

Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Gephi#/media/File:Social_Network_Analysis_Visualization.png Grandjean, Martin (2014). CC BY-SA 3.0

Konzeptionierung eines auf Semantic Web Technologien basierten Digitalen Zwillings im Smart Home Kontext

M.Eng. Fabian Kohlmorgen, M.Eng. Markus Kuller, Prof. Dr.–Ing. Ingo Kunold

Zielsetzung und Entwicklungsschritte

Konzeption des Digital Twin für das Smart Home

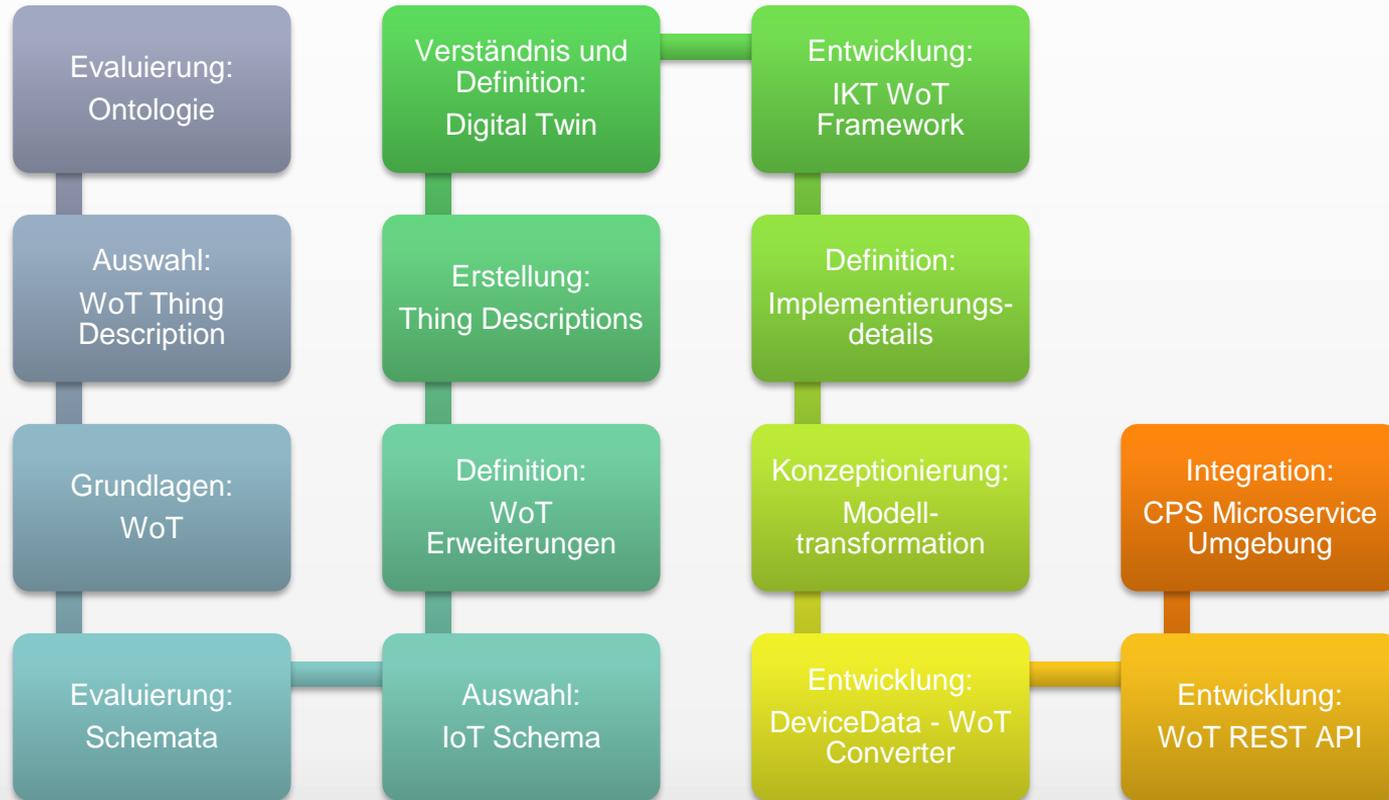
- Datenmodellierung mit der WoT Thing Description
- Erweiterung und Konkretisierung des WoT Basismodells
- Schema Auswahl

