



SENSE: Semantic-Based Explanation of Cyber-Physical Systems

Deliverable 7.2: Dissemination Plan v3

Authors	:	T. Frühwirth, G. Steindl, T. Schwarzingner
Dissemination Level	:	Public
Due date of deliverable	:	31.07.2025
Actual submission date	:	July 2025
Work Package	:	WP7
Type	:	Report
Version	:	3.0

Abstract

Deliverable D7.2 reports the current status of scientific and non-scientific dissemination activities of the SENSE project. This report presents the state as of July 2025, which marks the last month of the SENSE project, and supersedes v2.0 of this document.

The information in this document reflects only the author's views and neither the FFG nor the Project Team is liable for any use that may be made of the information contained therein. The information in this document is provided "as is" without guarantee or warranty of any kind, express or implied, including but not limited to the fitness of the information for a particular purpose. The user thereof uses the information at his/ her sole risk and liability.

History

Version	Date	Reason	Revised by
3.0	31.07.2025	Updated Publications	TS
2.0	31.1.2024	Deliverable update	
1.0	29.01.2024	Initial draft	GS, WP

Author List

Project Partner	Name (Initial)	Contact Information
AEE INTEC	Dagmar Jähnig (DJ)	d.jaehnig@aee.at
AEE INTEC	Christoph Moser (CM)	c.moser@aee.at
TU	Thomas Frühwirth (TF)	thomas.fruehwirth@tuwien.ac.at
TU	Mohammad Bilal (MB)	Mohammad.bilal@tuwien.ac.at
TU	Tobias Schwarzingner (TS)	tobias.schwarzinger@tuwien.ac.at
SIE	Juliana Kainz (JK)	juliana.kainz@siemens.com
SIE	Daniel Hauer (DH)	daniel.hauer@siemens.com
SIE	Konrad Diwold (KD)	konrad.diwold@siemens.com
SIE	Alfred Einfalt (AE)	alfred.einfalt@siemens.com
SIE	Gerhard Engelbrecht (GE)	gerhard.engelbrecht@siemens.com
SIE	Simon Steyskal (SS)	simon.steyskal@siemens.com
WU	Katrin Schreiberhuber (KS)	katrin.schreiberhuber@wu.ac.at
WU	Marta Sabou (MS)	marta.sabou@wu.ac.at
MME	Wolfgang Prügler (WP)	w.prueggler@mmenergies.at

Executive Summary

The SENSE project aims to explain events occurring in technical systems regarding the area of Smart Grid and Smart Buildings. The goal is to contribute to Austria's sustainability goals by making complex systems that underlie key (and often highly polluting) infrastructures more efficient and user-friendly through explanations of (anomalous) events occurring in those systems. The SENSE system to be developed in this project aims to make complex Cyber-Physical Systems (CPSs) more transparent and thereby improve the performance and user acceptance of such systems.

This report contains the dissemination plan, summarizing already conducted as well as planned dissemination activities during and after the SENSE project. It is structured into different types of dissemination formats, including scientific dissemination such as journals, conferences, and theses, and non-scientific dissemination in the form of panel discussions, workshops, and other public events/brochures.

Summarized, the dissemination activities within SENSE currently include:

- Conference papers:
 - Published/Accepted: 19
 - Submitted: 1
 - Planned: 1
- Journal papers:
 - Accepted: 3
 - Submitted: 1
 - In progress/Planned: 4
- Theses:
 - Published/Completed:
 - 5 Bachelor's
 - 1 Master's
 - In progress:
 - 5 Bachelor's
 - 2 Master's
 - 5 PhD
- 21 scientific and non-scientific workshops and panel discussions with SENSE-related topics were held
- SENSE project website is online [1]
- 3 GitHub repositories containing the SENSE stack [2] and support material [3] [4] are online
- 2 newspaper/magazine articles mentioning SENSE were published [5] [6].

As such the dissemination targets foreseen in the project proposal were met and, in some cases, even significantly exceeded.

Table of Content

History	2
Author List.....	2
Executive Summary.....	3
Table of Content	4
List of Figures	5
List of Tables	5
1 Introduction	6
1.1 Purpose and Scope of the Document	6
1.2 Structure of the Document	6
2 Dissemination Strategy	7
2.1 Target Groups and Key Messages.....	7
2.2 Dissemination Among the Scientific Community	7
2.3 Dissemination Among Developers and System Operators.....	8
2.4 Dissemination Among End Users and the General Public	8
3 Conference Publications	9
4 Journal Publications	11
5 Bachelor's, Master's, and PhD Theses	12
6 Other Scientific Dissemination Activities	14
7 Non-scientific Dissemination	16
7.1 Workshops and Networking Activities.....	16
7.2 Project Website.....	16
7.3 Public GitHub Repositories	18
7.4 Newspaper and Magazine Articles	19
7.4.1 Die Presse: KI macht grüne Technik benutzerfreundlich.....	19
7.4.2 hi!tech: Energiegemeinschaften im Fokus.....	20
8 Dissemination activities for project closing	21
8.1 SENTIS Workshop: Leveraging Semantics for Transparency in Industrial Systems	21
8.2 Project Results Website	21
8.3 One-pagers.....	21
9 References	24

List of Figures

Figure 1: The SENSE Website	17
Figure 2: The SENSE-Core GitHub Repository	18
Figure 3: Die Presse Newspaper Article (April 2023)	19
Figure 4: hi!tech Article (January 2024)	20

List of Tables

Table 1: Publications in National and International Conferences	9
Table 2: Publications in National and International Journals	11
Table 3: Bachelor's Theses Within the SENSE Project	12
Table 4: Master's Theses Within the SENSE Project	12
Table 5: PhD Theses Within the SENSE Project	13
Table 6: Other Scientific Dissemination Activities	14
Table 7: Workshops and Networking Activities	16

1 Introduction

1.1 Purpose and Scope of the Document

This report provides a detailed description of the dissemination activities carried out throughout the project. It contains a summary of various dissemination efforts, including presentations at scientific conferences, publication of journal papers, press releases, and other related activities. This document supersedes v1.0 of the deliverable. The general information, such as target groups and key messages, is preserved, but the exact numbers of published and planned dissemination activities are updated.

1.2 Structure of the Document

Section 2 covers general information about the dissemination strategy, target groups, and key messages. Section 3 presents an overview of paper contributions to scientific conferences, which, in absolute numbers, constitute the main scientific dissemination activities. Section 4 summarizes journal articles, and Section 0 lists Bachelor, Master, and PhD theses that are being conducted or have been finished. Section 7 covers non-scientific dissemination efforts, such as panel discussions, the SENSE website, and newspaper/magazine articles.

2 Dissemination Strategy

Typical information to be found in a dissemination plan should include [7]:

- Audience: the group or groups of people that the dissemination plan is targeting
- Message: the content or information that is being conveyed through the dissemination plan
- Approach: refers to the methods or strategies used to deliver the message to the audience
- Timing: determining when to disseminate the information
- Responsible Party: identifies the individual or group responsible for executing the dissemination plan

Section 2.1 covers the audience and message in the form of target groups and key messages addressing them. General descriptions of the approaches applied by the SENSE project team towards each target group are briefly discussed in Sections 2.2-2.4. The information about the timing and responsible parties is covered by the tables summarizing conducted and planned dissemination activities in the subsequent sections.

2.1 Target Groups and Key Messages

For the results of the SENSE project, the scientific community, developers and operators of cyber-physical systems, and end users/general public are identified as the primary target groups.

Key message toward the scientific community:

“The SENSE project contributes to the explainability of cyber-physical systems through focused research in three key areas: event detection in digital twins, novel methods for semantics-based explainability, and personalized and interactive user interfaces.”

Key message towards developers and operators of cyber-physical systems:

“Providing explanations for autonomous actions performed by cyber-physical systems is a crucial aspect of their acceptance and a key driver for their widespread adoption. This transparency is essential for compliance with regulatory standards and enhancing confidence in deploying these technologies.”

Key message toward end users/general public:

“Ultimately, the ability to demystify complex autonomous actions paves the way for a more informed, engaged, and accepting user base. Trust in cyber-physical systems must be built, and transparently explaining their decision-making processes is the best way to do so.”

2.2 Dissemination Among the Scientific Community

Dissemination within the scientific community will primarily be achieved through traditional means, such as presenting papers at scientific conferences and submitting articles to scientific journals. The project team will prioritize open-access media when selecting appropriate conferences and journals. Additionally, an equally important mode of dissemination involves academic theses at the Bachelor, Master, and PhD levels. These theses offer the possibility of presenting more in-depth discussions and findings of our research. The project team targets twelve conference paper publications, four journal articles, three Bachelor’s theses, five

Master's theses, and two PhD theses directly resulting from the research conducted within the SENSE project. Finally, the project results will be incorporated into university courses where appropriate.

2.3 Dissemination Among Developers and System Operators

Dissemination efforts targeting developers and operators of cyber-physical systems will encompass a range of activities, including panel discussions and networking opportunities at industrial fairs, symposia, and conferences. Additionally, we aim to engage potentially interested parties through articles in industry-specific magazines. These activities will primarily focus on two key application areas of cyber-physical systems, reflecting the expertise of our project consortium partners: Smart Grids and Smart Buildings. In the Smart Grid sector, our primary stakeholders are Distribution System Operators (DSOs), Charge Point Operators (CPOs), and developers of related technical systems. Within the Smart Building sector, the SENSE project is oriented towards building operators and facility managers, addressing their specific needs and challenges.

2.4 Dissemination Among End Users and the General Public

The SENSE project's concepts and technical solutions hold significant interest for the scientific and industrial communities. However, the project ultimately addresses a need arising by end users and the general public, who should benefit from the project's results by increasing trust in and acceptance of cyber-physical systems that manage infrastructure at a level of efficiency not possible without these technologies. The project team maintains a website presenting the project goal and major results and strives to present their research as well as convey its importance and benefits in newspaper articles and other media that are more accessible to a broader audience than scientific works and industry-specific magazines.

3 Conference Publications

Table 1 provides a collection of scientific contributions by the SENSE project team that are currently published/submitted/planned to be submitted to national and international conferences.

