

Dirk Timmermann, Vlado Altmann, Jan Skodzik,  
Tim Wegner, Arne Wall, Hannes Raddatz

# **Offene Schnittstellen im Smart Home unter Verwendung semantischer Plug and Play Technologien**

F 3007

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2017

ISBN 978-3-8167-9918-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Offene Schnittstellen im Smart Home unter Verwendung  
semantischer Plug&Play-Technologien

## Endbericht

---

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau  
des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-13-3-001/SWD-10.08.18.7-13.12)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Bearbeiter: Dr.-Ing. Vlado Altmann, Dr.-Ing. Jan Skodzik, Dr.-Ing. Tim  
Wegner, M. Sc. Arne Wall, M. Sc. Hannes Raddatz

Projektleiter: Prof. Dr. Dirk Timmermann

Projektbeginn: 01.10.2013

Projektlaufzeit: 33 Monate

22.06.2016

## **Kurzfassung des Berichts**

Das Ziel des Projektes ist der Einsatz von semantischen Plug&Play-Technologien wie Web Services bzw. Devices Profile for Web Services (DPWS) im Smart Home. Im Rahmen des Projektes wurde zunächst der Stand der Technik gründlich analysiert. Dabei wurden die Kommunikationsgrundlagen untersucht, u.a. bezüglich Web Services, die für die Durchführung des Projektes erforderlich sind. Anschließend erfolgte eine Analyse der in der klassischen Gebäudeautomation zum Einsatz kommenden Technologien und der aktuellen Technologien im Smart Home.

Damit bei einem Einsatz von neuen Technologien die alte Technik nicht vollständig verdrängt werden muss, wurde als erster Aspekt des Projektes die Integration der Legacy-Technologien in Web-Service-Umgebungen untersucht. Ein kompletter Umstieg auf eine neue Technologie ist mit höheren Kosten verbunden, da alle bestehenden Anlagen/Installationen in diesem Fall vollständig modernisiert werden müssen. Eine kostengünstige Lösung ist dagegen eine schrittweise Modernisierung. Dabei werden nur einige Geräte ersetzt oder neue Geräte installiert. Die bestehenden Geräte sollen weiterhin genutzt und in die neue Installation integriert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen alte Geräte mittels eines Gateways mit DPWS-Geräten kommunizieren können.

Dies wird am Beispiel eines ausgewählten Protokolls gezeigt. Ausgehend von der Analyse existierender Protokolle wird als geeignetes Protokoll BACnet ausgewählt. BACnet bietet im Vergleich zu anderen Protokollen die größte Funktionsvielfalt. Darüber hinaus existieren bereits mehrere Gateway-Umsetzungen von BACnet auf andere Protokolle wie z.B. KNX, LON, ZigBee. Dadurch wird es ermöglicht, andere Protokolle in das DPWS-Gateway zu integrieren.

Zu Beginn wurden die Standards DPWS und BACnet unabhängig voneinander analysiert. Es wird zum einen betrachtet, welche Möglichkeiten der jeweilige Standard bietet, um Informationen im Netzwerk darzustellen und wie die Kommunikation zwischen den Geräten abläuft. Zusätzlich wird BACnet/WS, eine Form der Darstellung von Gebäudedaten mit Web Services, betrachtet. Im Anschluss findet ein Vergleich von BACnet und DPWS hinsichtlich der gewünschten Gateway-Funktionalitäten statt. Um Geräteinformationen protokollunabhängig im Gateway speichern zu können, wird eine Struktur entwickelt, in der die einzelnen Komponenten der Geräte auf Entities abgebildet werden.

Für die Implementierung des BACnet-DPWS-Gateways wurde das OSGi-Framework Eclipse Equinox als Basisframework verwendet. Das Gateway besteht aus einem zentralen Gateway-Bundle und jeweils einem Gate-Bundle für die Standards BACnet und DPWS. Die Bundles verwenden definierte Schnittstellen, wobei die Schnittstellen der Gates identisch und protokollunabhängig sind.

Durch die vom Kommunikationsprotokoll unabhängigen Gate-Schnittstellen und die protokollneutrale Gateway-interne Darstellung von Geräten ist eine Grundlage für Gates anderer Protokolle in der Gebäudeautomation gelegt. Ein Gate muss nur dazu in der Lage sein, eine Struktur von Entities auf eine dem Standard entsprechende Darstellungsform zu übertragen sowie eine Anordnung von Entities für Geräte des Standards zu erstellen. Somit kann aus dem Gateway für die Standards BACnet und DPWS ein Gateway für die Gebäudeautomation entstehen.

