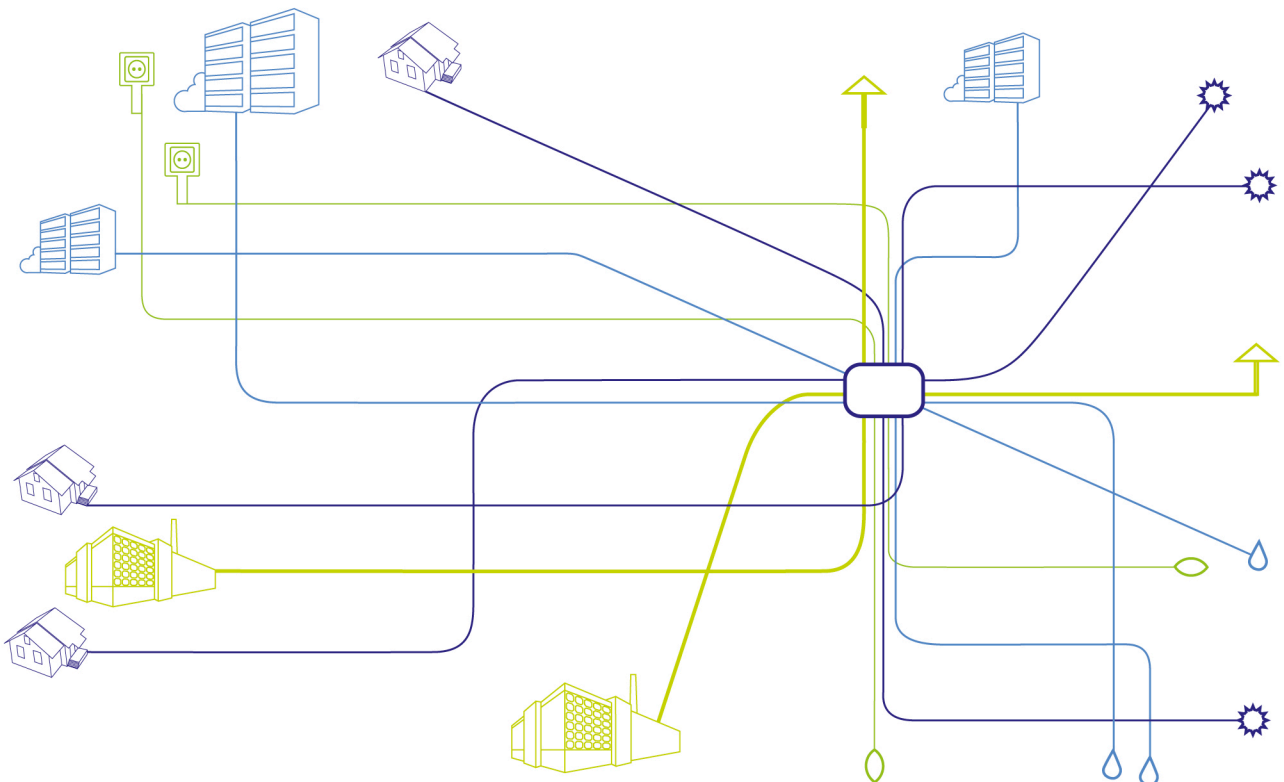




## Smart City Wörgl

Die Südtiroler Siedlung als „Zero Emission Region“ in der Smart City Wörgl



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 246 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „**Smart Cities Demo – 9. Ausschreibung**“. Mit diesem Förderprogramm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, große Demonstrations- und Pilotprojekte zu initiieren, in denen bestehende bzw. bereits weitgehend ausgereifte Technologien und Systeme zu innovativen interagierenden Gesamtsystemen integriert werden.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und  
Energiefonds



Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und  
Energiefonds

# PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

## A. Projektdetails

<b>Kurztitel:</b>	Smart City Wörgl
<b>Langtitel:</b>	Die Südtiroler Siedlung als „Zero Emission Region“ in der Smart City Wörgl
<b>Programm:</b>	Smart Cities Demo - 9. Ausschreibung
<b>Dauer:</b>	01.04.2018   30.09.2021
<b>KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:</b>	Stadtwerke Wörgl GmbH
<b>Kontaktperson - Name:</b>	DI (FH) Peter Teuschel
<b>Kontaktperson – Adresse:</b>	Zauberwinklweg 2a, 6300 Wörgl
<b>Kontaktperson – Telefon:</b>	0699-16300-002; 050-6300-3510
<b>Kontaktperson E-Mail:</b>	<a href="mailto:teuschel@stww.at">teuschel@stww.at</a>
<b>Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):</b>	Neue Heimat Tirol (Tirol) Stadtgemeinde Wörgl (Tirol) Universität Innsbruck – AB EEB + AB IV (Tirol) BlueSky Energy Gmbh (Oberösterreich) meo Energy Gmbh (Steiermark)
<b>Projektwebsite:</b>	<a href="http://smartcities.at/projects/suedtiroler-siedlung-smart-city-woergl/">smartcities.at/projects/suedtiroler-siedlung-smart-city-woergl/</a>
<b>Schlagwörter (im Projekt bearbeitete Themen- /Technologiebereiche)</b>	Gebäude, Energienetze, Photovoltaik, Fernwärme, sektorenübergreifende Maßnahmen, urbane Mobilität, Stromspeicher, Wärmespeicher, intelligente IKT-Systeme, Sozio-ökonomische Aspekte, Ver- und Entsorgungssysteme, Kommunikation und Information
<b>Projektgesamtkosten genehmigt:</b>	1.383.141 €
<b>Fördersumme genehmigt:</b>	691.115 €
<b>Klimafonds-Nr:</b>	KR17SCOF13687
<b>Erstellt am:</b>	29.04.2022

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

## B. Projektbeschreibung

### B.1 Kurzfassung

<b>Ausgangssituation / Motivation:</b>	<p>Die Stadt Wörgl plant mit 2025 energieautonom (Ausnahme Verkehr) zu sein. Im Rahmen dieser Strategie wurde ein städtebauliches Leitprojekt für den Neubau eines Teils der, Ende der 1930er- und Anfang der 1940er-Jahre errichteten, Südtiroler Siedlung definiert. Nachdem die vorhandene Bausubstanz mehr als 70 Jahre alt ist, kam man zum Ergebnis, dass Abbruch und Neubau sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen durchgeführt werden. Die Stadtgemeinde Wörgl ist bereits seit 2008 eine der Tiroler Gemeinden im e5-Programm. Zur Erreichung des Ziels (energieautonom 2025) ist der Neubau der Südtiroler Siedlung mit dessen Einbindung in das Projekt „Smart City Wörgl“ ein bedeutender Baustein. Die aktuelle Vorgabe sieht vor, Passivhausqualität laut Tiroler Wohnbauförderung zu erreichen. Der Stand des Wissens zur Südtiroler Siedlung, Testbedingungen für dieses Projekt, wird durch das Siegerprojekt des Architekturwettbewerbes dargestellt (Oktober 2016). Das Erscheinungsbild der Baukörper wird geprägt durch klare Formen mit Putzfassaden und vorwiegend vertikalen Fensterelementen ergänzt durch akzentuierende Rahmenelemente. Die Gebäude sind als hochwärmegedämmte Massivbauten in Passivhausstandard mit Wohnraumlüftung konzipiert. Die Energieversorgung erfolgt durch die Stadtwerke Wörgl und sieht dabei innovative Lösungen und Konzepte vor, damit eine Smart City Wörgl demonstriert, smartes Wohnen ermöglicht wird, sowie als gesamtes ein „best practice“ Beispiel dargestellt wird.</p>
<b>Bearbeitete Themen-/ Technologiebereiche:</b>	<p>Gebäude, Energienetze, Photovoltaik, Fernwärme, sektorenübergreifende Maßnahmen, urbane Mobilität, Stromspeicher, Wärmespeicher, intelligente IKT-Systeme, Sozio-ökonomische Aspekte, Ver- und Entsorgungssysteme, Kommunikation und Information</p>
<b>Inhalte und Zielsetzungen:</b>	<p>Das Ziel des Projektes ist es, die Ergebnisse einer Roadmap für Wörgl aus dem fit4set Projekt, der Vision der Stadt Wörgl zur Energieautonomie sowie Maßnahmen des Energieentwicklungsplanes umzusetzen. Als urbanes Demonstrationsvorhaben dient die Wörgler Südtiroler Siedlung, wo in fünf Baustufen auf über 27.000 m<sup>2</sup> neue Gebäude im Passivhausstandard mit insgesamt 360 Wohnungen erbaut werden. Durch die Integration und das gezielte Abstimmen verschiedener innovativer (Einzel-)Maßnahmen, wie die Fernwärmearbeitung (industrielle Abwärme) inkl. deren Speicherung, das Nutzen von PV-Energie und deren Speicherung mittels umweltfreundlichen Salzwasserspeicher zur Eigenverbrauchserhöhung, die vernetzte Nutzung smarter IKT Systeme für Bürger und Einwohner, sowie ein smartes Lade- und Mobilitätsmanagement und nutzerfokussierte Kommunikationsmaßnahmen, wird die Demonstration eines smarten urbanen Quartiers ermöglicht. Smarte Geschäftsmodelle, sowie innovative Bürgerbeteiligungsmodelle fördern den Austausch und eine Optimierung des Kosten-Nutzen Verhältnisses für die Einwohner und Betreiber. Metaziele sind, Schaffung von qualitativ-nachhaltigen und hochwertigen Lebens- und Arbeitsraum wo die Menschen im Focus stehen. Ergebnisse des Projektes sind die Umsetzung einer zero-emission Siedlung im Herzen von Wörgl (Baustufe I), die Effizienz von Strom-Wärmeversorgung auf Basis von Speichertechnologien maßgeblich zu verbessern, das</p>