Table 1: Publications in National and International Conferences

Publication Title	Authors	Conference	Status
Leveraging Knowledge Graphs for Enhancing Machine Learning-based Heart Disease Prediction	M. Llugiqi, F. Ekaputra, M. Sabou	AIROV 2024	published
Semi-Automated Event Specification for Knowledge-Based Event Detection	T. Schwarzingler, G. Steindl, T. Frühwirth, K. Diwold	ETFA 2024	published
Forecasting Critical Overloads based on Heterogeneous Smart Grid Simulation	M. Bittner, D. Hauer, C. Stippel, K. Scheucher, R. Sudhoff, A. Jantsch	ICMLA 2023	published
Application of Operating Envelopes to increase hosting capacity for smart charging facilities in urban distribution grids	J. Kainz, A. Einfalt, G. Engelbrecht, A. Frischenschlager, C. Wolloner	CIREW WS2024	published
Causality Prediction with Neural-Symbolic Systems: A Case Study in Smart Grids	K. Schreiberhuber, M. Sabou, F. J. Ekaputra, P. Knees, P. Ruswono Aryan, A. Einfalt and R. Mosshammer	NESY 2023	published
Semantics-enabled System Transparency: Towards user-centered Explanations in Cyber-physical Systems	K. Schreiberhuber	ISWC 2024 (DC)	published
Towards a State Explanation Framework in Cyber-Physical Systems	K. Schreiberhuber, F. Ekaputra, M. Sabou, D. Hauer, K. Diwold, T. Frühwirth, G. Steindl, T. Schwarzingler	DACH+ Energy Informatics 2024	published
Enhancing Machine Learning Predictions through Knowledge Graph Embeddings	M. Llugiqi, F. Ekaputra, M. Sabou	NESY 2024	published
Enabling Semantically Enriched Data Streams from OPC UA in Industrial Cyber-Physical Systems	F. Pacher, G. Steindl	ISM 2024	published
The Independent Event Log Layer (IELL): Semantic Integration of Industrial IoT Event Logs	V. Just, G. Steindl, W. Kastner	ISM 2024	published
Semantics-based explanation of (unusual) events in the energy system	M. Sabou, K. Schreiberhuber, F. Ekaputra, A. Einfalt, T. Frühwirth, D. Hauer, J.	ComForEn 2024	published

	Kainz, G. Steindl, K. Diwold		
Interpretable Load Forecasting with Structured State Space Neural Networks	M. Bittner, D. Hauer, M. Wess, D. Dallinger, D. Schnoell, K. Diwold, A. Jantsch	ECML PKDD 2024	published
A Methodology to Convert Tacit Knowledge into Explicit Knowledge - Smart Building Use Case	M. Bilal, G. Steindl, M. Thoma, W. Kastner	ICCA 2024	published
Forecasting Load Profiles and Critical Overloads with Uncertainty Quantification for Low Voltage Smart Grids	M. Bittner, D. Hauer, M. Wess, D. Schnoell, K. Diwold, A. Jantsch	ICSRS 2024	published
Erklärung von (anormalen) Ereignissen in Energiesystemen – Fallstudien zu möglichen ökonomischen Auswirkungen	W. Prügler, A. Einfalt, D. Hauer, Juliana Kainz	IEWT 2025	published
SigSPARQL: Signals as a First-Class Citizen When Querying Knowledge Graphs	T. Schwarzinger, G. Steindl, T. Frühwirth, T. Preindl, K. Diwold, K. Schreiberhuber, F. Ekaputra	SEMANTiCS 2025	accepted
Using LLMs to improve knowledge-driven Conversational AI	I. Toma	t.b.d.	planned
Exploring LLMs for Causal Discovery in Cyber-Physical Systems	Katrin Schreiberhuber, Paul Maurer, Fajar J. Ekaputra, Marta Sabou, Konrad Diwold	Workshop on Causal Neuro-symbolic Artificial Intelligence	published
Enhancing Transparency in Smart Grids: the SENSE Framework	Katrin Ehrenmüller, Konrad Diwold, Tobias Schwarzinger, Gernot Steindl, Wolfgang Prügler, Fajar J. Ekaputra, Marta Sabou	ISWC 2025	accepted
ACCELERATING E-MOBILITY CHARGING INTEGRATION WITH DYNAMIC GRID CAPACITY MANAGEMENT	Daniel Hauer, Juliana Kainz, Ruben Liedy, Manuel Matzinger, Alfred Einfalt, Gerhard Engelbrecht, Sabine Kubicek, Roland Zoll	CIREC 2025	published
Data-driven augmentation of expert causal knowledge in cyber-physical systems	Katrin Ehrenmüller, Lucas Kook, Fajar J. Ekaputra, Marta Sabou	SENTIS 2025	submitted

4 Journal Publications

Table 2 provides an overview of accepted journal articles as well as of submissions currently planned by the SENSE project members.

Table 2: Publications in National and International Journals

Publication Title	Journal	Authors	Status
Towards Semantic Event-Handling for Building Explainable Cyber-Physical Systems	IEEE Transaction on Industrial Informatics	G. Steindl, T. Schwarzhinger, K. Schreiberhuber, F. Ekaputra	published
Pattern-Based Engineering of Neurosymbolic AI Systems	Journal of Web Semantics (JoWS)	F. Ekaputra	published
Semantic-based Data Augmentation for Machine Learning Prediction Enhancement	Journal of Neurosymbolic Artificial Intelligence	Majlinda Llugiqi, Fajar Ekaputra, Marta Sabou	published
On Modelling Tacit Knowledge into OntoUML	IEEE open access	Mohammad Bilal, Katrin Schreiberhuber, Gernot Steindl, Wolfgang Kastner	submitted
States for markovian design process - reinforcement learning	IEEE Communication society	Mohammad Bilal, Paul Bauer, Stefan Wilker, Rosie Plimmer, Wolfgang Kastner	in progress
Methodology context aware monitoring for smart grids	TBD	Daniel Hauer	planned
Auditable Event-driven Digital Twin Architecture	IEEE Transaction on Industrial Informatics	Gernot Steindl, Thomas Frühwirth, F. Ekaputra	planned
When Things Go Wrong: The SENSE Ontology for Explaining CPS Anomalies	Semantic Web Journal	Katrin Ehrenmüller, Tobias Schwarzhinger, Gernot Steindl, Fajar J. Ekaputra and Marta Sabou	in progress

5 Bachelor's, Master's, and PhD Theses

Table 3, Table 4, and Table 5 summarize Bachelor's, Master's, and PhD theses, respectively, that have been completed or are currently planned/in progress in the context of the SENSE project.

Table 3: Bachelor's Theses Within the SENSE Project

Topic/Title	Author (Student)	Institution	Status
Explainability requirements for smart grids	Lada Kordulova	WU	published
Analysis of Weather Forecast reliability from a user's perspective	Aleksandar Banov	WU	published
LLMs for user assistance in gathering domain knowledge	Jonas Christian Hemedinger	WU	published
Data-Driven Insights into Explainable Smart Energy Systems	Nicole Dangl	WU	in progress
Explanation Performance - Evaluating the appropriateness and effectiveness of user-centered explanations	Bleona Loga	WU	in progress
Causal Model Extraction - LLMs as Explainability Support in Cyber Physical Systems	Paul Maurer	WU	published
An Explanation Interface Design for the SENSE Explainability Framework	Fixl Michael	WU	in progress
An extended analysis of user requirements for explainable smart energy systems	Bucher Felix	WU	in progress
An Extensible Ontology for Describing Time Series Data in an Industrial Setting	Alexander Ebner	TU	in progress
Enabling Smart Industrial Data Streams: A Semantic Approach for Stream-Based Data Enrichment of OPC UA	Felix Pacher	TU	published

Table 4: Master's Theses Within the SENSE Project

Topic/Title	Author (Student)	Institution	Status
AI-Powered Rule Generation for Automated Fault Detection and Diagnostics	Jonas Fischer	TU	published
Parameter Identification of Signal Temporal Logic for Fault Detection in CPS	Michael Houzar	TU	in progress
Tool-support for causality acquisition	Ema Holinska	WU	in progress

Table 5: PhD Theses Within the SENSE Project

Topic/Title	Author (Student)	Institution	Status
Causality, Events, and States Modelling Within Cyber-Physical Systems	Mohammad Bilal	TU	in progress
Semantics-enabled System Transparency: Towards user-centered Explanations in Cyber-physical Systems	Katrin Schreiberhuber	WU	in progress
Context aware monitoring in smart grids	Daniel Hauer	SIE / TU	in progress
Knowledge Infusion in Neural Networks	Majlinda Llugiqi	WU	in progress
Context-aware and Multi-Method Event Detection in Cyber-Physical Systems	Tobias Schwarzingger	TU	in progress

6 Other Scientific Dissemination Activities

Table 1 provides an overview of additional dissemination activities among the scientific community.

Table 6: Other Scientific Dissemination Activities

Title	Authors	Venue	Status
Invited Lecture: Knowledge Graphs for Conversational AI	Ioan Toma	4th Data Science International Summer School, Predeal, Romania	presented
Poster: Netzfrequenter Betrieb von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften durch Operating Envelopes von Verteilnetzbetreibern	Juliana Kainz, Robin Sudhoff, Gerhard Engelbrecht, Alfred Einfalt, Ines Fohler, Daniel Hauer, Christopher Kahler, Ruben Liedy, Andreas Schuster, Sebastian Thiem	ETG CIRED DACH 2023 Workshop	presented
Poster: Simulationsframework für die Entwicklung und Validierung der Betriebsweise von netzfreundlichen Energiegemeinschaften	Juliana Kainz, Robin Sudhoff, Gerhard Engelbrecht, Alfred Einfalt, Ines Fohler, Daniel Hauer, Christopher Kahler, Ruben Liedy, Andreas Schuster, Sebastian Thiem	ETG CIRED DACH 2023 Workshop	presented
Semantic-Based Explanation of Cyber Physical Systems	Fajar Ekaputra	EPURAI 2024 Workshop	presented
Organized Workshop: Knowledge Graphs and NeuroSymbolic AI Workshop	Fajar Ekaputra	AIROV 2024	held
Organized Workshop: DeclarativeAI 2024 - Industry Track	Ioan Toma	DeclarativeAI 2024	held
Organized Workshop: SENTIS - Semantics-based transparency of industrial systems	Konrad Diwold	Semantics'2025	accepted
Organized Workshop: 2nd Knowledge Graphs and NeuroSymbolic AI Workshop @ SEMANTICS 2025	Fajar J. Ekaputra	Semantics'2025	accepted
Special Issue: "Knowledge Graphs and Neurosymbolic AI "	Marta Sabou	Journal of Neurosymbolic	accepted

		Artificial Intelligence	
Special Issue: “Opportunities for Knowledge Graphs in the AI landscape-An application-centric perspective”	Marta Sabou	Journal of Web Semantics	accepted

7 Non-scientific Dissemination

This section covers non-scientific dissemination activities such as panel discussions, the SENSE website, and newspaper articles.

