

## Autology

The automated ontology generator

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energie- u. Umwelttechnologien, Energie- u. Umwelttechnologien, Stadt der Zukunft Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.11.2023	<b>Projektende</b>	31.10.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	24 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 349.497		
<b>Keywords</b>	Intelligente Gebäude; konsistente Informationsweitergabe; semantische Daten; Ontologien		

### Projektbeschreibung

Die größte Herausforderung für künftige Energiesysteme besteht darin, die verfügbare Energie aus fluktuierenden erneuerbaren Ressourcen mit der Nachfrage zeitlich und örtlich zu koordinieren. Nachfrageseitig spielt vor allem der Gebäudesektor eine große Rolle: gegenwärtig ist der Gebäudebestand in der EU nach wie vor energieintensiv und überwiegend ineffizient; er ist für 40 % des Endenergieverbrauchs und 36 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Smarte Energy Services wie prädiktive Regelungen oder Fault Detection and Diagnosis FDD könnten den Energieverbrauch von Heiz- und Kühlsystemen erheblich verringern (bis zu 30%) und gleichzeitig die Qualität des Innenraumklimas verbessern. Trotz erheblicher Entwicklungsfortschritte in den letzten Jahren (u.A. im Bereich von KI - Künstlicher Intelligenz) bleibt die Anwendung dieser innovativen Energy Services noch immer weit hinter dem Potential zurück. Ein Grund besteht im enormen manuellen Vorbereitungsaufwand: für die Skalierung von Energy Services ist die semantische Beschreibung (Ontologie) von Datenpunkten von zentraler Bedeutung: sie beinhaltet die Funktionalitäten von Entitäten (Geräte, Aktuatoren, Messpunkte, etc.) und deren Beziehung zueinander und zum übergeordneten System (z.B. Gebäude). Zusätzlich bilden Ontologien die Basis für die Erfassung, Analyse/Verarbeitung, Verwertung, Dokumentation und Archivierung von Gebäude- und Bauteildaten in allen

Phasen des Lebenszyklus. Genau an dieser Stelle setzt das Projekt Autology durch die Anwendung Künstlicher Intelligenz an. Übergeordnetes Projektziel ist die automatisierte Gewinnung und Erzeugung von Metadaten zur Erstellung von Ontologien aus dem Gebäudeautomationssystem unter Anwendung innovativer, KI-basierter Ansätze. Als Projektergebnisse sollen KI-basierte Softwarelösungen geschaffen werden, die i) hochgradig-, bzw. vollautomatisiert aus einem bestehenden BACnet Metadaten extrahieren, diese in eine neue oder bestehenden Ontologie einpflegen, und mit eventuell bereits existierenden Metadaten verknüpfen, ii) die mit sehr hoher Genauigkeit und Trefferquote die Klassifizierung von Messwert-Zeitreihen entlang mehrerer Dimensionen (Sensor Typ, Messgröße, Maßeinheit, etc.) vornehmen und iii) die mit sehr hoher Treffsicherheit und Genauigkeit die physischen Strukturen und Hierarchien hinter Sensoren anhand von Messwert-Zeitreihen erkennen. Diese sogenannten Ontologie-Bootstrapping-Methoden wurden im Gebiet der Gebäudeautomatisierung bis jetzt kaum untersucht, die Anwendung würde aber entscheidende Vorteile für die Betriebsautomatisierung sowie die Skalierung

innovativer Energy Services für Neubau- und Bestandsgebäude bringen und geht damit weit über den Stand der Technik hinaus.