Implementierung des Digital Twin

- IKT WoT-Framework
- Integration in das CPS

Zusammenfassung und Ausblick

- Herstellerneutrale Abstraktion von Geräte- und Gebäudebeschreibungen zur Umsetzung semantischer Interoperabilität
- Grundlage für die Vision „Building as a Service (BaaS)“
- Vereinfachung für Service-Entwickler durch die Bereitstellung einheitlicher und maschinenlesbarer Beschreibungen
- Verlässliche Infrastruktur (z.B. Device-Discovery, Security)
- Umsetzung von gewerkeübergreifenden Use Cases (z.B. intelligentes Energiemanagement)
- Datenbasis für maschinelles Lernen und KI Systeme

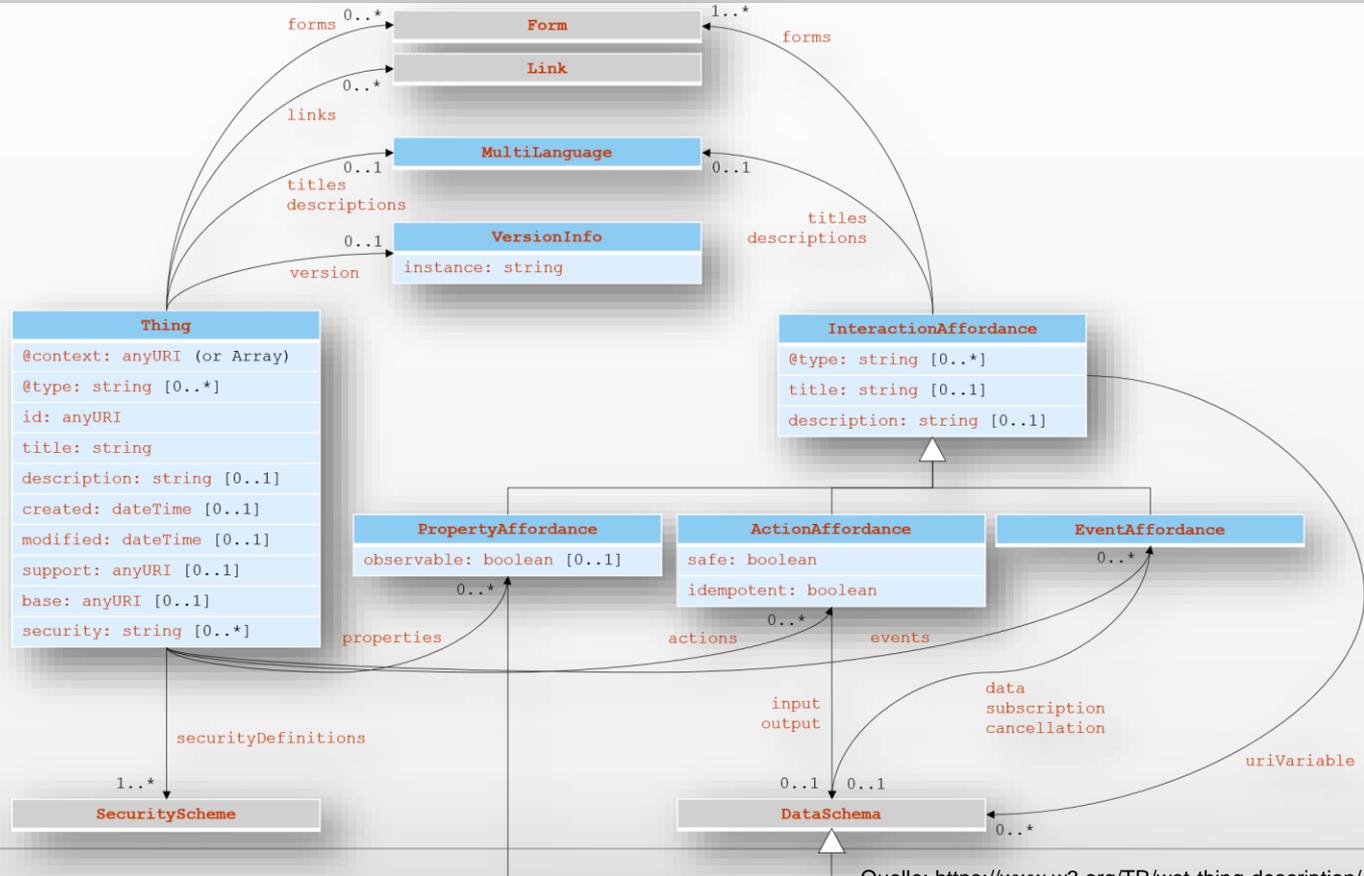


- Allgemein: **digitales Abbild** von physischen Objekten, Systemen oder Prozessen
- Es existiert keine eindeutige Definition
→ Erarbeiten eines **einheitlichen Verständnisses und einer Definition**
- Definition der **Komponenten des Digital Twin** für ein Smart Home
 - **Thing description** – Gerätebeschreibung, Properties, Actions und Events
 - **Interface description** – Beschreibung der Zugriffsmechanismen und Schnittstellen
 - **Location-View** – Beschreibung der Verortung von Geräten und Funktionen
 - **Hardware-View** – Beschreibung der technischen Geräteeigenschaften
- Softwareentwicklung des **DT in der Programmiersprache Java**
- Verwendung eines **RDF-Triplestore als Datenbank** für den DT

- Standardisierung durch W3C mit Unterstützung durch namhafte Vertreter der Industrie
