

## Steckbrief / Factsheet

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „UserGRIDs – Entwicklung und Demonstration von Digital Energy Services zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen auf einem Forschungscampus“

Results from the research project “UserGRIDs – Development and demonstration of digital energy services to reduce greenhouse gas emissions on a research campus”

<b>Projektlaufzeit / Duration:</b>	01.03.2021 – 29.02.2024
<b>Projektleitung / Management:</b>	Technische Universität Graz
<b>Projekt-Partner / Partners:</b>	BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH Bundesimmobiliengesellschaft m.b.H. EAM-Systems GmbH Energie Steiermark AG EQUA Solutions AG Fronius International GmbH

### Impressum/Imprint

Herausgeber/Publisher:

Verein Forschungsinitiative Green Energy Lab, Österreich, ZVR-Zahl: 1125336735

## Projekt-Ziele

- Auf einer Informations- und Kommunikationstechnik (IoT) Plattform sollen alle für die Energieperformance relevanten Daten zusammenfließen, von Messdaten aus den Energiesystemen (Temperaturen, Leistungen, etc.) bis hin zu Daten anderer digitaler Systeme (Raumbelegung, Wetterdaten, Preissignale, etc.).
- Schaffung eines Gesamtsystems für einen emissionsenkenden ökonomischen Betrieb des Campus unter Einbeziehung betroffener Stakeholder\*innen
- Steigerung der Nutzungszufriedenheit am Areal
- optimaler und robuster Betrieb des energietechnischen Systems
- konsequenter Ausbau in Richtung eines Nullemissions-Quartiers

## Project Goals

- An information and communication technology (IoT) platform should bring together all data relevant to energy performance, from measurement data from the energy systems (temperatures, output, etc.) to data from other digital systems (room occupancy, weather data, price signals, etc.).
- Creation of an overall system for emission-reducing economic operation of the campus with the involvement of affected stakeholders
- Increasing user satisfaction on the site
- Optimal and robust operation of the energy system
- Consistent expansion towards a zero-emission district