	<p>Verbraucherverhalten zu optimieren, 100% erneuerbare Energien zu nutzen, sowie ein Vorzeigeprojekt über die Grenzen Wörgls hinaus zu etablieren.</p>
<p><b>Methodische Vorgehensweise:</b></p>	<p>In der Forschungsarbeit wird ein Überblick über den Stand der Technik, des Wissens und der Maßnahmen aufgezeigt, die relevant für das Smart City Demo Projekt in Wörgl sind. Dieser Stand der Technik und des Wissens ist anhand der ausgewählten „Handlungsfelder“ der Ausschreibung strukturiert. Die Maßnahmen im Projekt werden intelligent eingesetzt und kombiniert, um die Lebensqualität der Bewohner der Südtiroler Siedlung, sowie in weiterer Folge der Bevölkerung Wörgls zu optimieren. Dabei legt Wörgl sehr viel Wert auf die Steigerung der Energieeffizienz bei der Strom- und Wärmeversorgung, der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger, sowie die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Smart City Wörgl verbindet die einzelnen Themenbereiche miteinander, sodass ein Mehrwert gegenüber technischer Einzellösungen entsteht und bindet die entscheidenden Akteure mit ein, um einen entsprechenden Sprung über den Stand des Wissens hinaus zu erreichen. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Korpus dieser Forschungsarbeit größtenteils mit einer quantitativen empirischen Methodik behandelt wurde. Vereinzelt kam die qualitative empirische Methodik, wie beim Mobilitätsworkshop der Mieter:innen, zum Einsatz.</p>
<p><b>Ergebnisse und Schlussfolgerungen:</b></p>	<p>Die relevanten Innovationen sind Kombinationen bereits erprobter Technologien und Systeme, die im Zuge des Projektes intelligent verknüpft, adaptiert und demonstriert werden. Dies bezieht sich auf: die Nutzung eines Niedrigtemperatur Wärmenetzes kombiniert mit Speicherlösungen zur Wärmeversorgung über industrielle Abwärme – Fernwärmenetz; die Nutzung einer Kombination aus Photovoltaik mit umweltfreundlichen Salzwasser-Stromspeichern zur Eigenverbrauchserhöhung und damit verbunden; die Integration eines intelligenten Energiemanagement-Systems; der Einbindung der Bewohner von Projektbeginn an, um gezielt und nutzer-basiert Mobilitäts- und Nutzerkonzepte zu erarbeiten und zu implementieren; die Kombination aus technischem Monitoring sowie einer sozio-ökonomischen Analyse zur Erarbeitung einer detaillierten Kosten-Nutzen Darstellung und der Etablierung eines intelligenten IKT-Gesamtsystems.</p> <p>Zum einen gibt dieses Projekt wichtige Rückschlüsse zur Dimensionierung der Anlagenkomponenten (PV-Anlagen und Stromspeicher) für die nächsten Bauvorhaben, zum anderen wurde durch die wertvolle Messaufzeichnung und Monitoring dieser Anlagen konnten wichtige Erkenntnisse zur Optimierung der Haushalts-Lastprofile erlangt werden. Exemplarisch kann zu den Ergebnissen dieses Projekts auch die Erfahrung der Wärmerückgewinnung der Wärmepumpe aufgezählt werden. An oberster Stelle ist jedoch die Zusammenarbeit im sektorenübergreifenden Bereich festzuhalten, welche das Potenzial der Synergien offenbart hat.</p>
<p><b>Ausblick:</b></p>	<p>Die Aktualität der Thematik wirft ein vielversprechendes Potenzial für die weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung auf. Besonders die Fragestellung, wie der Klimawandel durch Innovationen und Lösungsansätze aufgehalten werden kann, bietet Anlass zur Nachforschung. Die kompletten Berechnungen und Forschungsarbeit sind so konstruiert, dass auch zukünftige Erkenntnisse und Datenerhebungen mit höherer Detailtiefe verwendet werden können, um das Ergebnis exakter darzustellen.</p> <p>Es ist evident, dass der Gegenstand Energiewende im Stromnetz, Baustandard</p>