- Die WoT Thing Description definiert ein **formales Modell** und eine **allgemeingültige Repräsentation** von Web Things
 - Beschreibung von **Metadaten und Schnittstellen** von Geräten/Dingen
 - Abstraktion von **physischen oder virtuellen Entitäten**
 - Beschreibung von **Interaktionen** (eng. Interactions)
- Repräsentation im **JSON-Format mit JSON-LD** Verarbeitung
- JSON-LD **repräsentiert Wissen über Geräte/Dinge** in maschinenlesbarer Form

Konzeptionierung des Digital Twin

Datenmodellierung mit WoT Thing Description



Konzeptionierung des Digital Twin

Datenmodellierung mit WoT Thing Description

```
{ "@context": [...],  
  "id": "https://iktsystems.goip.de:443/ict-gw/v1/thing/107c8f72d7874638",  
  "title": "DimmerRGB1_chALL",  
  "security": ["bearer_sc"],  
  "@type": ["iot:DimmerControl", "iot:ColourControl", "iot:Actuator"],  
  "description": "DimmerRGB1_chALL",  
  "version": {"instance": "0.1"},  
  "created": "2019-10-15T13:01:33.020Z",  
  "modified": "2019-10-15T13:01:33.020Z",  
  "support": "https://ikt-dortmund.de",  
  "base": "https://iktsystems.goip.de:443",  
  "actions": {  
    "colour": {  
      "forms": [...]  
      "input": {  
        "properties": {  
          "red": {  
            "@type": "iot:RColourData",  
            "minimum": 0,  
            "maximum": 255,  
            "title": "Channel red",  
            "type": "integer",  
            "readOnly": false,  
            "writeOnly": false  
          },  
          "green": {...}  
        }  
      }  
    }  
  }  
}
```