Als nächster Aspekt des Projekts wurde Smart Metering im Smart Home untersucht. Smart Metering stellt eine der tragenden Säulen im Smart Home dar, da die Nutzer nicht nur Geräte steuern, sondern auch Informationen über das Haus wie z.B. Tagesverbrauch von Strom, Wasser oder Gas erhalten möchten. Solche Informationen werden in den meisten Fällen zwar von den Zählern erfasst, können jedoch aufgrund einer fehlenden Kommunikationseinheit nicht weitergegeben werden. Dieses Problem soll von intelligenten Zählern, den Smart Metern, gelöst werden. Die Einführung der Smart Meter in Deutschland hat sich jedoch stark verlangsamt. Es stellt sich damit die Frage, wie eine Realisierung des Smart Home in naher Zukunft ohne flächendeckenden Einsatzes der Smart Meter möglich ist. Eine Möglichkeit wäre, existierende Zähler für Strom, Gas und Wasser mit einer kostengünstigen Kommunikationseinheit zu ergänzen. Die herkömmlichen Zähler sind jedoch in der Regel mechanisch, sodass eine Erweiterung der Funktionalität schwierig ist. Zu den Aufgaben der Kommunikationseinheit würde folglich auch das Ablesen des Zählers gehören. Um die Lösung möglichst kostengünstig zu gestalten, soll die Kommunikationseinheit in der Lage sein, beliebige Zählerstände ablesen zu können und den abgelesenen Wert über eine Kommunikationsschnittstelle zu übertragen. Durch die vielfältige Beschaffenheit der Zähler ist es einheitlich nur möglich, an den Zählerstand direkt über die Anzeige zu gelangen. Die Anzeige muss somit optisch erfasst und der Zählerstand ausgewertet werden. Hierdurch könnten beliebige Zähler kostengünstig zu Smart Metern aufgerüstet werden. Eine solche Lösung kann darüber hinaus schnell umgesetzt werden und dabei die Einführung des Smart Home deutlich beschleunigen.

Eines der Ziele dieses Projektes war es daher, ein kostengünstiges System zu entwickeln, das den Zählerstand eines analogen Stromzählers in kurzen Intervallen ausliest und diese Daten über einen Web Service im lokalen Netzwerk verfügbar macht. Hierfür wird in diesem Bericht zunächst ein kurzer Überblick über den Stand der Technik der Bildverarbeitung und Mustererkennung gegeben. Anschließend wird ein Konzept vorgestellt, mit dem alte Ferraris-Zähler zu Smart Metern aufgerüstet werden können. Da es sich dabei um ein sehr komplexes System handelt, wird es in mehrere Module unterteilt. Diese sind Bilderfassung, Vorverarbeitung, Detektion der „Regions of Interest“, Segmentierung, Suche nach Zeichenketten, Ziffernerkennung und Bereitstellung der Daten über einen Web Service. Als

Plattform wird der Raspberry Pi gewählt, da dieser trotz geringer Anschaffungs- und Verbrauchskosten eine relativ hohe Rechenleistung erreicht. Die Bilder werden mit einer ebenfalls kostengünstigen Kamera aufgenommen, die direkt an den Raspberry Pi angeschlossen wird. Damit ist ein abgeschlossenes System entstanden, das die gestellten Aufgaben vollständig übernehmen kann. Die Verbrauchsdaten können von beliebigen anderen eingebetteten Systemen, PCs oder Smartphones abgerufen werden. Das System wurde darüber hinaus in verschiedenen Ausführungen implementiert, die sich in Erkennungsrate und Laufzeit für eine Zählerstanderkennung unterscheiden. Das beste System erreicht dabei eine gute Erkennungsrate von 98%. Die Zeit für die Verarbeitung eines Bildes des Zählerstands inklusive Bildaufnahme beträgt maximal 1,7 Sekunden. Hiermit ist es möglich, dem Nutzer eine vollfunktionierende und kostengünstige Erweiterung für alte Zähler anzubieten, die es ermöglicht, aktuelle Daten über den Stromverbrauch, grundsätzlich aber auch über Wasser- und Gasverbrauch zur Verfügung zu stellen. Damit kann die Zeit bis zur Einführung und zum Einbau der Smart Meter überbrückt und die Vernetzung von Smart Home und Smart Metering schon jetzt vorangetrieben werden.