7.1 Workshops and Networking Activities

The SENSE project ideas and results were discussed at several events, summarized in Table 7.

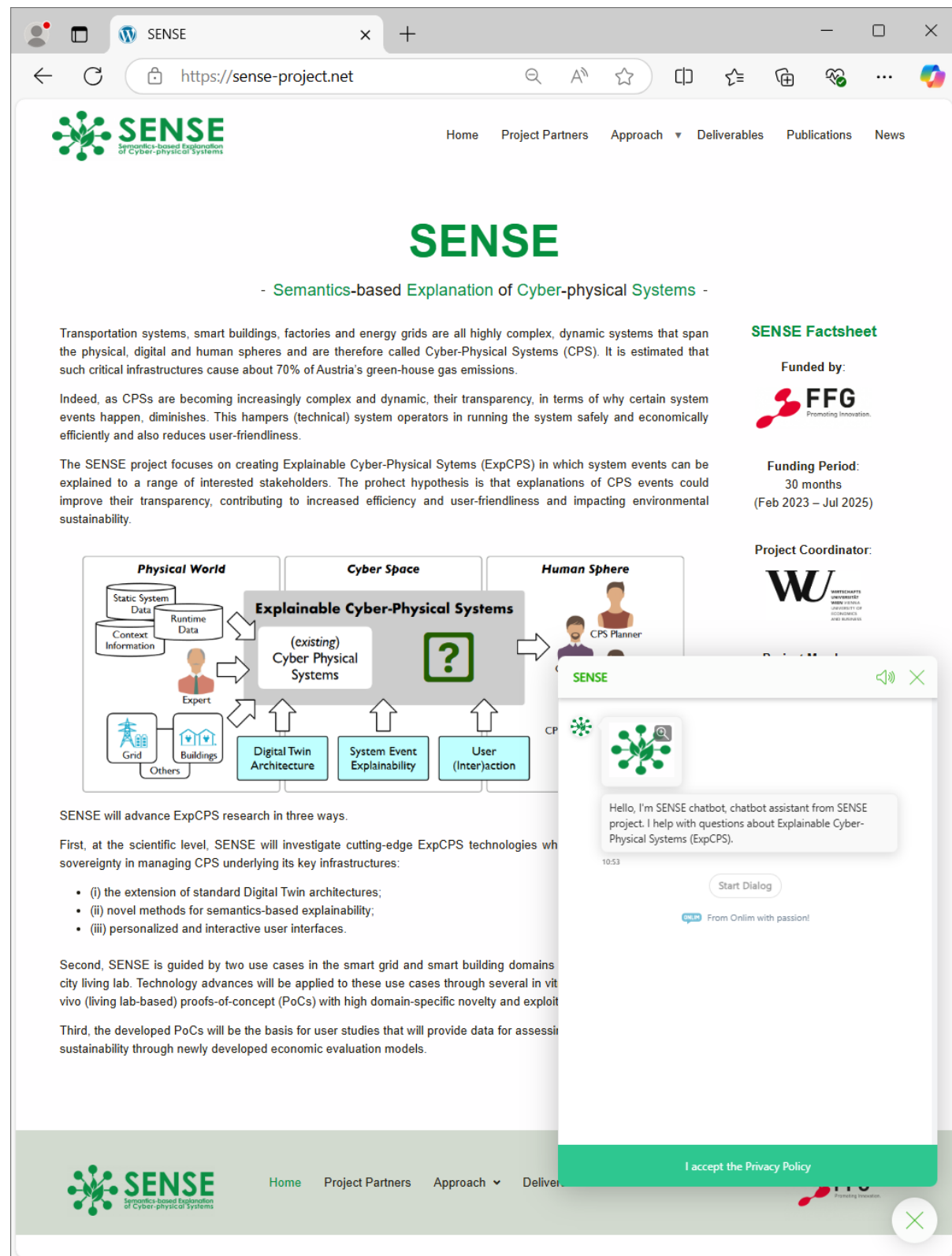
Table 7: Workshops and Networking Activities

Topic/Title	Persons Involved	(Planned) Date	Status
Networking at Imagine'23	Marta Sabou	May 2023	participated
Networking at CIRED2023	Ioan Toma, Alfred Einfalt & Juliana Kainz	June 2023	participated
Paper presentation at NeSy'23	Katrin Schreiberhuber, Marta Sabou	July 2023	participated
Research Delegation on AI of the Austrian Ministry to Canada, participation	Marta Sabou	September 2023	participated
BMK Technologiesouveränität in der Energiewende	Konrad Diwold, Gernot Steindl, Marta Sabou	June 2023	participated
Panel participant: "AI Ecosystems: what does the future bring?", weXelerate Vienna and WU Entrepreneurship center	Marta Sabou	Nov 2023	participated
Panel participant: "The AI Revolution", in the "Dialogue of the Continents" symposium, Diplomatic academy, Vienna	Marta Sabou	Dec 2023	participated
SENSE project presentation, Closing event of FFG-funded KITE event	Marta Sabou	April 2024	presented
SENSE project presentation, Project Networking/Poster Session ESWC'24	Marta Sabou	May 2024	presented
SENSE project mention, FWF BILAI Kick-off Event, Linz	Marta Sabou	February 2025	presented
SENSE project mention, JKU Linz - Master Program of Global Business	Fajar Ekaputra	April 2025	presented

7.2 Project Website

The project website is online available at [1]. Its main page is depicted in Figure 1. It initially covered the SENSE project concept, project partners, short biographies of the people involved, and first deliverables, publications, and news. The website has been updated and now features the SENSE chatbot that can answer general questions about the project. In

addition, the website now also includes an overview of the project results across different areas.



The screenshot shows the SENSE website homepage. The browser address bar displays "https://sense-project.net". The website header includes the SENSE logo and a navigation menu with links: Home, Project Partners, Approach, Deliverables, Publications, and News. The main heading is "SENSE" in large green letters, followed by the subtitle "- Semantics-based Explanation of Cyber-physical Systems -".

The main content area features three paragraphs of text:

- Transportation systems, smart buildings, factories and energy grids** are all highly complex, dynamic systems that span the physical, digital and human spheres and are therefore called Cyber-Physical Systems (CPS). It is estimated that such critical infrastructures cause about 70% of Austria's green-house gas emissions.
- Indeed, as CPSs are becoming increasingly complex and dynamic, their transparency, in terms of why certain system events happen, diminishes. This hampers (technical) system operators in running the system safely and economically efficiently and also reduces user-friendliness.
- The SENSE project focuses on creating Explainable Cyber-Physical Systems (ExpCPS) in which system events can be explained to a range of interested stakeholders. The project hypothesis is that explanations of CPS events could improve their transparency, contributing to increased efficiency and user-friendliness and impacting environmental sustainability.

To the right of the text is a "SENSE Factsheet" section with the following information:

- Funded by:** FFG (Promoting Innovation)
- Funding Period:** 30 months (Feb 2023 – Jul 2025)
- Project Coordinator:** WU (WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN VIENNA UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS)

Below the text is a diagram titled "Explainable Cyber-Physical Systems" showing the interaction between the Physical World, Cyber Space, and Human Sphere. The Physical World includes Static System Data, Runtime Data, Context Information, and an Expert. The Cyber Space includes (existing) Cyber Physical Systems and a question mark icon. The Human Sphere includes a CPS Planner. Arrows indicate data flow between these components. Below the diagram are three boxes: "Digital Twin Architecture", "System Event Explainability", and "User (Interaction)".

Below the diagram, the text states: "SENSE will advance ExpCPS research in three ways. First, at the scientific level, SENSE will investigate cutting-edge ExpCPS technologies which ensure sovereignty in managing CPS underlying its key infrastructures:"

- (i) the extension of standard Digital Twin architectures;
- (ii) novel methods for semantics-based explainability;
- (iii) personalized and interactive user interfaces.

Second, SENSE is guided by two use cases in the smart grid and smart building domains city living lab. Technology advances will be applied to these use cases through several in vivo (living lab-based) proofs-of-concept (PoCs) with high domain-specific novelty and exploit

Third, the developed PoCs will be the basis for user studies that will provide data for assessing sustainability through newly developed economic evaluation models.