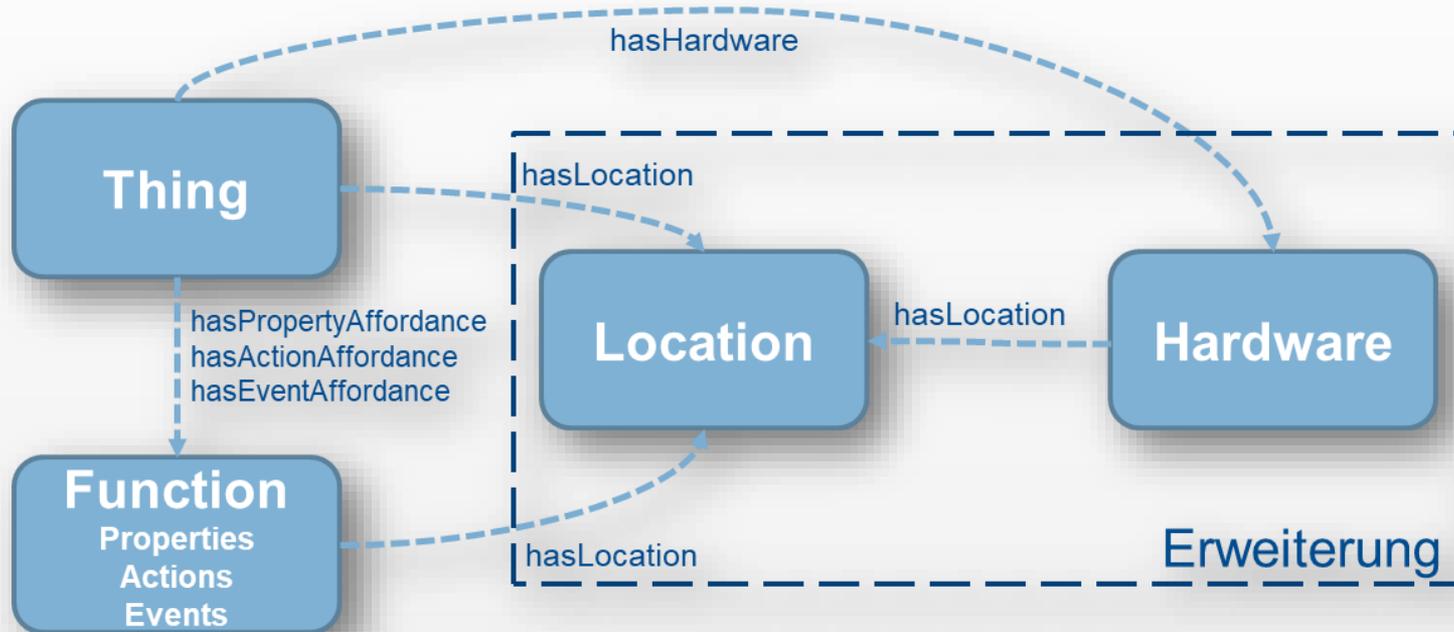
```
[ "https://www.w3.org/2019/wot/td/v1",  
  { "iot": "http://iotschema.org",  
    { "http": "http://iotschema.org/protocol/http",  
      { "schema": "https://schema.org/" } } ]
```

```
"securityDefinitions": {  
  "bearer_sc": {  
    "scheme": "bearer",  
    "in": "header",  
    "name": "bearer_sc",  
    "alg": "ES256",  
    "format": "jwt",  
    "authorization": "https://authorization.com"  
  }  
}
```

```
[ {  
  "op": ["invokeaction"],  
  "href":  
    "https://iktsystems.goip.de:443/...",  
  "contentType": "application/json",  
  "subprotocol": "https"  
} ]
```

Konzeptionierung des Digital Twin

Erweiterung und Konkretisierung des WoT Basismodells



Konzeptionierung des Digital Twin

Erweiterung und Konkretisierung des WoT Basismodells

- Location View – Verortung von Geräten und Funktionen

Vocabulary term	Description	Assignment	Type
id	unique location id	mandatory	String
@type	semantic type	optional	List of String
title	title of the location	mandatory	String
description	location description	optional	String
geo	geocoordinates	optional	GeoCoordinates
address	postal address	optional	PostalAddress
parts	sub parts of the location	optional	List of BuildingPart

