schon fertig?
Vier-Augen-Prinzip	ganzes Projekt	Dokumentation/Programmcode wird jeweils von beiden Partnern kontrolliert. Bei einem Ausfall einer Person, ist das andere Mitglied informiert.

## Dokumentation

### Ablage

Alle Dokumente können auf dem GitHub Repository gefunden werden. Die Vorgänge werden mit Jira auf einem virtuellen Server der HSR verwaltet.

- Dokumentation: [https://github.com/greekins/baIoT\\_TeX](https://github.com/greekins/baIoT_TeX)
- Vorgänge: <http://sinv-56046.edu.hsr.ch:8080>

Der Source-Code wird mit Git verwaltet: **<tbd>**

### Qualität

- Commits verlangen eine Beschreibung
- Benutzerfreundliche Commit-Übersicht dank Github

- Für die Qualität des Codes wird in jeder Iteration (ab Elaboration E2) Codereviews durchgeführt (siehe Managementabläufe)

## **Projektmanagement**

Es wird die von Atlassian zur Verfügung gestellte Umgebung eingesetzt:

`http://sinv-56046.edu.hsr.ch:8080`

**Gast Login:** hhuser

## **Entwicklung**

### **Code Reviews**

Die Commits sind für alle Projektmitglieder ersichtlich und werden in einem Activity Stream auf dem Repository unter «Graph» angezeigt. Diese werden sporadisch von den anderen Mitgliedern geöffnet und kurz überprüft.

Bei einem wöchentlichen Meeting werden getätigte Implementierungen im Plenum angeschaut und besprochen. Auch lautet unsere Regel, dass bei Unsicherheiten bei laufender Entwicklung Rat vom anderen Teammitglied eingeholt wird.

### **Code Style Guidelines**

Es wird sich an die gängigen Style Guidelines gehalten, die im Laufe des Studiums eingeführt wurden.

## C. Sitzungsprotokolle

### Sitzung 1 - Kick-Off

Datum: 17. Februar 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

#### Projektdefinition

Aufbauen einer Demoanwendung für «Smart Home». Wie genau die aussehen wird, steht noch nicht fest. Ist Bestandteil der Analyse und Evaluation. Als Resultat der Arbeit soll ein Showcase entstehen mit ein paar Anwendungsfällen.

Mögliche Bestandteile:

- Sensoren, Raspberry-Pi
- Cloud (simple gehalten, Service Bus)
- UI (Mobile/Tablet)

#### Anstehende Arbeiten

- Evaluation HW-Plattform
- Evaluation Framework
- erste Version des Projektplans

#### Organisatorisches

- Virtueller Server beantragt
- Wöchentliche Besprechungen: Mittwoch, 10.10 Uhr

## **Sitzung 2**

Datum: 25. Februar 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- System-Architektur von Herrn Huser zur Kenntnis genommen und akzeptiert.
- Anwendungsszenarien sollen richtung Einbrecherschutz gehen (Türkontakte, Bewegungssensoren etc.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Bestellliste mit Sensoren und Aktoren erstellen.
- Anwendungsszenarien Anpassen.
- Erste Version des Projektplans erstellen.

## **Sitzung 3**

Datum: 04. März 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Wunderbar wird vernachlässigt, die Antwort abgewartet. Als Ersatz wird Tinkerforge gewählt.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Bestellliste anpassen.
- Einige Änderungen am Projektplan.
- Risikoliste anpassen.
- Detailplanung erstellen.

## Sitzung 4

Datum: 11. März 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### Organisatorisches:

- Iterationsplanung wurde besprochen und gutgeheissen.
- Use Cases wurden besprochen und gutgeheissen.
- Projektplan wurde als Ganzes angenommen.
- Tinkerforge wird nach Absprache nicht weiter verfolgt. Falls genügend Zeit vorhanden ist, werden, aus der bestehenden Hardware, die Use Cases erweitert.
- **Meilenstein 1 erreicht und abgenommen!** - Phase E1 abgeschlossen.

### Anstehende Arbeiten:

- Beginn der Phase E2.
- Nach Erhalt der Hardware mit Prototyp beginnen.

## Sitzung 5

Datum: 17. März 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### Organisatorisches:

- **Beginn der Phase E2**
- Fassung für Glühbirne kaufen die Studenten in einem Elektro-Fachgeschäft. Die Kosten werden vom Institut übernommen.
- Router wird von Herrn Huser organisiert.

### Anstehende Arbeiten:

- Installation openHAB auf Raspberry Pi.
- Einrichten des Netzwerkes (Router).
- Use Cases umsetzen mit HomeMatic, Philips Hue und Webcam.
- Erste Version der Architekturdokumentation erstellen.



## **Sitzung 6**

Datum: 25. März 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Prototyp wurde vorgeführt und für gut befunden.
- Man befindet sich im Zeitplan und beginnt mit den nächsten Arbeitspaketen.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Termin für Zwischenpräsentation mit Prof. Dr. Rinkel in zwei Wochen (8. April 2015)
- Integration Webcam abschliessen.
- Mit Aufsetzen von Azure Cloud und Binding beginnen.