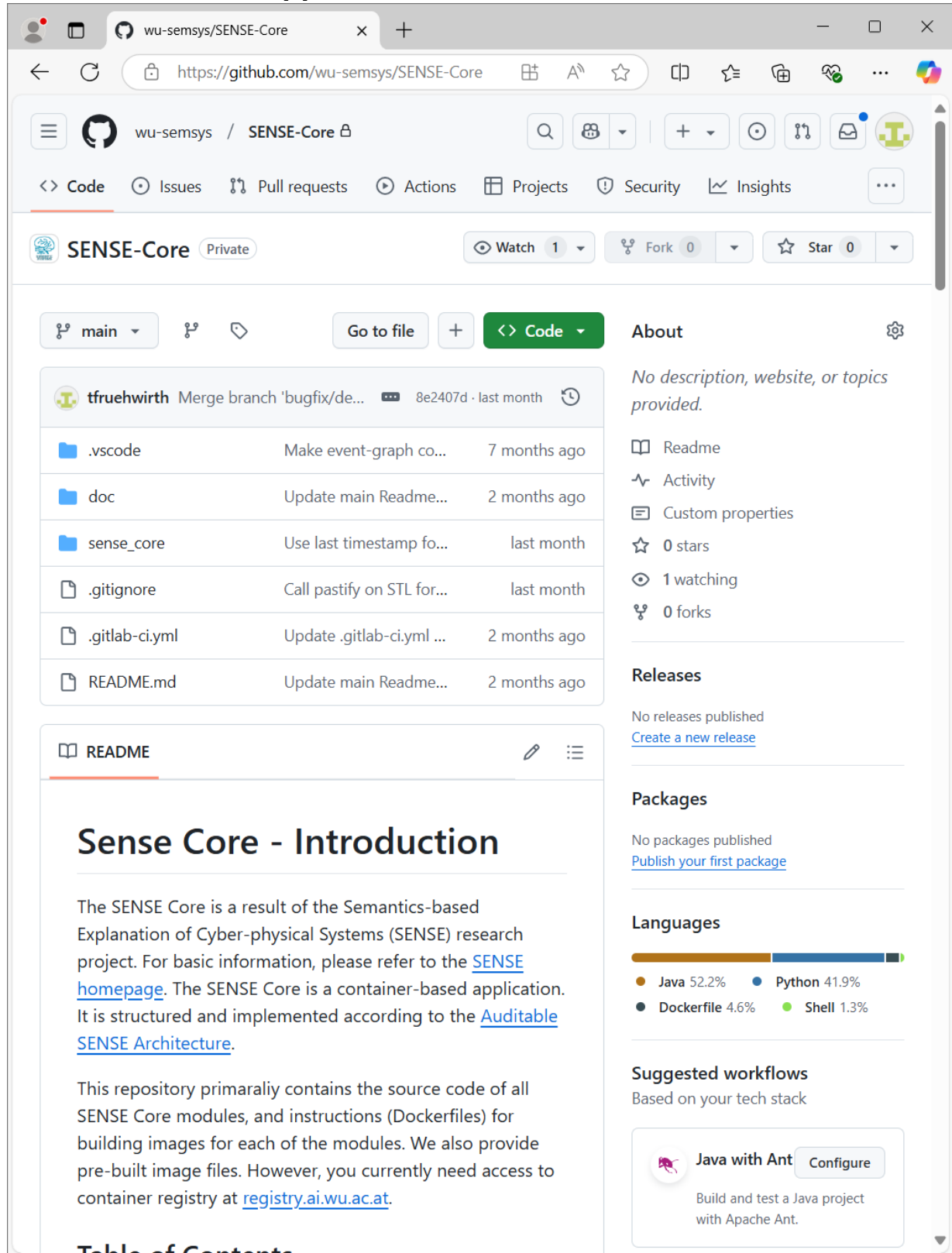
A chatbot overlay is visible on the right side of the page, titled "SENSE". It contains the text: "Hello, I'm SENSE chatbot, chatbot assistant from SENSE project. I help with questions about Explainable Cyber-Physical Systems (ExpCPS)." and a "Start Dialog" button. At the bottom of the chatbot, it says "From Onlinim with passion!".

The footer of the website includes the SENSE logo and the same navigation menu as the header. A green bar at the bottom right contains the text "I accept the Privacy Policy" and a close button.

Figure 1: The SENSE Website

7.3 Public GitHub Repositories

The SENSE stack has been made available to the public and is now hosted on GitHub. Figure 2 shows the SENSE-Core repository, which contains the main contributions. There are currently three repositories online available: SENSE Core [2], SENSE Use Case Template [3], and SENSE Demo Use Case [4].



The screenshot displays the GitHub repository page for **SENSE-Core** by user **wu-semsys**. The repository is currently private. The main branch is **main**. The repository has 1 watch, 0 forks, and 0 stars. The repository description states: "No description, website, or topics provided."

The repository contains the following files and folders:

File/Folder	Description	Last Commit
.vscode	Make event-graph co...	7 months ago
doc	Update main Readme...	2 months ago
sense_core	Use last timestamp fo...	last month
.gitignore	Call pastify on STL for...	last month
.gitlab-ci.yml	Update .gitlab-ci.yml ...	2 months ago
README.md	Update main Readme...	2 months ago

The **README** file is selected and shows the following content:

Sense Core - Introduction

The SENSE Core is a result of the Semantics-based Explanation of Cyber-physical Systems (SENSE) research project. For basic information, please refer to the [SENSE homepage](#). The SENSE Core is a container-based application. It is structured and implemented according to the [Auditable SENSE Architecture](#).

This repository primarily contains the source code of all SENSE Core modules, and instructions (Dockerfiles) for building images for each of the modules. We also provide pre-built image files. However, you currently need access to container registry at registry.ai.wu.ac.at.

Releases: No releases published. [Create a new release](#)

Packages: No packages published. [Publish your first package](#)

Languages:

Language	Percentage
Java	52.2%
Python	41.9%
Dockerfile	4.6%
Shell	1.3%

Suggested workflows: Based on your tech stack

Java with Ant: [Configure](#)

Build and test a Java project with Apache Ant.

Figure 2: The SENSE-Core GitHub Repository

7.4 Newspaper and Magazine Articles

7.4.1 Die Presse: KI macht grüne Technik benutzerfreundlich

The short article “KI macht grüne Technik benutzerfreundlich” describing how results of the SENSE project will help to increase acceptance through explainability (cf. Figure 3) is available online at [5].

W4 WISSEN & INNOVATION

5. MÄRZ 2023 Die Presse

TECHNIK FÜRS KLIMA

Bei der Nachbarin um Strom statt um Zucker anknöpfen

Bei Energiegemeinschaften muss der Mensch im Mittelpunkt stehen.

Hast du ein Ei für mich? Ein Häferl Milch? Zucker? Mit solchen Bitten wenden wir uns gelegentlich an die liebe Nachbarschaft. Künftig – so die Vision einer Forschungsgruppe der FH Wiener Neustadt – können jene Parteien, die Teil einer Energiegemeinschaft sind, auch um Strom anknöpfen. Freilich nur virtuell.

Zwei Jahre lang erarbeitete das Team im Projekt „Netze“ erste Details zur technischen Entwicklung und erhob anschließend die Bedürfnisse der Haushalte. Generell haben die meisten eine positive Einstellung. Da es jedoch zur Teilnahme einen Vertrauensvorschuss braucht, so das Fazit, sei Transparenz (Preisgestaltung, Wirtschaftlichkeit, Rahmenbedingungen) besonders wichtig ist. (cog)

KI macht grüne Technik benutzerfreundlich

Komplizierte Systeme erklären, um ihre Akzeptanz zu erhöhen.

Intelligente Gebäude und Stromnetze sind cyber-physische Systeme (CSP). Diese werden immer komplexer, ihr Verhalten zunehmend intransparenter. Das erschwert es, sie zu betreiben und zu bedienen. Marta Sabou, Leiterin des Instituts für Data, Process and Knowledge Management an der WU Wien, versucht mit ihrem Team im Projekt „Sense“ mittels künstlicher Intelligenz das Verhalten von cyber-physischen Systemen zu erklären und damit nachvollziehbarer zu machen.

Das würde diese benutzerfreundlicher machen und so die Basis für eine Effizienzsteigerung der kritischen Infrastruktur liefern. Ziel ist es, zu zeigen, dass durch diesen Einsatz die CO₂-Emissionen um 15 Prozent reduziert werden können. (cog)

Das Material für saubere Magnete

Werkstoffe. Ein Team in Leoben entwickelt Hartmagnete, die auf seltene Erden verzichten. Diese Magnete brauchen wir für Elektroautos, Windräder und vieles mehr. Die Herstellung klappt in Maschinen mit hohem Druck.

VON VERONIK SCHMIDT

Wir oft wir Dinge nutzen, in denen seltene Erden stecken, ist wenigen bewusst. Die Bezeichnung für diese chemischen Elemente ist verwirrend, sie sind weder selten noch Erden, sondern Metalle. Korrekter nennt man sie Seltenerdmetalle. Sie sind ein wichtiger Teil der Energie- und Mobilitätswende, da sowohl Windräder als auch Elektroautos ohne diese Stoffe nicht auskommen. „Das Problem bei Seltenerdmetallen ist, dass es wenig Lagerstätten gibt und 98 Prozent aus China importiert werden. Sie sind sehr teuer“, sagt Andrea Bachmaier vom Erich-Schmid-Institut für Materialwissenschaften in Leoben.

In einem Elektroauto stecken circa zwei Kilogramm Neodym-Eisen-Bor-Magnete, in einem Windrad sind bis zu vier Tonnen verbaut. Aber auch in Vibrationsmotoren von Handys, in Lautsprechern, Kopfhörern, Festplatten von Computern und Fernsehern sind Seltenerdmetalle: als Permanentmagnete aus hartmagnetischen Werkstoffen“, erklärt Bachmaier. Sie leitet bereits das zweite Projekt des Europäischen Forschungsrats ERC, um solche Hochleistungsmagnete umweltfreundlicher zu gestalten und die Abhängigkeit von asiatischen Märkten aufzubrechen.

„Unsere Idee ist, Hartmagnete ohne Seltenerdmetalle herzustellen“, erklärt die Werkstoffwissenschaftlerin, die zufällig in der Wissenschaft gelandet ist. Nach dem Gymnasium in Knittelfeld wollte sie Chemie studieren. Über ein Sommerpraktikum am Institut für Chemie der Montan-Universität Leoben

weckte ihre Begeisterung für die Werkstoffwissenschaften. „Damals waren wir drei Frauen von 20 Erstsemestrigen. Mich hat das nie gestört.“ Heute ist in dem Studium die Frauenquote mit 27 Prozent etwas höher.

Einmenschaffen die Stoffe mehr

In ihrer Ausbildung an der Montan-Universität Leoben spezialisierte sich Bachmaier auf Verbundwerkstoffe mit Nanostrukturen, also Materialien mit verschiedenen flüssigkeitsartigen, die sich in winzigen Körnern zusammensetzen. So ergeben sich ganz spezifische Eigenschaften, die ein Bestandteil allein nicht schaffen würde.

„In der Grundlagenforschung haben wir nanostrukturierte Verbundwerkstoffe hergestellt und ihre mechanischen Eigenschaften untersucht. Doch dann wurde klar, dass man damit auch magnetische Verbundwerkstoffe herstellen kann“, erzählt Bachmaier. So wechselte die Werkstoffwissenschaftlerin ins Fach des Magnetismus – als Quereinsteigerin. Es gelang recht schnell, ihre Erfahrung zu nutzen und nanostrukturierte Permanentmagnete zu gestalten. Das Wichtige dabei ist, dass sie ihre magnetischen Eigenschaften nicht verlieren, also nicht durch äußere Einflüsse „demagnetisieren“. Solche Hochleistungsmagnete müssen dauerhaft ihre Leistung erbringen, um z. B. in Windrädern für die Stromgewinnung zu sorgen oder im Elektroauto die Fahrleistung zu gewährleisten.