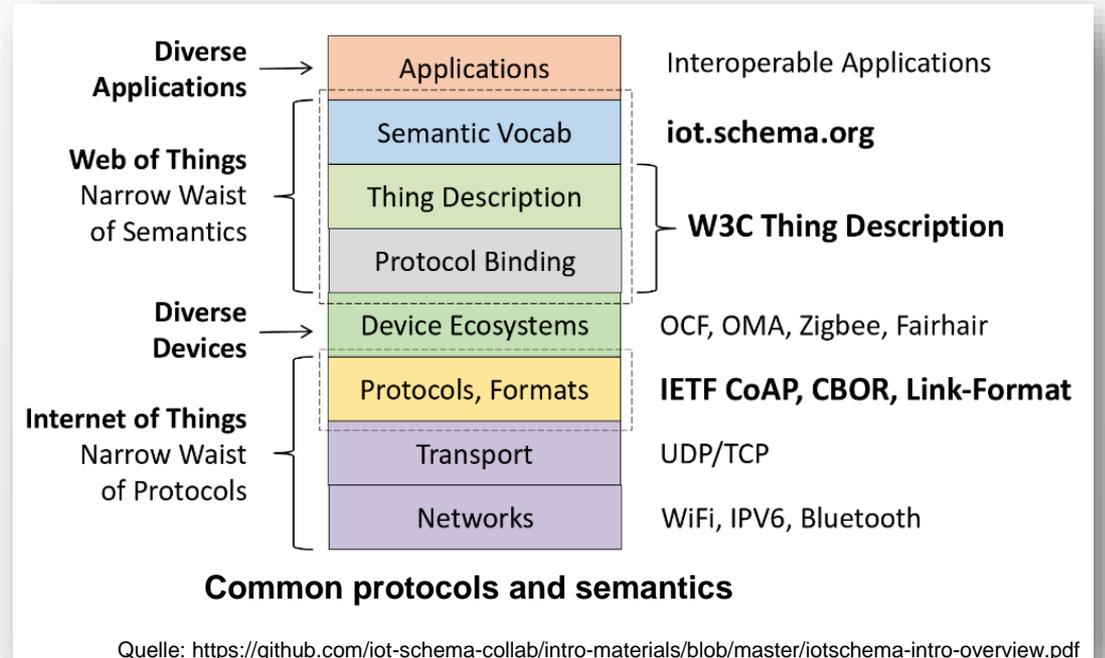
WoT Thing Description

Schema.org

Vocabulary term	Description	Assignment	Type
id	unique location id	mandatory	String
@type	semantic type	optional	List of String
title	title of the location	mandatory	String
description	location description	optional	String
parts	sub parts of the location	optional	List of BuildingPart

Aktuell eigene Struktur – zukünftig ggf.
Verwendung anderer Modelle (z.B. BIM, BOT,
SAREF)

- Schemata als **semantische Erweiterung für die WoT Thing Description** (eng. semantic markup)
- Zunächst Untersuchung von zwei Schemata
 1. **Mozilla - Wot Capability Schema**
 2. **iot.schema.org**
- **Auswahl des iotschema** aufgrund der Verbreitung bei Thing Descriptions



WoT Color Property

```
{
  "color": {
    "@type": ["Property", "iot:CurrentColour"],
    "type": "object",
    "properties": {
      "red": {
        "@type": "iot:RColourData",
        "type": "integer",
        "minValue": 0,
        "maxValue": 255
      },
      "green": {...},
      "blue": {...}
    }
  }
}
```