## **Sitzung 7**

Datum: 01. April 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Cloud: Anstatt ein eigenes Binding zu schreiben, wird das MQTT-Binding für die Kommunikation mit der Cloud eingesetzt.
- In der Dokumentation soll mehr auf Übersicht geachtet werden (Big Picture). Am Anfang abstrakt beginnen und immer detaillierter werden.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Zwischenpräsentation vorbereiten.
- Cloud Aufsetzen und anpassen.
- Dokumentation nachführen.
- MQTT-Broker evaluieren.

## **Sitzung 8 (Zwischenpräsentation)**

Datum: 08. April 2015

Teilnehmer: Prof. H. Huser, Prof. Dr. A. Rinkel, Dominik Freier, Marco Leutenegger

Diese Sitzung wurde durch die Zwischenpräsentation für Herr Rinkel ersetzt. Gezeigt wurden alle Aspekte der Bachelorarbeit und der bestehende Prototyp.

### **Anforderungen betreffend Dokumentation:**

- Event Driven Design: Differenzierung/Abgrenzung.
- Möglichkeiten/Grenzen von openHAB aufzeigen.
- Einsatz von Cloud begründen, Mehrwert aufzeigen.
- Ersetzen von Mobile App begründen, Mehrwert aufzeigen.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Cloud aufsetzen und anpassen.
- MQTT-Broker evaluieren.
- Integration openHAB in Azure Cloud.
- Dokumentation nachführen.

## **Sitzung 9**

Datum: 15. April 2015

Diese Sitzung wurde aufgrund der HSR Stellenbörse und der fehlenden Notwendigkeit einer Standortbestimmung abgesagt.

## **Sitzung 10**

Datum: 24. April 2015

Diese Sitzung wurde aufgrund von Terminen von Herrn Huser abgesagt. Anstelle des Meetings wurde der aktuelle Stand per E-Mail festgehalten:

Folgende Arbeitsschritte wurden gemäss unserem Projektplan verrichtet:

- Einarbeitung MQTT
- Evaluation MQTT Broker & .NET Library
- Aufsetzen des MQTT Brokers auf einer VM in der Azure-Cloud (inkl. End-to-end Verschlüsselung)
- Erstellen eines Cloudservices mit einer Worker Role, die sich auf Topics subscribed und die empfangenen Messages im Table- bzw. Blob-Storage persistiert.
- Erstellen einer Action in openHAB, um die Bilder der Webcam per MQTT an den Broker zu senden.

Momentan sind wir im Plan eine Woche im Voraus und können ab nächster Woche bereits mit der Mobile-App beginnen.

## **Sitzung 11**

Datum: 29. April 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Die Implementierung des MQTT-Protokolls wurde gezeigt und erklärt.
- Der Stand der Arbeit, im Zusammenhang mit dem Projektplan wurde definiert.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Dokumentation nachführen.
- Beginn mit Android-App.

## **Sitzung 12**

Datum: 06. Mai 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- In der Dokumentation fehlt ein Beschrieb bezüglich Sicherheit.

- Interaktion Commands, Events etc. Die wichtigsten Abläufe durch ein Sequenzdiagramm aufzeigen.

#### **Anstehende Arbeiten:**

- Sicherheit beschreiben und Sequenzdiagramm erstellen.
- Mit dem Android-App beginnen (Umfang reduzieren).

## **Sitzung 13**

Datum: 13. Mai 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

#### **Organisatorisches:**

- Notification wurde in die Anforderungen übernommen und als höchstes Priorisiert.
- Die Notifikation soll ins bestehende, reduzierte, App integriert werden.
- Falls Zeit vorhanden ist, soll das eigene App umgesetzt werden. Dazu wird das ReactiveX-Framework eingesetzt (<http://reactivex.io/>).

#### **Anstehende Arbeiten:**

- Notifikation umsetzen
- Android-App erstellen mit ReactiveX-Framework

## **Sitzung 14**

Datum: 20. Mai 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

#### **Organisatorisches:**

- Prototyp Android App wurde gezeigt.
- Notification wurde demonstriert.

#### **Anstehende Arbeiten:**

- Android App weiterentwickeln.
- Dokumentation nachführen.

## **Sitzung 15**

Datum: 27. Mai 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Stand Android App wurde gezeigt.
- Zeitpunkt für mündliche Prüfung wurde auf 23.06.2015 gesetzt.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Android App fertigstellen.
- Dokumentation nachführen.

## **Sitzung 16**

Datum: 03. Juni 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

### **Organisatorisches:**

- Der Funktionsumfang des Android Apps wurde erfasst und abgesegnet.
- Feedback zur Dokumentation:
  - Grafik in Systemübersicht genauer erklären.
  - Grafik zur Vernetzung der Komponenten erstellen.
  - OSGi erklären.
  - Überblick geben, was für Arbeiten getätigt wurden.
  - Abschluss der Arbeit mit Fazit schreiben.
  - Reflexion in den technischen Bericht verschieben.
- Zeitrapport nur auf elektronischer Abgabe, nicht in den Bericht.

### **Anstehende Arbeiten:**

- Android App dokumentieren.
- Dokumentation überarbeiten, aufgrund des Feedbacks.
- Abgabe vorbereiten, Abstract, Poster.

## **Sitzung 16**

Datum: 03. Juni 2015

Teilnehmer: Prof. Hansjörg Huser, Dominik Freier, Marco Leutenegger

**Organisatorisches:**

**Anstehende Arbeiten:**

## D. Persönliche Reflektion

### Marco Leutenegger

<td>Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

### Dominik Freier

<td>Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.