Im Erich-Schmid-Institut in Leoben, das von der Akademie der Wissenschaften betrieben wird und eng mit der Montan-Universität Leoben zusammenarbeitet, steht eine „Wundermaschine“, die Materialien mit diesen extrem haltbaren magnetischen Eigenschaften herstellen kann. Und das ohne Seltenerdmetalle. Hochdruck-Torsion-Umformung oder HPT (High Pressure Torsion) nennt sich die Methode, die bereits in den 1980er Jahren entwickelt wurde, aber erst jetzt für die Herstellung von Permanentmagneten spannend geworden ist.

Dabei wird das Material nicht so erhitzt wie bei herkömmlichen Metallverformungen, sondern die Maschinen arbeiten bei Raumtemperatur. „Wir haben am Institut die weltweit größte Hochdruck-Torsionsumformungsanlage“, sagt Bachmaier. Darin werden Metalle und anderes Material unter hohem Druck so verformt, dass ihre Eigenschaften gezielt gesteuert werden. ➤



schine“, die Materialien mit diesen extrem haltbaren magnetischen Eigenschaften herstellen kann. Und das ohne Seltenerdmetalle. Hochdruck-Torsion-Umformung oder HPT (High Pressure Torsion) nennt sich die Methode, die bereits in den 1980er Jahren entwickelt wurde, aber erst jetzt für die Herstellung von Permanentmagneten spannend geworden ist.

Dabei wird das Material nicht so erhitzt wie bei herkömmlichen Metallverformungen, sondern die Maschinen arbeiten bei Raumtemperatur. „Wir haben am Institut die weltweit größte Hochdruck-Torsionsumformungsanlage“, sagt Bachmaier. Darin werden Metalle und anderes Material unter hohem Druck so verformt, dass ihre Eigenschaften gezielt gesteuert werden. ➤

Mitmachen: Wo finden wir die höchste Artenvielfalt?

Urbereobachtung. Von 28. April bis 1. Mai darf sich jeder und jede an der City Nature Challenge beteiligen. Der weltweite Wettbewerb zeigt, an welchem Ort die meisten Pflanzen und Tiere sind. Einfach die Fotos mit dem Handy oder Tablet hochladen: Sie werden von Fachleuten ausgewertet.

VON VERONIK SCHMIDT

Es wird warm und die Menschen strömen ins Freie. Das hilft auch der Wissenschaft, denn bei angenehmem Spazierwetter betätigen sich mehr Leute als Naturbeobachter. Im nächsten langen Wochenende, von 28. April bis 1. Mai, steigt wieder der weltgrößte Wettbewerb der Artenvielfalt. Alle, auch Leute, die noch nie ein Tier oder eine Pflanze fotografiert haben, sind eingeladen, bei der City Nature Challenge (CNC) mitzumachen: Man braucht nur ein Smartphone (oder eine Fotokamera, von der man Bilder ins Internet laden kann) und einen Flecken Natur. Bei der CNC geht es darum, so viele Pflanzen und Tiere zu dokumentieren wie möglich: Sei es vom Fensterbänkchen aus die Vögel und Hummeln oder auf einer Wanderung die Flechten, Moose, Eidechsen und Imsen. Jedes Foto zählt. Je mehr Bilder, desto besser der Überblick über die Vielfalt der Arten in allen Regionen.

raz und Salzburg waren vorn dabei
Erfunden wurde die City Nature Challenge 2016 in den USA, als das Natural History Museum in Los Angeles einen Wettstreit mit der kalifornischen Akademie der Wissenschaften in San Francisco gestartet hat: Aus

der Frage, in welcher US-Stadt mehr Tier- und Pflanzenarten vorkommen, wurde schnell ein immer größerer Wettbewerb, an dem sich seit 2020 auch Österreich beteiligt. Und das gleich mit großem Erfolg. Die heimische Citizen-Science-Community ist durch Aktionen wie die Stunde der Wintervögel von BirdLife gut geschult und beteiligt sich rege an zig Projekten, die auf der „Österreich forscht“-Homepage gelistet sind (www.oesterreich-forscht.at). Die Stadt Graz erreichte in der CNC 2021 Platz eins der Europäischen Union.



Man muss nicht wissen, wie die Blume heißt. Hauptsache, das Foto wird auf iNaturalist hochgeladen.
[City Nature/Thomas Geller]

ropa-Wertung, Salzburg mit 2272 dokumentierten Arten im Jahr 2022 den zweiten Platz. Heuer sind zwölf Regionen bei der CNC dabei, vom Neusiedler See bis nach Vorarlberg. Einzelne oder Gruppen können egal wann ab 28. 4. hinausgehen und Bilder in die populärwissenschaftliche App iNaturalist laden. Fachleute übernehmen die Bestimmung der Pflanzen und Tiere und vernetzen sie mit internationalen Biodiversitätsplattformen. Bald liegt die Auswertung vor, an welchem Ort weltweit die höchste

Artenvielfalt dokumentiert wurde. Quer durch Österreich gibt es auch Exkursionen (wetterfestes Schuhwerk und Kleidung sind ratsam – und die App iNaturalist am Handy).

Treffpunkte für gemeinsames Erkunden:

Vom Türkenschanzplatz, 1280 Wien, führt der Ökologe Benjamin Seaman interessierte durch den Türkenschanzpark. Treffpunkt am Freitag, 28. 4. um 16 Uhr.

Vom Parkplatz Ratzersdorfsee, 3100 St. Pölten, leitet der Naturschutzbund Lankus durch die Ufer des Sees und der Traisen. m Sonntag, 30. 4. ab 9 Uhr.

Beim Haus Messendorferberg Nummer 61, 8042 Graz, bietet die Naturschutzjugend Steiermark zum Rundgang auf der Ökoinsele („Grazer Urwald“). Freitag, 28. 4., 17 Uhr.

Vom Pfarramt Kalvarienberg (Kalvarienbergstraße 155, 8020 Graz) führt Pflanzenspezialist Michael Fiedler am Montag, 1. 5. ab 10 Uhr über den Kalvarienberg in Graz.

Um den Leopoldskroner Weiher in Salzburg startet die Exkursion mit Familie Medicus um 7.30 Uhr, am Samstag, 29. 4. am Parkplatz Kommunalfriedhof (Gasthof Höfle).

Im Süden Salzburgs trifft sich die herpetologisch-botanische Fahrradschule an der Glanufstraße bei der Brücke Waldstraße am Samstag, 29. 4. um 9 Uhr.

Figure 3: Die Presse Newspaper Article (April 2023)

7.4.2 hiltech: Energiegemeinschaften im Fokus

The article “Energiegemeinschaften im Fokus” covering contributions of SENSE to the planning and operation of energy communities (cf. Figure 4) was published online and is available at [6].

Energiegemeinschaften im Fokus

Erneuerbare-Energiegemeinschaften sollen einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten....

Nachhaltigkeit

Siemens 14.01.2024 Lesezeit 9 Min

Erneuerbare-Energiegemeinschaften sollen einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. In zwei wegweisenden Forschungsprojekten trägt Siemens gemeinsam mit seinen Partnern zur Verbesserung von Betrieb und Planung von lokalen Erzeugungs- und Verbrauchsgemeinschaften bei.

Mehr als drei Viertel der europäischen Treibhausgasemissionen entstehen durch die Erzeugung und den Verbrauch von Energie. Der Green Deal, d.h. das Erreichen der Klimaziele bis 2030 bzw. der Klimaneutralität bis 2050, ist daher ein zentrales Anliegen der Europäischen Union zur Bekämpfung von Klimawandel und Umweltzerstörung.

Ein paneuropäisches Vehikel zur Steigerung von Energieversorgung durch lokale erneuerbare Energie sind sogenannte Energiegemeinschaften. Diese ermöglichen unterschiedlichen Akteuren wie Bevölkerung, Gebäudebetreibern, Gemeinden und Unternehmen sich zusammenzuschließen, um Energie (also Strom, Wärme oder Gas) aus erneuerbaren Quellen gemeinsam zu erzeugen, zu speichern, untereinander zu handeln und zu nutzen.

Die erfolgreiche Umsetzung von Energiegemeinschaften ist mit einigen Herausforderungen behaftet – dies betrifft sowohl die Planungsphase als auch den Betrieb. In der Planungsphase muss sichergestellt werden, den richtigen Mix an Teilnehmenden (und damit verbunden eine gute Lastverteilung) zu finden und entsprechend den Teilnehmenden den optimalen Betriebsmodus zu wählen, um einen reibungslosen Betrieb und die Wirtschaftlichkeit der Gemeinschaft nach der Umsetzung sicherzustellen.

Komplexer Akteur im Stromnetz

Im Betrieb stellen Energiegemeinschaften einen weiteren proaktiven, dynamischen und sehr komplexen Akteur im Stromnetz dar. Dadurch nimmt die Transparenz hinsichtlich der Hintergründe für bestimmte Systemereignisse ab – etwa ein Elektroauto wurde trotz sehr sonnigen Wetters nicht vollständig aufgeladen. Dies erschwert zum Beispiel den Betreibern den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage und verringert zudem die Benutzer:innenfreundlichkeit.

Szenario identifiziert und so vorbereitet werden, dass sie in der Simulation Anwendung finden können. Das macht die Simulation von Energiegemeinschaften zu einem interessanten Anwendungsfall für das EU-geförderte Forschungsprojekt DataBri-X. Die ideale Testumgebung dafür bietet die Infrastruktur des Forschungsprojekts Aspern Smart City Research (ASCR) in Aspern Seestadt, in dem Siemens und die Stadt Wien an der Energiezukunft im urbanen Raum arbeiten.



Die Infrastruktur von Aspern Smart City Research ist die ideale Umgebung zur Erforschung der beiden Energiegemeinschaft-Use-Cases.