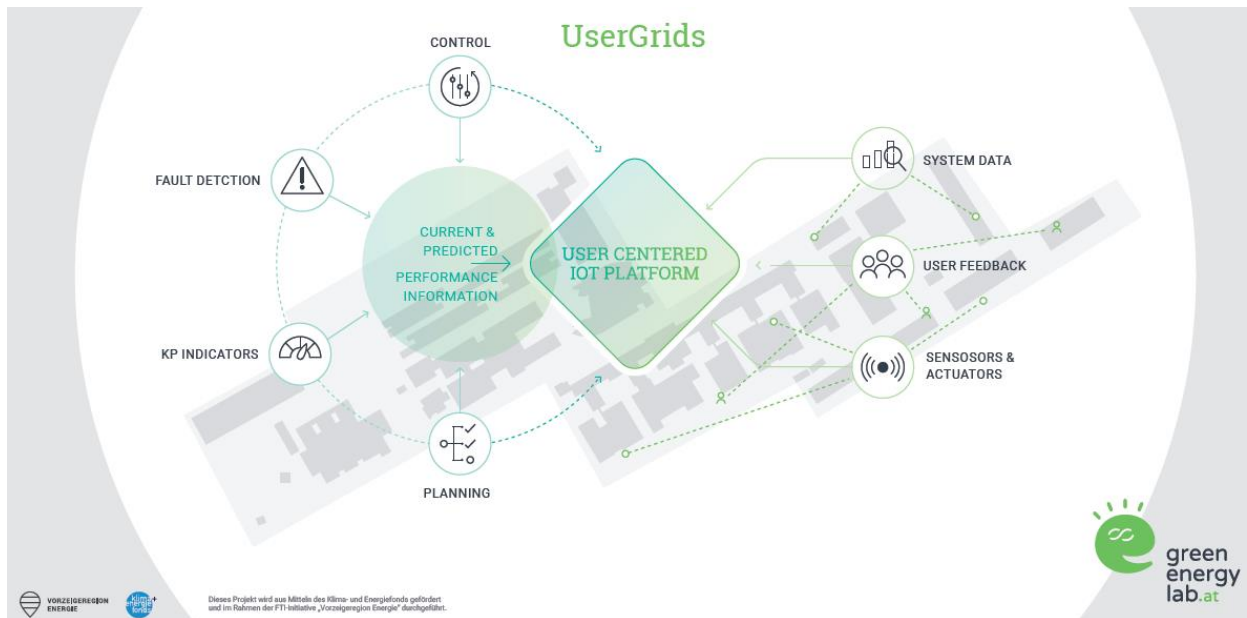
## Zusammenfassung der Ergebnisse

Die folgenden Punkte wurden erfolgreich umgesetzt:

- Die Planung von acht digitalen Energiedienstleistungen für den größten Campus der Technischen Universität Graz ist abgeschlossen. Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Betrieb wurden gestärkt. Die Ergebnisse werden in die zukünftige Entwicklung des Standortes einfließen, um die induzierten Treibhausgasemissionen zu reduzieren.
- Die Funktionalität der Dienste basiert auf einem städtischen Strukturmodell, in dem alle relevanten und verfügbaren strukturellen Informationen über Gebäude und die thermische und elektrische Infrastruktur implementiert sind. Dies dient als konsistente und gemeinsame Datenbasis für alle anderen Dienste.
- Die entwickelte und implementierte IoT-Plattform fungiert als Vermittler zwischen den im Quartier laufenden Energiesystemen. Rund 400 Sensoren werden periodisch abgefragt und die Messwerte in dem dafür entwickelten Datenbanksystem gespeichert. Datenreihen aus den Messungen können über eine entwickelte Schnittstelle automatisch an andere Dienste und externe Nutzer übertragen werden.
- Auf Basis der Strukturinformationen und der Sensorwerte wurden mit Hilfe von maschinellem Lernen und physikalischer Modellierung Vorhersagemodelle für den Verbrauch und die photovoltaische Erzeugung von elektrischer Energie entwickelt, implementiert und getestet. Diese Modelle vergleichen kontinuierlich aktuelle Messwerte mit den Ergebnissen aus den Modellen und können auf dieser Basis Betriebsfehler automatisch erkennen und melden.
- Die Sensorwerte werden automatisiert und kontinuierlich verbunden, um ein Bild der Energieflüsse im Quartier zu erstellen und die Leistung des Energiesystems zu analysieren. Für einige Gebäude wurden Leistungskennzahlen eingeführt, die Auskunft über den aktuellen und früheren Verbrauch von Energieträgern und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen geben.
- Das Energiemanagement eines Bürogebäudes läuft seit Dezember 2022 über den CONTROL-Dienst der IoT-Plattform. Messungen und Simulationen haben gezeigt, dass die verwendeten prädiktiven Steuerungsmodelle, die mit der direkten Integration von Nutzerfeedback arbeiten, hervorragende Ergebnisse liefern. Der thermische Komfort konnte deutlich gesteigert und der Energiebedarf für Heizung und Kühlung erheblich reduziert werden. In einer begleitenden Studie wurde der gewählte Optimierungsansatz mit einem Optimierungsansatz aus dem Bereich des maschinellen Lernens bzw. der KI verglichen.
- Für die Analyse zukünftiger Transformationsoptionen wurden neue Ansätze für die halbautomatische Erstellung von energetischen Quartiersmodellen entwickelt. Darüber hinaus wurde im Rahmen von zwei Masterarbeiten erfolgreich damit begonnen, halbautomatische Übertragungen von Bauteilen (Wände, Decken, etc.) und energietechnischen Komponenten (Heizkörper, etc.) aus dem Strukturmodell in Simulationsprogramme zu erstellen.