	<p>und Intelligenz in der Haustechnik weiter wissenschaftlich behandelt werden muss, um die richtigen Schritte hin zum nachhaltigen Leben im urbanen Raum zu setzen. Nur durch weitreichende Forschung rund um das Thema ist es möglich, diese wichtige Infrastruktur und Wohngebäude weiter zu verbessern. Bereits im Rahmen dieser Forschungsarbeit ist deutlich geworden, dass in naher Zukunft durch das effiziente Wohnen ein Grundstein der Energiewende zu setzen gilt.</p>
--	--

## B.2 English Abstract

<b>Initial situation / motivation:</b>	<p>The town of Wörgl plans to be energy-autonomous (except for transport) by 2025. As part of this strategy, an urban development project was defined for the new construction of a part of the South Tyrolean settlement built in the late 1930s and early 1940s. Since the existing building fabric is more than 70 years old, it was concluded that demolition and new construction would be carried out for both economic and ecological reasons. The municipality of Wörgl has been one of the Tyrolean municipalities in the e5 programme since 2008. To achieve the goal (energy autonomous 2025), the new construction of the Südtiroler Siedlung with its integration into the "Smart City Wörgl" project is an important building block. The current target is to achieve passive house quality according to the Tyrolean housing subsidy. The state of knowledge on the South Tyrolean Settlement, test conditions for this project, is represented by the winning project of the architectural competition (October 2016). The appearance of the buildings is characterised by clear forms with rendered façades and predominantly vertical window elements complemented by accentuating frame elements. The buildings are designed as highly thermally insulated solid structures in passive house standard with living space ventilation. The energy supply is provided by Stadtwerke Wörgl and provides for innovative solutions and concepts to demonstrate a Smart City Wörgl, to enable smart living, and as a whole to represent a "best practice" example.</p>
<b>Thematic content / technology areas covered:</b>	<p>Buildings, energy grids, photovoltaics, district heating, cross-sectoral measures, urban mobility, electricity storage, heat storage, intelligent ICT systems, socio-economic aspects, supply and disposal systems, communication and information</p>
<b>Contents and objectives:</b>	<p>The aim of the project is to implement the results of a roadmap for Wörgl from the fit4set project, the vision of the town of Wörgl for energy autonomy and measures from the energy development plan. The urban demonstration project is the Südtiroler Siedlung in Wörgl, where new buildings to the passive house standard with a total of 360 flats are being built in five construction stages on an area of over 27,000 m<sup>2</sup>. The integration and targeted coordination of various innovative (individual) measures, such as the district heating connection (industrial waste heat) including its storage, the use of PV energy and its storage by means of environmentally friendly salt water storage to increase self-consumption, the networked use of smart ICT systems for citizens and residents, as well as smart charging and mobility management and user-focused communication measures, will enable the demonstration of a smart urban quarter. Smart business models and innovative citizen participation models promote exchange and optimisation of the cost-benefit ratio for residents and operators. The meta-goals are to create a sustainable, high-</p>