DataBri-X ermöglicht also die Automatisierung des Vorbereitungsprozesses für Simulationen, d.h. notwendige Datenquellen können in Datenräumen identifiziert und danach automatisiert (durch entsprechende Bri-X) für die Simulation vorverarbeitet werden. Die Simulationsergebnisse können dann mittels geeigneter Bri-X nachverarbeitet, in einem Datenraum abgespeichert und mit anderen Stakeholdern geteilt werden.

Für die simulationsgestützte Planung von Energiegemeinschaften bedeutet DataBri-X eine einfachere Abwicklung von Simulationen. Das erlaubt die schnelle Simulation von unterschiedlichen Szenarien (mit unterschiedlichen Teilnehmenden und Betriebsmodi) und Potenzial von Energiegemeinschaften darzustellen.

Der Betrieb von Energiegemeinschaften ist ebenfalls herausfordernd. Vor allem die Nachvollziehbarkeit der dynamischen und komplexen Prozesse ist eine wesentliche Schwierigkeit. Zur besseren Veranschaulichung ein Beispiel: Nehmen wir eine Energiegemeinschaft, bestehend aus zwei Teilnehmenden, in einem Verteilnetz – ein Smart Building inklusive PV-Anlage und Batteriespeicher sowie ein Wohngebäude. In der Energiegemeinschaft verkauft das Smart Building seine überschüssige PV-Energie an das Wohngebäude. Dadurch steigert sich die Versorgung durch lokale erneuerbare Energie in dem Verteilnetz.

Um den sicheren Betrieb des Verteilnetzes zu gewährleisten, können der Energiegemeinschaft durch den Verteilnetzbetreiber Vorgaben gemacht werden, beispielsweise Einspeisungsgrenzen. Kommt es nun zu einer Verletzung der Vorgaben, beispielsweise durch eine Überschreitung der erlaubten Einspeisung, stellt sich die Frage nach der Ursache. Im Kontext des gerade erwähnten Beispiels könnte die Ursache eine defekte Batterie



In zwei Forschungsprojekten werden Methoden entwickelt, die zukünftig die Planung und den Betrieb von Erneuerbare-Energiegemeinschaften unterstützen sollen.

Im Rahmen von zwei Forschungsprojekten unter Beteiligung von Siemens Österreich (Forschungsgruppen Künstliche Intelligenz, Konfigurationstechnologien und Datenanalyse sowie Intelligente Industrial-IoT-Lösungen), dem europäischen Projekt DataBri-X und dem nationalen Projekt SENSE, erfolgt derzeit die Entwicklung von Methoden, die zukünftig die Planung und den Betrieb von Energiegemeinschaften unterstützen sollen – wobei in DataBri-X Methoden zur Planung und in SENSE Methoden für den Betrieb entwickelt werden.

DataBri-X, bestehend aus einem Konsortium aus 14 europäischen Partnern, entwickelt eine Toolbox und Services (sogenannte Bri-X, phonetisch bri:ks im Sinne von Bausteinen) für einen flexiblen Datenmanagementprozess im Kontext europäischer Datenräume. Datenräume stellen eine föderierte, offene Infrastruktur für die gemeinsame Nutzung von Daten auf der Grundlage gemeinsamer Strategien, Regeln und Standards dar.

Der in DataBri-X entwickelte Datenmanagementprozess soll den einfachen Entwurf und die Umsetzung von datengetriebenen Prozessen ermöglichen. Zur Veranschaulichung ein Beispiel: Nehmen wir an, die Bilanz einer Energiegemeinschaft soll analysiert werden. Dazu bedarf es meist einiger Schritte: Erst müssen die Daten und anonymisiert, danach müssen sie auf Basis unterschiedlicher Analysemethoden bewertet werden. Final werden die Bewertungen in eine Gesamtbewertung zusammengeführt. Die DataBri-X-Toolbox soll es ermöglichen, solche Prozesse automatisiert zu entwerfen. Auf Basis eines Prozessentwurfs werden den Nutzenden geeignete Services (Bri-X), etwa ein Service zur Datenanonymisierung, vorgeschlagen. In der Folge wird der Prozess automatisiert durchgeführt.

Was hat das nun mit der Planung von Energiegemeinschaften zu tun? Simulationen stellen ein wichtiges Werkzeug bei der Planung von Energiegemeinschaften dar. Sie erlauben es, wichtige Parameter wie Teilnehmendenkonstellationen und Betriebsmodi vorab zu testen und eine Abschätzung über deren Wirtschaftlichkeit vorzunehmen. Zum Entwurf von Simulationsszenarien und zur Durchführung von Simulationen wurde durch die Siemens-Forschungsabteilung in Österreich BIFROST entwickelt. Diese Simulationssoftware wurde bereits in mehreren Projekten erfolgreich dazu verwendet, Energiegemeinschaften zu simulieren und zu bewerten (hiltech 2/20 berichtete).

Planung durch Simulation

Der Entwurf solcher Szenarien und besonders die Vorbereitung der Daten für die Simulation ist derzeit ein sehr arbeitsintensiver und vor allem manueller Prozess: Es müssen erst die richtigen Daten für ein bestimmtes

des Smart Buildings sein, wodurch die durch PV erzeugte Energie nicht wie geplant zwischengespeichert werden konnte. Eine andere mögliche Ursache wäre, dass die Prognose der Erzeugung ungenau war, also mit weniger PV Energie als schlussendlich erzeugt gerechnet wurde. Durch die Anzahl der Teilnehmenden steigt die Systemkomplexität, wodurch die Ursachen für Problemfälle schwieriger zu identifizieren sind und die Transparenz der Systemereignisse abnimmt.

Außerdem sind, je nach Anwender:innen, unterschiedliche Erklärungen erforderlich: So benötigt (im oben skizzierten Fall) der Betreiber einer Energiegemeinschaft eine andere Erklärung als die Bewohner:innen des Wohnhauses oder der Verteilnetzbetreiber, weil sie alle eine unterschiedliche Sicht auf das System haben.

Erklärbarkeit von Systemereignissen

Im Projekt SENSE, gefördert durch die Forschungsförderungsgesellschaft FFG, werden Methoden zur Erklärbarkeit von Systemereignissen in hochkomplexen, dynamischen Systemen, die die physische, digitale und menschliche Sphäre umfassen, entwickelt, wobei Energiegemeinschaften einen zentralen Anwendungsfall darstellen.

SENSE entwickelt Methoden im Bereich der neurosymbolischen künstlichen Intelligenz (KI). Neurosymbolische KI verbindet Methoden der „klassischen“ regelbasierten (symbolischen) KI mit neuronalen Netzen und „Deep Learning“ (subsymbolischer KI). Die Kombination dieser Ansätze erlaubt die Aufhebung methodeneigener Defizite: So ist es symbolischen Modellen nicht möglich, unstrukturierte Daten zu verarbeiten (bekannt als Symbol-Grounding-Problem), außerdem kann ein symbolisches System nur im Rahmen seiner Wissensrepräsentation operieren.

Im Gegensatz dazu sind neuronale Netze und andere Verfahren des maschinellen Lernens in der Regel nicht gut darin, zu generalisieren, sofern das zu Generalisierende über die Trainingssituation hinausgeht. Ein weiteres Problem von neuronalen Netzen ist, dass sie für die Nutzenden eine Black Box darstellen. Zwar sind solche Methoden exzellent darin, etwa Fehler in einem System zu identifizieren und zu klassifizieren; das Warum (also warum hat sich das Netz bei einer Eingabe entschieden, diese in einer gewissen Art und Weise zu klassifizieren) bleibt aber im Gegensatz zu symbolischen Ansätzen offen. Diese Unsicherheit bzw. fehlende Erklärbarkeit (Trustworthiness) bezüglich der Lösungsfindung macht es schwierig, KI in sicherheitskritischen Applikationen einzusetzen, und wirft ethische Fragestellungen auf.

Durch die Verknüpfung der beiden Ansätze werden die besten Fähigkeiten aus beiden KI-Welten vereint: So erlaubt die symbolische KI die Formalisierung des Systems (etwa mittels eines sogenannten Knowledge-Graphen) und die subsymbolische KI die Erweiterung des Systemwissens durch das Anwenden von Methoden neuronaler Netze auf das formalisierte Wissen (siehe hiltech 1/23).

Im Projekt SENSE werden diese Methoden im Kontext von Ereigniserkennung und Erklärung im Energiesystem eingesetzt, wobei einen Anwendungsfall der Betrieb von Energiegemeinschaften darstellt. Dieser wird ebenfalls im Rahmen der ASCR-Forschungsinfrastruktur in Aspern Seestadt in Wien bearbeitet. Mit Hilfe der neurosymbolischen Methoden werden Probleme im Betrieb erkannt, nutzerspezifisch nachvollziehbar erklärt und automatisch Lösungsvorschläge für die Nutzenden generiert, um das Problem zu beheben.

Vor allem unter dem Aspekt der Erklärbarkeiten stellen neurosymbolische Ansätze, neben ihrem Einsatz in Energiesystemen, in vielen anderen Industriedomänen ein interessantes Werkzeug für das Siemens-Automatisierungsportfolio dar.

Figure 4: hiltech Article (January 2024)

8 Dissemination activities for project closing

In the last phase of the project, several dissemination activities were planned in order to disseminate project results broadly and in a systematic way. These included: (i) organising a scientific workshop as a closing event for the project and a way to bring together a community of researchers working on similar topics; (ii) the systematic presentation of all major project results on the project web-site in a dedicated web-space dedicated to these results; and (iii) the creation of one-pagers describing the project as a whole, the SENSE ontology as well as the results of the sustainability evaluation. We describe these in the next sections.

8.1 SENTIS Workshop: Leveraging Semantics for Transparency in Industrial Systems

As a project concluding event, we organised a scientific workshop collocated with the SEMANTICS'25 conference in Vienna entitled SENTIS (Leveraging Semantics for Transparency in Industrial Systems). The SENTIS workshop serves as a collaborative platform dedicated to connecting researchers, and industry professionals focusing on the broader topic of industrial system transparency. The workshop focuses on advancing transparency in both automation systems and their AI models, while promoting explainable solutions for industrial applications.