- Das Energiemodell des Stadtteils (Gebäude, Wärmenetz, Kältenetz) wurde verwendet, um das Szenario der Implementierung einer großen Wärmepumpe zu analysieren, welche die im Stadtteil erzeugte Abwärme nutzt. Die energetischen, ökologischen und finanziellen Vorteile einer solchen Lösung wurden analysiert. Das Modell wurde auch mit prädiktiven Regelungsmodellen über CO-Simulation gekoppelt, um den optimierten Betrieb der beteiligten Komponenten des Wärmepumpensystems (Gebäude, Wärmepumpe, Tiefensondenfeld, PV-Systeme) zu entwerfen und virtuell zu testen.

Link zu [Projekt-Website & Ergebnisdokumente](#)



## Summary of the results

The following points were successfully implemented:

- The design of eight digital energy services for the largest campus of Graz University of Technology has been completed. The campus is to be developed into the Innovation District Inffeld by 2030. The basic development approach of the digital energy services follows the goal of utilising the constantly growing possibilities of digitalisation. Energy efficiency and the use of renewable energy sources in operations have been strengthened. The results will be incorporated into the future development of the site in order to reduce the induced greenhouse gas emissions.
- The functionality of the services is based on an urban structure model in which all relevant and available structural information on buildings and the thermal and electrical urban infrastructure has been implemented. This "single source of truth" serves as a consistent and common database for all other services.
- The developed and implemented IoT platform acts as an intermediary between the energy control systems running in the district. About 400 sensors are periodically queried and the measured values are stored in the database system developed for this purpose. Data series from the measurements can be automatically transferred to other services and external users via a developed interface.
- Based on the structural information and the sensor values, prediction models for the consumption and photovoltaic generation of electrical energy were developed, implemented and tested using machine learning and physical modelling. These models continuously compare current measured values with results from the models and can automatically detect and report operating errors on this basis.
- The sensor values are automated and continuously combined to create a picture of the energy flows in the district and used to analyse the performance of the energy system. Key performance indicators, which provide information on the current and past consumption of energy sources and the associated greenhouse gas emissions, have been implemented for some buildings.
- The energy management of an office building has been running via the CONTROL service of the IoT platform, since December 2022. Measurements and simulations have shown that the predictive control models used, which operate with the direct integration of user feedback, deliver excellent results. Thermal comfort was significantly increased and the energy requirements for heating and cooling were reduced considerably. In an accompanying study, the chosen approach to optimisation was compared with an optimisation approach from the field of machine learning or AI.
- For the analysis of future transformation options, new approaches have been developed for the semi-automated construction of energy-related district models. In addition, two master theses have successfully begun to create semi-automated transfers of building components (walls, ceilings, etc.) and energy technology components (radiators, etc.) from the structural model into simulation programmes.

- The district's energy model (building, heating network, cooling network) was used to analyse the scenario of implementing a large heat pump using waste heat produced in the district. The energy, environmental and financial benefits of such a solution were analysed. The model was also coupled with predictive control models via CO-simulation in order to design and virtually test the optimised operation of the heat pump system components involved (building, heat pump, deep probe field, PV systems).

Link to [Project-Website & Deliverables](#)

### Musterlösung / Model solution

Im Projekt „UserGRIDS“ wurde eine Musterlösung für die Energiewende entwickelt:

The "UserGRIDS" project developed one model solution for the energy transition:

**Benutzerzentrierte smarte Regelung von Mikronetzen**



© Technische Universität Graz

- Ausgangssituation: Stark schwankende Verbrauchs- und Erzeugungsdaten in einigen Stadtvierteln
- **Lösung: Entwicklung eines selbstlernenden Steuerungssystems**
- **Effekt: Reduktion der Emissionen durch optimale Steuerung**
- Fokus: Energiemanagement
- Zielgruppe: Nachbarschaften in Innovationsquartieren, Forschungs- und Industrieparks sowie Büro- und Wohnquartiere