	<p>quality living and working space where people are the focus. The results of the project are the implementation of a zero-emission settlement in the heart of Wörgl (construction stage I), to significantly improve the efficiency of electricity and heat supply on the basis of storage technologies, to optimise consumer behaviour, to use 100% renewable energies, and to establish a showcase project beyond the borders of Wörgl.</p>
<p><b>Methods:</b></p>	<p>The research paper presents an overview of the state of the art, knowledge and measures that are relevant for the Smart City Demo Project in Wörgl. This state of the art and knowledge is structured according to the selected "fields of action" of the call for proposals. The measures in the project are intelligently used and combined to optimise the quality of life of the residents of the South Tyrolean settlement, and subsequently of the population of Wörgl. Wörgl attaches great importance to increasing energy efficiency in electricity and heat supply, increasing the share of renewable energy sources, and reducing greenhouse gas emissions. Smart City Wörgl connects the individual topics with each other so that an added value is created compared to individual technical solutions and involves the decisive actors in order to achieve a corresponding leap beyond the state of knowledge. Basically, it can be stated that the corpus of this research work was largely treated with a quantitative empirical methodology. Occasionally, qualitative empirical methodology was used, as in the tenants' mobility workshop.</p>
<p><b>Results:</b></p>	<p>The relevant innovations are combinations of already proven technologies and systems that are intelligently linked, adapted and demonstrated in the course of the project. This refers to: the use of a low-temperature heating network combined with storage solutions for heat supply via industrial waste heat - district heating network; the use of a combination of photovoltaics with environmentally friendly salt water electricity storage for self-consumption increase and associated; the integration of an intelligent energy management system; the involvement of the residents from the beginning of the project in order to develop and implement targeted and user-based mobility and user concepts; the combination of technical monitoring as well as a socio-economic analysis to develop a detailed cost-benefit representation and the establishment of an intelligent overall ICT system.</p> <p>On the one hand, this project provides important conclusions for the dimensioning of the system components (PV systems and electricity storage) for the next construction projects; on the other hand, the valuable measurement recording and monitoring of these systems has provided important insights for the optimisation of the household load profiles. As an example of the results of this project, the experience of heat recovery from the heat pump can also be listed. However, the cooperation in the cross-sectoral area, which has revealed the potential of synergies, must be noted in the first place.</p>
<p><b>Outlook / suggestions for future research:</b></p>	<p>The topicality of the issue raises a promising potential for further scientific debate. In particular, the question of how climate change can be stopped through innovations and approaches to solutions offers cause for further research. The complete calculations and research work are constructed in such a way that future findings and data collection with greater detail can also be used to present the result more accurately.</p> <p>It is evident that the subject of energy transition in the power grid, building standards and intelligence in building technology must be further addressed</p>

scientifically in order to take the right steps towards sustainable living in urban areas. Only through far-reaching research on this topic is it possible to further improve this important infrastructure and residential buildings. It has already become clear in the course of this research work that efficient living will be a cornerstone of the energy transition in the near future.

## B.3 Einleitung

Die Stadt Wörgl beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit Konzepten, die auf der Vision zur Energieautonomie aufbauen. Diese sollen künftig verstärkt auch Ansätze in der Stadtentwicklung und Verkehrsplanung einbeziehen, um zukünftige gesellschaftliche und technologische Veränderungen zur Verbesserung der Lebensqualität mit Rücksicht auf den Klimaschutz zu sichern.

Der Roadmap der „Smart City Wörgl“ entsprechend wird durch den Abbruch und Neubau der Südtiroler Siedlung ein städtebauliches Leitprojekt mit innovativen Maßnahmen implementiert, welche die Stadt Wörgl ihrer Vision, bis 2025 energieautonom zu werden, entscheidende Schritte näherbringen.

Die Siedlung (Abb 1) wurde Anfang der 1940 er Jahre für die abgesiedelten Optanten aus Südtirol errichtet. Sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen wurde der Abbruch der mehr als 70 Jahre alten Bausubstanz und der Neubau des Wohnquartiers mit Passivhausqualität lt. Vorgabe der Tiroler Wohnbauförderung (HWB max. 10 kWh/m<sup>2</sup>a) beschlossen. In fünf Baustufen werden auf über 27.000 m<sup>2</sup> neue Gebäude im Passivhausstandard mit insgesamt 360 Wohnungen erbaut. Durch die Integration und das gezielte Abstimmen verschiedener innovativer Maßnahmen wird im Rahmen des gegenständlichen Projektes in der ersten Bauphase die Demonstration eines smarten urbanen Quartiers ermöglicht.