Ein weiterer Aspekt ist die nutzerfreundliche Konfiguration von Smart Home Geräten durch den Anwender. Dazu wurde ein Konzept entwickelt, welches die dezentrale Konfiguration solcher Geräte ermöglicht. Der Benutzer kann Geräte miteinander verknüpfen und Regeln für deren Interaktion mittels eines Endgerätes wie Smartphone oder Computer aufstellen. Dabei findet die Kommunikation allein zwischen den Geräten und dem Nutzergerät statt. Dies ist ein Vorteil der dezentralen Konfiguration im Gegensatz zur Kommunikation über einen zentralen Hub, welche häufig in proprietären Lösungen angewendet wird.

Das Fehlen eines Datenmodells in DPWS stellt eine Hürde für die herstellerunabhängige Kommunikation zwischen DPWS-Geräten dar. Gleiche Geräte unterschiedlicher Hersteller können verschiedene Daten für die Konfiguration benötigen. Um diese Hürde zu überwinden, wurde eine Datenbank im Internet eingerichtet. Entwickler von DPWS-Geräten können so genannte WSDL-Dateien, welche eine Beschreibung der individuellen Implementierung enthalten, hochladen und die Dateien anderer Hersteller einsehen. Somit wurde eine Plattform geschaffen, die den Austausch von Gerätedaten und die Etablierung von Standards für Konfigurationsdaten von spezifischen Gerätetypen ermöglicht.

Abschließend wurde eine Demonstrationsumgebung aufgebaut, in der die in diesem Projekt entwickelten Konzepte und Mechanismen umgesetzt und veranschaulicht werden. Der Fokus liegt dabei im Besonderen auf der dezentralen Konfiguration von DPWS-Geräten, der Einbindung von Legacy-Technologien und der kamera-basierten Zählerstanderkennung.

Die im Projektantrag genannten Arbeitsphasen

- Untersuchung des Standes der Technik
- Definition von Use Case und Anwendungsszenarios
- Ableitung allgemeiner Anforderungen und Spezifikation des Kommunikationsprotokolls
- Ausarbeitung einer offenen Kommunikationslösung für das Smart Home
- Spezifikation der Infrastruktur / Architektur des Gesamtsystems
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Umsetzung einer Demonstration für das Anwendungsszenario

wurden damit vollständig abgeschlossen. Das Projekt liegt damit exakt im Zeitplan.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	vii
Tabellenverzeichnis.....	xii
Abkürzungsverzeichnis .....	xiii
1. Einführung .....	1
2. Stand der Technik .....	2
2.1. ISO/OSI-Referenzmodell .....	2
2.2. Software-Architektur-Stile .....	4
2.3. Gebäudeautomation .....	18
3. Integration der Legacy-Technologien in Web Services.....	40
3.1. Vergleich von BACnet und DPWS und daraus resultierende Gateway-Anforderungen.....	40
3.2. Entwurf eines Konzepts für ein BACnet-DPWS-Gateway .....	43
3.3. Darstellung der Geräte innerhalb des Gateways.....	48
3.4. Realisierung des BACnet-DPWS-Gateways .....	50
3.5. Verwendete Frameworks .....	50
3.6. Implementierung des BACnet-DPWS-Gateways.....	54
3.7. Zusammenfassung des Kapitels.....	78
4. Smart Metering im Smart Home .....	80
4.1. Grundlagen .....	82
4.2. Konzept.....	102
4.3. Implementierung.....	126
4.4. Ergebnisse und Auswertung .....	139
4.5. Zusammenfassung des Kapitels.....	144
5. Dezentrale Gerätekonfiguration.....	146
5.1. Motivation .....	146
5.2. Konzept.....	147
5.3. Realisierung .....	148
5.4. Implementierung.....	151



5.5. Zusammenfassung des Kapitels.....	152
6. WSDL-Datenbank.....	153
6.1. Motivation .....	153
6.2. Funktionen der WSDL-Datenbank .....	155
7. Demonstrator.....	158
7.1. Umsetzung .....	158
7.2. Demoszenarien .....	161
8. Zusammenfassung.....	171
A. Anhang .....	I
A.1. Gateway-eigene Enumerations .....	I
A.2. Konfigurations-Service Interface .....	IV
Literaturverzeichnis.....	VI