**User-centered smart control of sustainable microgrids**



© Graz University of Technology

- Initial Situation: Highly fluctuating consumption and generation characteristics of some neighborhoods
- **Solution: Development of a self learning control system**
- **Effect: Reduction of emissions through optimal management**
- Fokus: Energy management
- Target group: neighborhoods in innovation districts, research and industrial parks, and office and residential districts



<p>Name</p>	<p><b>Benutzerzentrierte smarte Regelung von Mikronetzen</b></p>
<p>Name</p> <p>Kurzbeschreibung &amp; USP</p> <p>Short description &amp; USP</p>	<p>User-centered smart control of sustainable microgrids</p> <p>Es wird eine Regelung für die Energieversorgung von Quartieren entwickelt, die stark fluktuierende Verbrauchs- und Erzeugungscharakteristiken aufweisen. Ziel ist der emissionsminimierte Betrieb des Energiesystems durch optimale Bewirtschaftung der thermischen und elektrischen Speicher, sowie der Energiebereitstellung aus volatilen Quellen (z.B. PV oder Abwärme).</p> <p>Die bestehenden Regelungen der Gebäude werden zu einem umfassenden, selbstlernenden regelungstechnischen Gesamtkonzept des gesamten Quartiers erweitert. Die Integration energierelevanter Planungs- und Echtzeit-Daten der NutzerInnen in den Regelkreis unterstützt die Anpassung der Systeme an die Verhaltensweisen und Anforderungen der internen Nutzung. Die externe Kommunikation sichert die intelligente Einbindung in die übergeordnete urbane Energieversorgung. Die Regelung wird anhand detaillierter thermo-elektrischer Modelle entwickelt und am INNOVATION DISTRICT INFFELD der TU Graz implementiert und getestet.</p> <p>Der USP besteht in der selbstlernenden Steuerung, welche sowohl die Optimierung auf Gebäudeebene wie auch die Einbettung auf Netzebene optimiert.</p> <p>A control system is being developed for the energy supply of neighborhoods with highly fluctuating consumption and generation characteristics. The aim is to minimize emissions in the operation of the energy system through optimal management of thermal and electrical storage and the provision of energy from volatile sources (e.g. PV or waste heat).</p> <p>The existing building control systems are being expanded to create a comprehensive, self-learning control concept for the entire district. The integration of energy-relevant planning and real-time data from the users into the control loop supports the adaptation of the systems to the behavior and requirements of internal use. External communication ensures intelligent integration into the overarching urban energy supply. The control system is developed on the basis of detailed thermo-electric models and implemented and tested at the INNOVATION DISTRICT INFFELD at Graz University of Technology.</p>

	<p>The USP is the self-learning control system, which optimizes both the optimization at building level and the embedding at grid level.</p>
<p>Innovationsgehalt Innovation value</p>	<p>Marktübliche Energiemanagementsysteme nutzen nur bedingt die Dynamik, die sich aus klimatischen Bedingungen und gezielter Bewirtschaftung zentraler und dezentraler thermischer und elektrischer Speicher ergibt. Regelungen, die diese Funktionalitäten erfüllen, basieren meist auf modellprädiktiven Ansätzen und sind aktuell mit TRL 5-6 einzuordnen.</p> <p>Weder das Zusammenspiel mit dem übergeordneten Netz, die Nutzung oftmals großer Mengen energierelevanter Daten aus nicht-energie-technischen Datensystemen, noch die Integration von Anforderungen und Feedback der Nutzerinnen und Nutzer (ca. TRL 4) spielt in der Praxis eine Rolle.</p> <p>Forschungs- und Demonstrationsarbeiten haben gezeigt, dass aber genau diese Funktionalitäten den Energieverbrauch und die Betriebskosten eines Energiesystems signifikant (bis zu 20 %) senken können. Technische, sozialwissenschaftliche und ökonomische Forschungsergebnisse stimmen überein, dass die Integration der Nutzerinnen und Nutzer in den Regelkreis von entscheidender Bedeutung ist, um das hohe Innovationspotential smarterer Regelungssysteme ausschöpfen zu können.</p> <p>Im Projekt wird ein smartes prädiktives Regelungssystem entwickelt und am INNOVATION DISTRICT INFFELD der TU Graz erprobt, das die Speicher optimal bewirtschaftet, NutzerInnen-Feedback und Präferenzen berücksichtigt und Künstliche Intelligenz nutzt, um selbstlernend neues Wissen über das System zu generieren (Nachfrageprognosen, Ausfälle, Präferenzen), um TRL 8 zu erreichen.</p> <p>Conventional energy management systems only make limited use of the dynamics resulting from climatic conditions and the targeted management of centralized and decentralized thermal and electrical storage systems. Controls that fulfill these functionalities are usually based on model-predictive approaches and are currently classified as TRL 5-6.</p> <p>Neither the interaction with the higher-level grid, the use of often large amounts of energy-relevant data from non-energy-related data systems, nor the integration of user requirements and feedback (approx. TRL 4) play a role in practice.</p> <p>However, research and demonstration work has shown that it is precisely these functionalities that can significantly reduce the energy consumption and operating costs of an energy system (by</p>