The workshop was a half-day event, structured into three main parts: presentations of accepted papers, a keynote address, and a dedicated session for briefly introducing the results of the SENSE project, discussion and networking. Six accepted submissions were presented, covering diverse topics including interpretable forecasting, semantic methods for achieving explainability and auditability of industrial processes, and the integration of causal expert knowledge in automation processes. Danilo Valerio, Principal Key Expert for Neurosymbolic AI at Siemens, delivered a keynote address on the growing significance of semantics and neurosymbolic AI in industrial applications.

SENTIS reaffirmed the critical importance of this field of research, particularly in light of the rapid advancements in AI methods, and underscored the need for continued investigation into the diverse research avenues within this domain in the coming years.

The website of the workshop is: <https://semsys.ai.wu.ac.at/sentis2025>

8.2 Project Results Website

To conclude the project and summarize our contribution, we created a SENSE Project results webpage. On this page, we present an interactive list of contributions. After a short introduction to the project and its aims, we present two main sections of the project results: (1) project resources, and (2) use case and demo. The resources encompass the open-source SENSE technology stack, which can be further reused by future use cases, 3 PoC implementations, where we show the feasibility of the SENSE technology stack, and a technical and economic evaluation of the project. In each section, there is a small explanation of the contribution we provided in the project, as well as links to any public deliverables, one-pagers or repositories that are connected to the contribution.

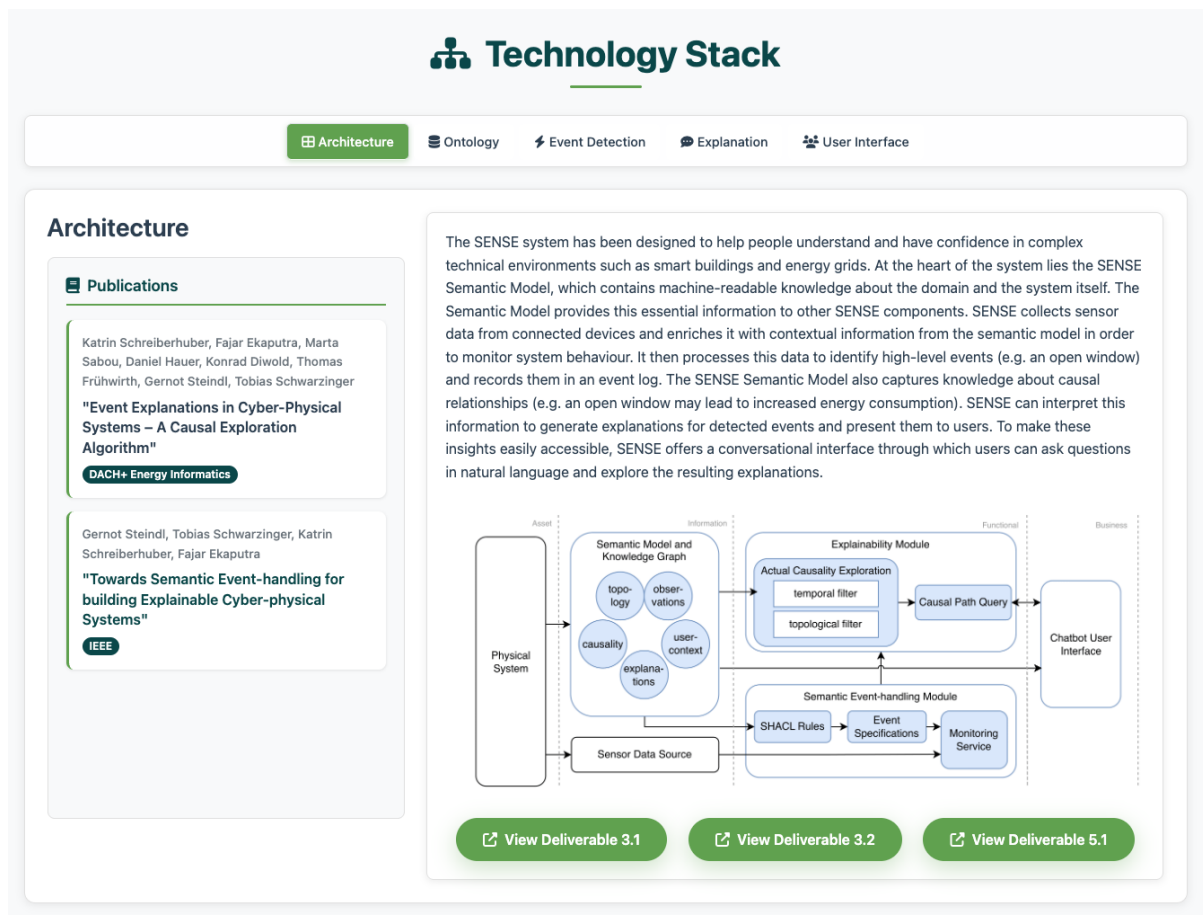


Figure 5: Technology Stack section of the results webpage

Finally, we also provide an interactive demo of our technology stack for the energy community use case to show how our solution can work, to any interested users. There, a user can play around with a chatbot integration of the use case, and ask for explanations of unusual event happening in the demo-system.

The link to the SENSE project results is here: <https://sense-project.net/results/>

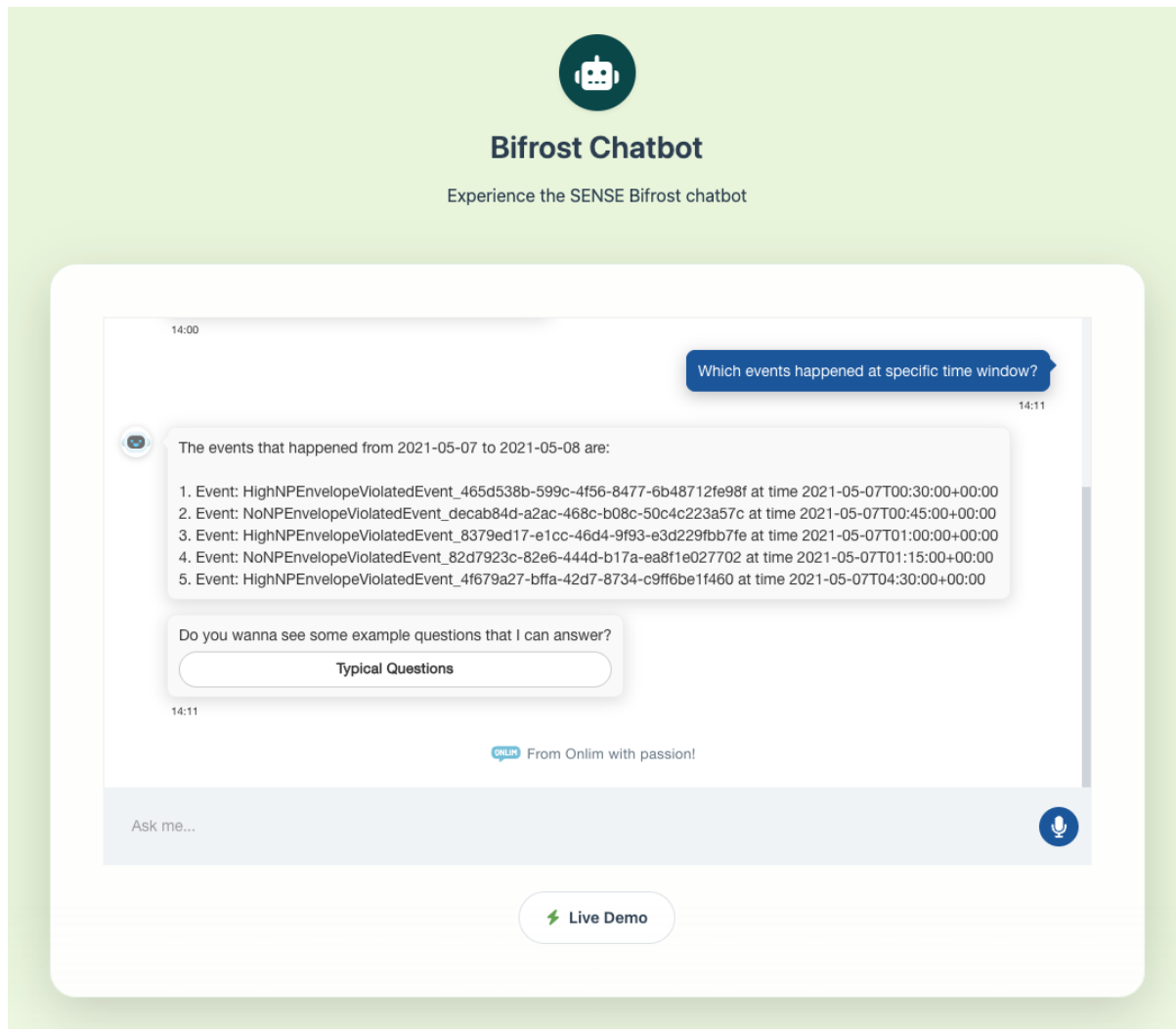


Figure 6: Demo-use case, showcasing the interactive SENSE chatbot.

8.3 One-pagers

To reach a broader audience, we created brief informative materials as one-pager descriptions of the project, the SENSE ontology and the sustainability evaluation. These can be seen in Annex 1 (Project), 2 (Ontology) and 3 (economic evaluation).

9 References

- [1] "SENSE Website," 2023. [Online]. Available: <https://sense-project.net/>. [Accessed 31 January 2025].
- [2] "SENSE-Core," January 2025. [Online]. Available: <https://github.com/wu-semsys/SENSE-Core>. [Accessed 31 January 2025].
- [3] "SENSE-Use-Case-Template," January 2025. [Online]. Available: <https://github.com/wu-semsys/SENSE-Use-Case-Template>. [Accessed 31 January 2025].
- [4] "SENSE-Demo-Use-Case," January 2025. [Online]. Available: <https://github.com/wu-semsys/SENSE-Demo-Use-Case>. [Accessed 31 January 2025].
- [5] "Die Presse," 21 April 2023. [Online]. Available: <https://www.diepresse.com/6278746/bei-der-nachbarin-um-strom-anklopfen-und-gruene-technik-verstaendlich-gemacht>. [Accessed 30 January 2024].
- [6] "hi!tech," 14 January 2024. [Online]. Available: <https://hitech.at/energiegemeinschaften-im-fokus/>. [Accessed 30 January 2024].
- [7] "Dissemination Plan Template," Institute of Education Sciences, January 2024. [Online]. Available: <https://ies.ed.gov/ncee/rel/regions/central/pdf/CE5.3.2-Dissemination-Plan-Template.pdf>. [Accessed 30 January 2024].

