

# SENSE

Semantics-based Explanation of Cyber-physical Systems

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | IKT der Zukunft, IKT der Zukunft, IKT der Zukunft - 10. Ausschreibung (2021)   | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.02.2023   | <b>Projektende</b>     | 31.07.2025    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2023 - 2025  | <b>Projektlaufzeit</b> | 30 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | system event explainability; semantic web technologies; ontology-based data integration; Digital Twin Architecture; conversational systems |                        |               |

## Projektbeschreibung

70% der Treibhausgasemissionen durch kritische Infrastruktur wie z.B.: Verkehr, Energieerzeugung und Gebäude erzeugt. Die Modernisierung dieser Infrastruktur, und die damit verbundene Effizienzsteigerung, ist ein wichtiger Schritt zur Steigerung der Nachhaltigkeit. Darüber hinaus unternimmt Österreich große Anstrengungen, um grüne Technologien in diese Bereichen einzuführen (Elektrofahrzeuge, lokale Energiegemeinschaften, erneuerbare Energiequellen). Jedoch spielt die Akzeptanz dieser Technologien durch die Nutzer eine entscheidende Rolle für deren zukünftige Verbreitung. Zusammenfassend, nur eine effizientere und benutzerfreundlicher gestaltete kritische Infrastruktur die Nachhaltigkeit erhöht und letztendlich auch zur Souveränität der nationalen Energieversorgung beitragen kann.

Dank Fortschritte in der Digitalisierung stützt sich die kritische Infrastruktur auf komplexe Systeme, die physische und digitale Anlagen miteinander verbinden, Cyber-physische Systeme (CPS). Smart Grids und Buildings sind Beispiele von CPS. Durch die steigende Komplexität und Dynamik von CPS, nimmt ihre Transparenz, in Bezug auf die Erklärbarkeit von Systemereignissen jedoch ab. Dies behindert (technische) Anlagenbetreiber ihre Systeme sicher und effizient zu betreiben und reduziert auch die Benutzerfreundlichkeit, obwohl (System-) Transparenz von Benutzern nachgefragt oder sogar rechtlich gefordert wird. Erklärungen von Systemereignissen innerhalb des CPS können die Transparenz erhöhen, und damit zu mehr Effizienz und Anwenderfreundlichkeit beitragen, was sich auch positiv auf die Nachhaltigkeit auswirken kann. Zwar ist die Forschung zu explainable CPS (ExpCPS) im Entstehen, hat aber bisher zu unterschiedlichen Ansätzen geführt, die nur in kleinem Rahmen getestet wurden und keine Erkenntnisse über die Auswirkungen der Erklärbarkeit auf die Nachhaltigkeit liefern.

SENSE wird diesen Aspekt adressieren und wird ExpCPS Forschung auf drei Arten voranbringen. Erstens, wird SENSE das wissenschaftlich-technische Niveau von ExpCPS stärken. Dies erfolgt durch: (i) die Erweiterung von bestehenden Digital Twin Architekturen; (ii) neuartige ExpCPS Methoden die auf semantischen Technologien basieren und zu einem auf Semantik-basierenden explainability-Framework führen (z.B.: SENSE framework); (iii) personalisierte und interaktive User Interfaces; (iv) alles in einem robusten Framework kombinieren. Zweitens orientiert sich SENSE an zwei realen Anwendungsfällen aus

den Bereichen Smart Grid/ Building aus Österreichs größtem Smart City Living Lab. Die technologischen Fortschritte werden auf diese Anwendungsfälle durch verschiedene In-vitro- (simulationsbasiert) und In-vivo- (im lebenden Labor) Proof-of-Concepts mit hohem Neuheits- und Nutzungspotenzial angewendet. Drittens, werden die entwickelten PoCs die Grundlage für Nutzerstudien bilden, die Daten für die Bewertung der Auswirkungen von ExpCPS auf die Nachhaltigkeit durch neu entwickelte Bewertungsmodelle liefern werden. Wir wollen zeigen, dass die Treibhausgasemissionen um 15% gesenkt werden können, um die Nachhaltigkeitsziele (SDG7/11/13) zu erreichen.