## **Abstract**

The greatest challenge for future energy systems is to coordinate the available energy from fluctuating renewables with the energy demand. On the demand side, the building sector plays a major role: the building stock in the EU is currently still energy-intensive and largely inefficient. It is responsible for 40% of final energy consumption and 36% of CO<sub>2</sub> emissions. Smart energy services such as predictive control or fault detection and diagnosis (FDD) could significantly reduce the energy consumption of heating and cooling systems (up to 30%) and at the same time improve the quality of the indoor climate. Despite considerable development progress in recent years (e.g. in the field of AI - artificial intelligence), the application of these innovative energy services still falls far short of the potential. One reason is the enormous manual preparation effort: the semantic description (ontology) of data points is of central importance for the scaling of energy services. It contains the functionalities of entities (devices, actuators, measuring points, etc.) and their relationship to each other and to the higher-level system (e.g. building). This is where the Autology project comes in through the use of artificial intelligence.

The overarching project goal is the automated extraction and generation of metadata for the creation of ontologies from the building automation system using innovative, AI-based approaches. As a result of the project, software solutions are to be created that i) extract metadata from an existing BACnet in a highly or fully automated manner, enter this into a new or existing ontology, and link it to any existing metadata, ii) that, with a very high level of accuracy and hit rate, classification of measured value time series along several dimensions (sensor type, measured variable, unit of measure, etc.) and iii) recognizing the physical structures and hierarchies behind sensors with very high accuracy and accuracy using measured value time series. These so-called ontology bootstrapping methods have hardly been investigated in the field of building automation, but the application would bring decisive advantages for operational automation and the scaling of innovative energy services for new and existing buildings and thus goes far beyond the state of the art.

## **Endberichtkurzfassung**

In modernen Gebäudeautomations- und IoT-Systemen stehen große Mengen an Messdaten zur Verfügung, deren semantische Bedeutung und struktureller Kontext jedoch häufig unzureichend dokumentiert sind. Dies erschwert die Skalierung datengetriebener Anwendungen wie Energie-Monitoring, Betriebsoptimierung oder Fehlerdiagnose. Bestehende Ontologien (z. B. Brick, Haystack, SAREF) werden überwiegend manuell erstellt und sind mit hohem Aufwand verbunden, insbesondere im Gebäudebestand.

Ziel des Projekts Autology war die Entwicklung von KI-gestützten Methoden zur automatisierten Gewinnung semantischer Metadaten und zur Erstellung von Ontologien für Gebäudeautomationssysteme. Zentrale Teilziele waren die automatisierte Metadatenextraktion aus BACnet-Systemen, die Klassifikation von Messwert-Zeitreihen sowie die Erkennung physischer Strukturen und Hierarchien zwischen Sensoren und Komponenten.

Das Projekt umfasste Grundlagenarbeiten (Literaturstudie, Stakeholderanalyse, Anforderungsdefinition), den Aufbau eines BACnet-Testbeds im Labormaßstab sowie die Erstellung eines qualitätsgesicherten Datenpools aus offenen, synthetischen und realen Gebäudedaten. Als semantische Grundlage wurde unter anderem das Haystack-Schema genutzt und in einen Knowledge Graph überführt.

Für die Zeitreihenklassifikation wurden Machine-Learning-Methoden mit domänenspezifischem Feature-Engineering eingesetzt.

Die Erkennung physischer Strukturen für unterschiedlich aufgebaute, simulierte Wasserzählernetzwerke erfolgte durch eine formale Problemdefinition und den Einsatz symbolischer KI (Answer Set Programming).

Die Methoden wurden systematisch auf synthetischen und teilweise realen Datensätzen validiert.

Die entwickelten Klassifikationsmethoden erreichten makro-gemittelte F1-Scores von bis zu 0,98 und eignen sich besonders für die automatisierte Vor-Klassifikation großer Sensordatenbestände. Die Strukturerkennung zeigte, dass physische Hierarchien aus Messdaten ableitbar sind, jedoch zusätzliche Annahmen und Wissen für eindeutige Lösungen erforderlich sind.

Insgesamt liefert Autology eine belastbare Grundlage für automatisiertes Ontologie-Bootstrapping und skalierbare, interoperable Anwendungen im Gebäudesektor.

### **Projektkoordinator**

- DILT Analytics FlexCo

### **Projektpartner**

- Technische Universität Graz