SENSE Project: Semantics-based Explanations of Cyber-physical Systems



Cyber-Physical Systems (CPSs), such as smart grids and smart buildings, are becoming more intelligent and at the same time more complex. This hampers system transparency, usability and user acceptance. SENSE aims to improve the transparency of these systems by explaining event occurrences to customers and technicians alike. It offers novel technologies, their implementation in a technology stack, three proofs of concept systems and an estimate on its potential impact on CO₂ reduction.

Challenges and Stakeholders

With the increased digitization, cyber-physical systems are developing at a fast rate becoming both more intelligent and more complex. Smart energy, as an example, are evolving from static infrastructures to dynamic systems where Distributed Energy Resources (PV, eCars) are joining or leaving the system randomly.

This situation leads to a trade-off between system complexity and transparency, and ultimately user acceptance. The following challenges surface:

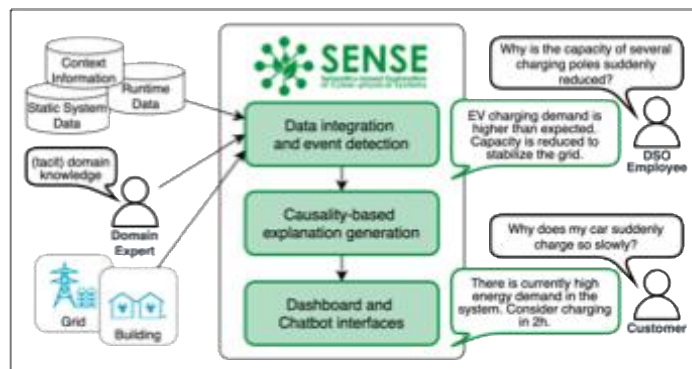
- **customers** wish to understand (unexpected) system behaviour. For example, a car charging point owner might observe a sudden drop in the charging power and would like to know why this happened;
- **system technicians**: need support with detailed root cause analysis in a complex and dynamically changing system;
- **system operators**, such as distribution system operators (DSO) in energy grids, aim to make their systems accepted by end users and therefore strive to increase system transparency and usability.

SENSE Approach & Technologies

The SENSE approach relies on knowledge of the underlying CPS (e.g., system measurements, topology), external factors (weather, tariffs), events occurring within the system and its rele-

vant physical context in order to produce, upon request, an explanation, of an unusual system state. For example, SENSE could inform the customer that prolonged overcast conditions reduced PV-based energy production, and this led to lower charging pole capacity.

82% accuracy in identifying root causes of anomalies in the context of smart charging infrastructure, demonstrating strong detection and explanation capabilities. Experts rated the user interface highly (95/100 SUS), highlighting its usability and usefulness.



SENSE consists of components for:

- **Data integration and event detection** from multiple relevant data sources via the SENSE ontology;
- **Causality-based explanation generation**, including causality representation and explainability algorithms to translate a causality chain into an explanation tailored to the end-user's profile;
- **Dashboard and chatbot interface** for creating interactive user interfaces to converse with the system.

These technical components are generic (not specialised on a domain) and are implemented in the SENSE Core technology stack (available under free licence).

SENSE Proof-of-concepts (PoCs)

The generic SENSE approach and technology stack were used for three PoCs, in two different domains. They address use cases in the smart grid area (an EV charging garage, simulation-based local energy communities) and smart buildings (office building with automated heating). Each use case faced explainability challenges due to complex system interactions and a lack of structured causal insights. The system achieved

Sustainability Impact

To estimate SENSE's effectiveness in enhancing energy efficiency and sustainability, we performed an evaluation based on real-world measurement data, simulation models, and cost-benefit analyses. We found that SENSE is a robust tool for sustainable energy management, offering case study related economic benefits (energy savings up to 10% in smart buildings), operational efficiency, and environmental improvements (est. CO₂ emission reduction of up to 47,3% in energy communities).

Contact

Prof. Dr. Marta Sabou
Institute for Data, Process and
Knowledge Management, WU Vienna
marta.sabou@wu.ac.at



SENSE Ontology for Semantics-based Explanations of Cyber-physical Systems



Cyber-Physical Systems (CPSs) face challenges in transparency and explainability due to their complexity. We introduce the **SENSE** ontology which enables real-time causal reasoning over anomalies by unifying five key areas - topology, observation, causal, user-context, and explanations.

Motivation & Use Cases

As Cyber-Physical Systems (CPSs) grow in complexity, their transparency decreases, making it difficult for users, engineers, and auditors to understand their behavior. Existing explainability methods, such as XAI, lack contextual awareness and struggle to represent temporal and causal relationships, limiting their usability for CPS stakeholders. To address this, we propose an **ontology-based approach** to provide structured, user-centered explanations while enabling real-time causal reasoning over system anomalies. Our work is motivated by use cases in the smart grid (EV charging garage, simulation-based energy communities) and smart building (office building with automated heating). Each use case faced explainability challenges due to complex system interactions and a lack of structured causal insights.

Methodology

The **SENSE** ontology was developed using the Linked Open Terms (LOT) methodology, in four key steps:

- **Specification:** We defined ontology requirements through workshops with domain experts, gathering competency questions (CQs) from three use cases in the smart grid and smart building domain.
- **Implementation:** We implemented the ontology using conceptual modeling tools and evaluated it with formal validation methods.
- **Publication:** We published the ontology with a dedicated namespace (<https://w3id.org/explainability/sense>).



- **Maintenance:** We maintain it via a public GitHub repository for version tracking and issue management (<https://github.com/wu-sensys/SENSE-Ontology>).

SENSE Ontology

The **SENSE** ontology serves as a data integration layer for heterogeneous data sources, enabling explainability in Cyber-Physical Systems (CPSs). It is structured into five key modules: **topology knowledge** (system setup and device relationships), **observation knowledge** (sensor data and event detection), **causal knowledge** (relations between system states), **user-context knowledge** (user roles and access rights), and **explanation knowledge** (storing personalized, actionable explanations). By integrating static and dynamic system data, the ontology facilitates semantic interoperability and causal reasoning, allowing stakeholders to derive meaningful insights from CPS behavior. The modular design ensures **flexibility**, enabling adaptation to different CPS domains.

Evaluation

The **SENSE** ontology was evaluated through structural analysis, competency question testing, and real-world implementation. For structural evaluation, we used the **OOPS! ontology evaluation tool** to assess design quality, revealing no critical issues. The ontology successfully answered 55 out of 76 competency questions derived from the three use cases, demonstrating its ability to support explainability in CPS. Additionally, **proof-of-concept implementations** validated the ontology's practical applicability and effectiveness in generating meaningful, user-centered explanations.

Contact

Katrin Schreiberhuber
Research Assistant,
Institute for Data, Process and
Knowledge Management, WU Vienna
katrin.schreiberhuber@wu.ac.at



SENSE - Economics of Semantics-based Explanations of Cyber-physical Systems



Explainable Cyber-Physical Systems (CPSs) offer user related revenue possibilities but also incur investment cost. Thus, we summarize the main SENSE economic and sustainability evaluation results in the following sections.

Motivation & Use Cases

The SENSE project (Semantic-based Explanation of Cyber-physical Systems) focused on enhancing the understanding and acceptance of complex energy systems encompassing Smart Grids and Smart Buildings. The project aimed to improve system efficiency, increase self-consumption, and reduce CO₂ emissions through anomaly detection and user-centered feedback mechanisms. Key use cases included the Smart Grid Seehub, Local Energy Communities (LEC), and Smart Buildings, which served as platforms to evaluate the technical, economic, and environmental impacts of the SENSE system.

Methodology

The evaluation employed a combination of real-world data and simulation-based analyses. For the Smart Grid Seehub, dynamic and static charging power limits were analyzed to assess grid efficiency and cost implications. In the LEC scenario, optimization strategies and precise forecasting were applied to maximize self-consumption and minimize curtailments. The Smart Building case utilized sensor data and dynamic simulation models to investigate the energy impacts of behavioral factors, such as



Figure 1: Smart Building evaluation results for a combination of use cases with varying SENSE success rate (50% to 100%)

window positions and room temperature settings.

Economic evaluations incorporated cost-benefit analyses, considering capital expenditures (CAPEX), operational expenditures (OPEX) as well as potential savings.

Evaluation results

- **Smart Grid Seehub:** Dynamic charging power limits significantly reduced the foreseen contractual penalties compared to static limits, demonstrating the economic viability of the SENSE system in deferring costly grid reinforcements while enhancing transparency and user trust.

- **Local Energy Communities (LEC):** Optimization strategies led to up to a 47.3% reduction in CO₂ emissions and substantial economic benefits,

especially when integrated with accurate forecasting techniques.

- **Smart Buildings:** Anomaly detection contributed to potential energy savings of up to 10% annually, highlighting the influ-

ence of behavioral factors on long term energy consumption.

Outlook

The SENSE system proves to be a valuable tool for sustainable energy management, offering economic, operational, and ecological advantages. Its innovative approach contributes significantly to optimizing energy consumption and reducing environmental impacts. Future research should explore user willingness to invest in such technologies, improve feedback systems, and enhance integration with building management systems. Continued development of intelligent control mechanisms will further support the transition towards more sustainable energy systems.

Contact

Dr. Wolfgang Prügler
CEO
MOOSMOAR Energies OG
office@mmenergies.at

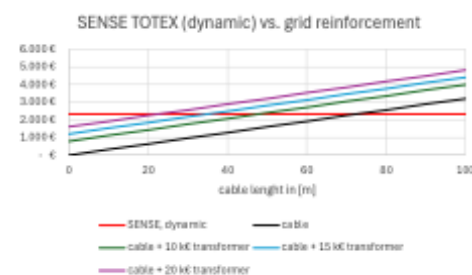


Figure 2: Results of the cost/benefit analysis, comparing the costs of the SENSE Seehub implementation (dynamic case) with urban grid reinforcement costs; TOTEX = Total Expenditures.



Annex 3: Economic Evaluation as a one-pager