json-schema

IoT Schema CurrentColour

```
{
  "@id": "iot:CurrentColour",
  "@type": ["rdfs:Class"],
  "iot:observable": [{"@value": "schema:Boolean"}],
  "iot:writable": [{"@value": "schema:False"}],
  "rdfs:comment": [{"@value": "RGB colour"}],...}

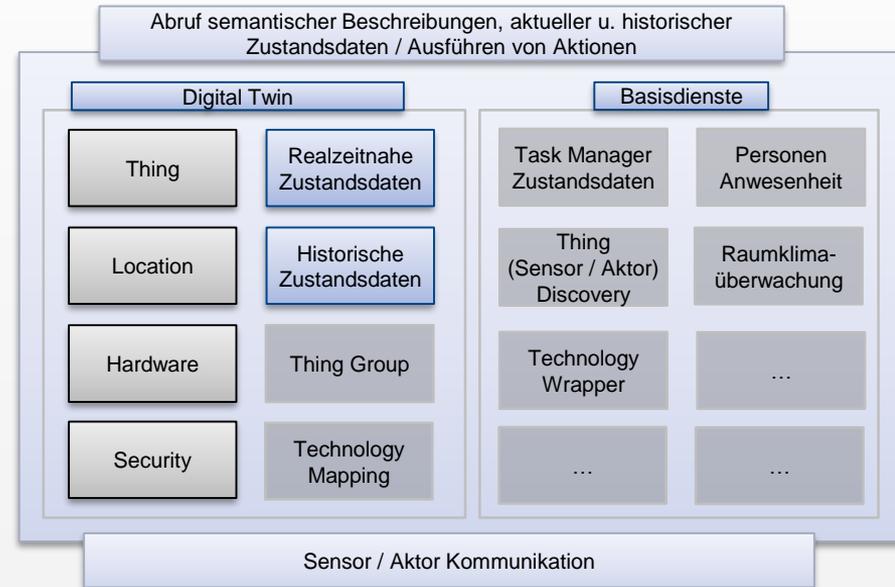
```

IoT Schema RColourData

```
{
  "@id": "iot:RColourData",
  "@type": ["rdfs:Class"],
  "rdfs:comment": [{"
    @value": "Red component of the RGB colour data"}],
  "rdfs:label": [{"@value": "RColourData"}],...}

```

- Übersicht des Digital Twin mit seinen Basis-komponenten
- Neben den statischen Informationen (z.B. TD) enthält der DT dynamische Zustandswerte
- Basisdienste nutzen den DT zur Umsetzung übergeordneter Funktionalitäten



- Implementierung eines *WoT Thing Description* äquivalenten Klassenmodells

```
Thing t = Thing.builder().context(contexts).id(thingId).title(title).  
    description("A web connected color light").  
    atType(Arrays.asList("Thing", "iot:Actuator")).securityDefinitions(secDef).  
    security(security).properties(properties).actions(actions).build();
```

- Objekt-Serialisierung in das *JSON-LD* Format

```
{  
  "@context": [...],  
  "id": "https://ikt-systems.de:443/MyLamp1",  
  "title": "My Lamp 1",  
  "security": ["basic_sc"],  
  "@type": ["Thing", "iot:Actuator"],  
  "description": "A web connected color light",  
  "properties": {  
    "level": {...}
```