	<p>up to 20 %). Technical, social science and economic research results agree that the integration of users into the control loop is of crucial importance in order to be able to exploit the high innovation potential of smart control systems.</p> <p>In the project, a smart predictive control system is being developed and tested at the INNOVATION DISTRICT INFFELD of Graz University of Technology, which optimally manages the storage facilities, takes user feedback and preferences into account and uses artificial intelligence to generate new knowledge about the system (demand forecasts, outages, preferences) in a self-learning manner in order to achieve TRL 8.</p>
<p><b>Übertragbarkeit und Skalierbarkeit</b> <i>Transferability and scalability</i></p>	<p><b>Künstliche Intelligenz schafft Marktpotential</b></p> <p>Weltweit etablieren sich Innovations-Quartiere, um energie-wirtschaftliche und nachhaltige Ziele zu realisieren (Forschungs- und Industrieparks, aber auch Büro- und Wohnquartiere). Dabei ist eine übergeordnete Intelligenz zur Koordination der Erzeugung, Verteilung und Verbrauch von Energie essenziell. Getrieben von der allgegenwärtigen Verfügbarkeit von Daten haben die Konzepte Big Data, Künstliche Intelligenz, Modell Predictive Control und NutzerInnen-Integration zu völlig neuen Möglichkeiten im Sektor der smarten Energiesysteme geführt.</p> <p><b>Forschungscampus als Frontrunner der transparenten Nachhaltigkeit</b></p> <p>Die Demonstration erfolgt auf dem INNOVATION DISTRICT INFFELD der TUG, welche die Patenschaft für das „Sustainable Development Goal 11 (SDG 11- Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable) verantwortet. Die Erkenntnisse werden im Netzwerk der SDGs verwertet, im Nachhaltigkeitsbericht der TUG veröffentlicht und anderen Standortbetreibern zugänglich gemacht.</p> <p><b>Artificial intelligence creates market potential</b></p> <p>Innovation districts are being established around the world in order to realize energy-efficient and sustainable goals (research and industrial parks, but also office and residential districts). Higher-level intelligence is essential for coordinating the generation, distribution and consumption of energy. Driven by the ubiquitous availability of data, the concepts of big data, artificial intelligence, predictive control models and user integration have led to completely new possibilities in the smart energy systems sector.</p>