Ein multidisziplinäres Konsortium wird wissenschaftliche Exzellenz durch die Beteiligung von zwei führenden österreichischen Universitäten und einem unabhängigen Forschungsinstitut gewährleisten sowie ein hohes (inter-)nationales Wirkungs- und Verwertungspotenzial durch die Unternehmenspartner Siemens und MOOSMOAR Energies (KMU), die in hohem Maße von der Erweiterung ihrer Produkte und Dienstleistungen im Einklang mit den Zielen der Ausschreibung profitieren und damit einen weiteren Beitrag zur Digitalisierungsagenda Österreichs leisten werden.

## **Abstract**

While Austria is striving to achieve (inter)national sustainability goals, 70% of its green-house gas emissions are caused by critical infrastructures such as transportation, energy industries and buildings. Modernising these infrastructures so that they are more efficiently run is an important approach to increase sustainability. Additionally, Austria is making major steps towards rolling out green technologies at scale (electric vehicles (EVs), local energy communities (LEC), renewable energy sources (RES)). Yet, user acceptance of these technologies plays a critical role in their diffusion. To sum up, ensuring that key infrastructures are efficient and user-friendly can translate into sustainability gains and ultimately contribute towards the country's energy sovereignty.

Thanks to recent advances in digitalisation, the infrastructures mentioned above rely on complex systems that interconnect real and digital assets known as Cyber-physical Systems (CPS). Smart grids and buildings are examples of CPS. 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 at a time when (system) transparency is demanded by end-customers or even legally enforced. Explanations of CPS events could improve CPS transparency, contributing to increased efficiency and user-friendliness and impacting sustainability. As a result, research on the cutting-edge technology of explainable CPS (expCPS) is emerging but so far resulted in initial and diverse approaches tested in small-scale settings and failing to provide insights into the impacts of explainability on sustainability.

SENSE will address this status and advance expCPS research in three ways. First, at scientific level, SENSE will align, advance and strengthen the scientific technology level of expCPS through: (i) the extension of standard Digital Twin architectures; (ii) novel expCPS methods based on semantic technologies leading to a semantics-based explainability framework (i.e., SENSE framework); (iii) personalised and interactive user interfaces; (iv) all combined in a robust technology stack. These cutting-edge expCPS technologies will strengthen Austria's sovereignty in technologies for managing CPS underlying its key infrastructures. Second, SENSE is guided by two realistic use cases in the smart grid (with emerging topics of EVs, LEC) and smart building domains from Austria's largest smart city living lab. Technology advances will be applied to these use cases through several in vitro (simulation based) and in vivo (living lab based) proof-of-concepts with high domain-specific novelty and exploitation potential. Third, the developed PoCs will be the basis for user-studies that will provide data

for assessing the impact of expCPS on sustainability through newly developing economic evaluation models. We aim to demonstrate that green-house gas emissions can be reduced by 15% thus addressing sustainability goals on climate action (SDG13), by contributing to sustainable, less polluted cities relying on LECs and the use of EVs (SDG11), ensuring affordable clean energy (SDG7) and contributing to Austria's energy sovereignty.

A multi-disciplinary consortium will ensure scientific excellence through the involvement of two leading Austrian universities and an independent research institute as well as high (inter)national impact and exploitation potential promoted by the company partners Siemens and MOOSMOAR Energies (SME in the area of consulting) who will highly benefit from expanding their products and services, in line with the call's objectives and thus further contributing to Austria's digitization agenda.

### **Projektkoordinator**

- Wirtschaftsuniversität Wien

### **Projektpartner**

- AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (kurz: AEE INTEC)
- Technische Universität Wien
- MOOSMOAR Energies OG
- Siemens Aktiengesellschaft Österreich