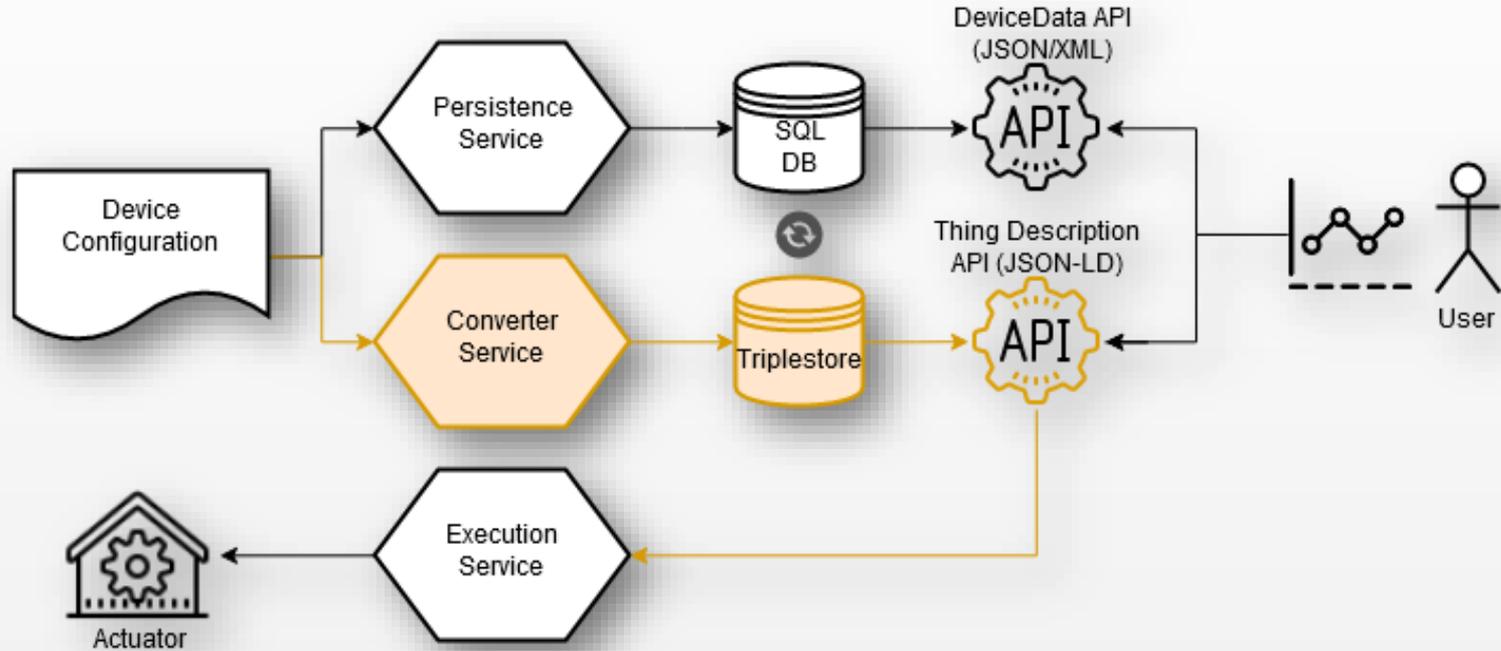
- Objekt-Triple Mapping in einen RDF-Triplestore
- Abruf von Wissen durch **SPARQL** (**P**rotocol **A**nd **R**DF **Q**uery **L**anguage)

Subject	Predicate	Object	Context
_:node1dnuspbaax1	 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#Thing>	
_:node1dnuspbaax1	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#securityDefinitions>	_:node1dnuspbaax2	
_:node1dnuspbaax1	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#title>	"My Lamp 1"	
_:node1dnuspbaax1	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#description>	"A web connected color light"	
_:node1dnuspbaax1	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#hasContexts>	_:node1dnuspbaax3	
_:node1dnuspbaax1	 <https://www.w3.org/2019/wot/td#hasContexts>	_:node1dnuspbaax4	

```
Select ?s
where {
  ?s <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://www.w3.org/2019/wot/td#Thing>
}
```

Implementierung eines Digital Twin

Integration in das CPS



- WoT Thing Description ermöglicht eine **vielseitige Abstraktion von Geräten/Dingen**
- Damit eignet sich die **Thing Description als Basis für einen Digital Twin im IoT-Smart Home Umfeld**
- Durch **Erweiterung des Basismodells um eine Location- und Hardware-View** ergeben sich weitere **Use-Cases im Gebäude-Kontext**
- Das **IoT Schema erweitert die sematische Beschreibung um Gerätefähigkeiten (Capabilities), Interaktionen (Interaction-Pattern) und Wertetypen (PropertyValues)**
- Die **prototypische Implementierung des Digital Twin im IKT** zeigt eine praxisnahe Umsetzung des Konzeptes

Zukünftige Forschungsaufgaben:

- Implementierung eines **Web Thing Directorys**
- Umsetzung **gewerkeübergreifender Use-Cases**
- Automatisiertes **Ontologie- und Schema-Mapping**
- Nutzung der **semantischen Daten für ML/KI**

SENSE project, “Semantic, interoperable Smart Home“ [Online]. Available:
<https://projekt-sense.de/>



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!