	<p><b>Research campus as a frontrunner for transparent sustainability</b></p> <p>The demonstration will take place on the INNOVATION DISTRICT INFFELD of TUG, which is responsible for the sponsorship of Sustainable Development Goal 11 (SDG 11- Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable). The findings are used in the SDG network, published in TUG's sustainability report and made available to other site operators.</p>
<p><b>Wirtschaftliche Verwertbarkeit</b> Economic viability</p>	<p><b>Fundierte unternehmerische Verwertung</b></p> <p>Die wissenschaftliche Begleitung sichert die hochwertige Dokumentation und Beweisführung, auf deren Basis Verwertung und Skalierung in weitere Anwendungsfälle vorangetrieben werden. Die BIG, als größter öffentlicher Grundbesitzer Österreichs, wird die Ergebnisse in ihre Nachhaltigkeits-Standards und in die Vermarktung integrieren. EAM wird unterstützt, im Bereich der „Cognitive Districts“ Produkte zu entwickeln.</p> <p><b>Profound entrepreneurial exploitation</b></p> <p>The scientific support ensures high-quality documentation and evidence, on the basis of which utilization and scaling in other applications will be driven forward. BIG, Austria's largest public landowner, will integrate the results into its sustainability standards and marketing. EAM will be supported in developing products in the area of “cognitive districts”.</p>
<p><b>Was passiert mit dieser Musterlösung nach Projektende?</b> What happens with this model solution after the project closes?</p>	<p>Die Entwicklungen am Innovation District Inffeld können als Basis für die Entwicklung von Geschäftsmodellen herangezogen werden.</p> <p>Im Laufe des Projekts wurde der Bedarf an Weiterentwicklung in einzelnen Bereichen erkannt. Dies führte unmittelbar zur Definition weiterer Projektplanungen und anschließend zum Start von Folgeprojekten.</p> <p>Das Projekt <b>Virtual Reality als innovatives, digitales Werkzeug für die integrative Stadtentwicklung der Zukunft</b> (VRUrbanDev) widmet sich der Problematik der Analyse der energetischen Performance von Stadtkonfigurationen. Die Vielzahl der dafür notwendigen Datenreihen und Auswertungsebenen erhöht die Komplexität und verringert die Übersichtlichkeit der Analysen. VRUrbanDev untersucht, wie die Methoden und Möglichkeiten der virtuellen Realität genutzt werden können, um die Anschaulichkeit und Nachvollziehbarkeit komplexer Analysen zu unterstützen.</p> <p>Das Projekt <b>Modulare Lösungen zur Integration von Kühlung in gründerzeitlichen Gebäuden (COOL-KIT)</b> beschäftigt sich mit der</p>

Integration von gründerzeitlichen Gebäuden in Transformationsprozesse. Diese oft denkmalgeschützten Gebäude müssen konstruktiv und bautechnisch anders behandelt werden als Gebäude aus jüngerer Vergangenheit. Die Aufgaben konzentrieren sich auf Methoden zur modularen Implementierung von Kühl- und Heizsystemen unter der Prämisse der Reduzierung der induzierten Treibhausgase.

The developments at the Innovation District Inffeld can be used as a basis for the development of business models.

The need for further development in individual problem areas was recognised during the course of the project. This led directly to the definition of further project plans and subsequently to the start of the subsequent projects.

The project **Virtual Reality as an innovative, digital tool for the integrative urban development of the future (VRUrbanDev)** is dedicated to the problem of analysing the energy performance of urban configurations. The large number of data series and evaluation levels required for this increases the complexity and reduces the clarity of analyses. VRUrbanDev investigates how the methods and possibilities of virtual reality can be used to support the clarity and comprehensibility of complex analyses.

The project **Modular solutions for integration of cooling in buildings of the founders' period (COOL-KIT)** is working on the integration of buildings of the founders' period in transformation processes. These buildings, which are often listed, have to be treated differently in terms of construction and building technology than buildings from the more recent past. The tasks focus on methods for the modular implementation of cooling and heating systems under the premise of reducing the induced greenhouse gases.

PLZ und Ort

Innovation District Inffeld, 8010 Graz

Zip code and city

Innovation District Inffeld, 8010 Graz

## Innovationsfelder und Impact / Fields of innovation and impact