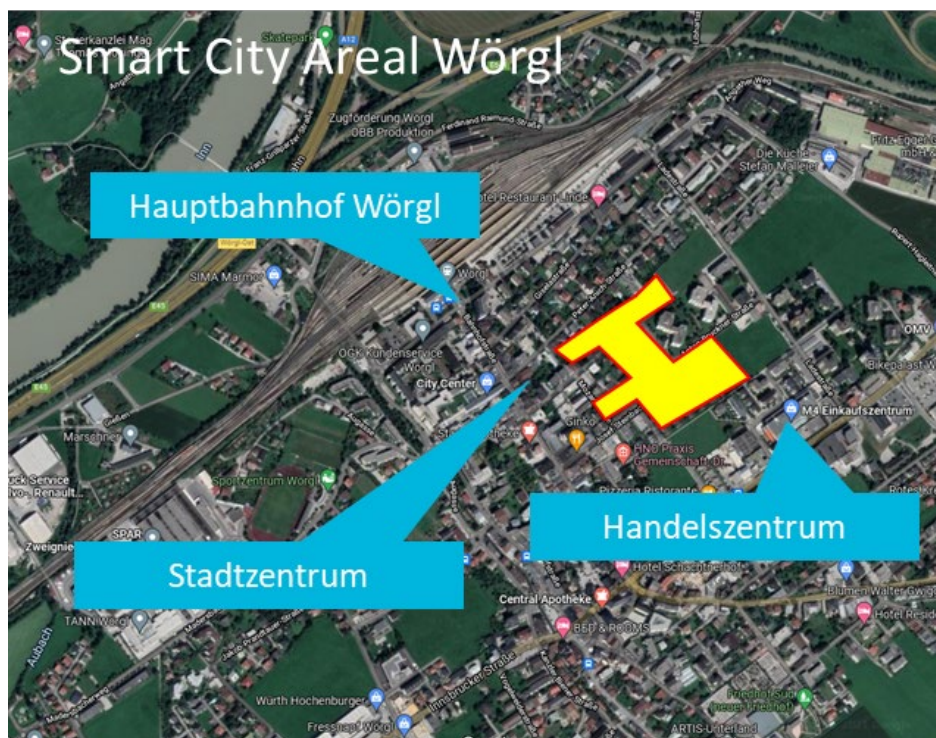


Abb. 1: Smart City Areal Wörgl

Schwerpunkte sind die Fernwärmeanbindung (industrielle Abwärme) inkl. deren Speicherung, das Nutzen von PV-Energie und deren Speicherung mittels umweltfreundlichem Salzwasserspeicher zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils, die vernetzte Nutzung smarterer IKT-Systeme, ein smartes Lade- und Mobilitätsmanagement sowie nutzerfokussierte Kommunikationsmaßnahmen. Smarte Geschäfts- sowie innovative Bürgerbeteiligungsmodelle fördern darüber hinaus den Austausch und eine Optimierung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses für die Einwohner:innen und Betreiber:innen. Metaziele waren die Schaffung qualitativ-nachhaltiger und hochwertiger Lebens- und Arbeitsräume, wo die Menschen im Fokus stehen.

Zur Demonstration und Evaluierung einer „Zero-Emission-Siedlung“ wurde für die neue Südtiroler Siedlung Wörgl folgendes Zielbild vorgegeben:

- CO<sub>2</sub>-neutral bei Wärme- und Stromversorgung
- Einsatz ökologischer Baustoffe
- Vorzeigeprojekt mit Smart-Building-Standard: Passivhausqualität, hauseigene PV-Anlage sowie Fernwärmeanschluss aus industrieller Abwärme
- Gelebte „Mobilität der Zukunft“: deutlich reduzierter Motorisierter-Individualverkehr, „Mobilitäts-Hubs“ für eine individualisierte E-Mobilität (u.a. mit e-Autos, e-Bikes), deutlich reduzierter Parkplatzbedarf (Zweitauto wird nicht mehr benötigt) und „Stadt der kurzen Wege“ mit guter Erschließung und Durchwegung für Fuß- und Radwegeverkehr.
- Innovatives Energiemanagement durch smarte Speichersysteme
- Smarte IKT-Vernetzung von Energiedaten und Mobilität
- Direkte Einbindung der Bewohner:innen, sozio-ökonomische Verbesserungen („Smart Living Wörgl“)
- Einbindung in das Gesamtkonzept der „Smart-City Wörgl“
- Wichtiger Meilenstein zur Erreichung der Energieautonomie in Wörgl (ausgenommen Verkehr)

Das Projekt wurde von einem **Konsortium mehrerer Partner:innen** implementiert: Die **Stadtgemeinde Wörgl (StW)** hat das Ziel definiert, mit Ausnahme des Verkehrs bis zum Jahr 2025 energieautonom zu sein. Dazu bedarf es eines holistischen Entwicklungskonzeptes, bei dem sämtliche bauliche Maßnahmen höchster Energie-Effizienz unterliegen und lokale Energieressourcen genutzt werden. Im bestehenden Energieentwicklungsplan der Stadtgemeinde Wörgl spielt die Neuerrichtung der Südtiroler Siedlung eine zentrale Rolle. Die **Stadtwerke Wörgl GmbH (STWW)** sind Leadpartner und bringen als regionaler Energieversorger die Bereiche Strom- und Wärmenetz sowie Energieversorgung mit ein, dazu die Bereiche Wasser, Abwasser, Abfallentsorgung. Fokussiert auf Effizienzsteigerung, Energieeinsparung und erneuerbare Energien haben die STWW ein umfangreiches Know-how in der Fernwärme-Versorgung und Nutzung industrieller Abwärme, der Einbindung erneuerbarer Energien (Photovoltaik, Biomasse) sowie in der Implementierung von e-Carsharing-Lösungen mit dem floMobil. Die **NEUE HEIMAT TIROL (NHT)** ist die führende gemeinnützige Wohnbaugesellschaft in Westösterreich, zeigt mit aktuell 150 klima:aktiv Projekten ein starkes Engagement im Bereich der Klima- und Energiewende und errichtet Neubauten bereits seit über 10 Jahren nur mehr im Passivhaus Standard. Die NHT ist im Rahmen vieler internationaler und nationaler Forschungsprojekte ein starker Partner für innovative, österreichische Betriebe. Die NHT betreut in Wörgl aktuell 702 Wohn- und Geschäftseinheiten. Im gegenständlichen Projekt ist die NHT der Bauträger zur Errichtung und Verwaltung der neuen Südtiroler Siedlung. **BlueSky Energy GmbH (BlueSky)** brachte den Salzwasserstromspeicher GREENROCK ein – erstmals als Großspeicherlösung in einem größeren Wohngebäudekomplex. **meo Energy GmbH (meo)** lieferte Vernetzungslösungen für zentrale oder dezentrale Batteriespeicher, Demand side management für fernwärmeversorgte Gebäude und Stromeinkopplung mittels Wärmepumpen in Niedertemperaturwärmenetze sowie die Integration einer Benutzervisualisierung. Die **Universität Innsbruck (UIBK)** war mit zwei Arbeitsbereichen am Projekt beteiligt. Der **Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen (UIBK EEB)** am Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften blickt auf eine langjährige Erfahrung im Bereich Energieeffizienz und regenerative Energien zurück und stellt ein Bindeglied zwischen dem klassischen Bauingenieurwesen im Gebäudebereich und dem mehr maschinenbaulichen Ansatz der energieeffizienten Gebäudetechnik und der Nutzung erneuerbarer Energien dar. Der **Arbeitsbereich Intelligente Verkehrssysteme (UIBK IV)** bildet ein Kompetenzzentrum für Planung, Bau, Betrieb und Management von Verkehrssystemen mit dem Fokus auf die Verkehrsarten Fuß-, Rad-, motorisierter Individual- und öffentlicher Verkehr auf den Verkehrswegen Straße, Schiene und Seilbahn. Der Forschungsansatz zeichnet sich durch eine gesamtheitliche, systemische Sicht aus, die ausgehend von den Bedürfnissen der Menschen gleichermaßen die infrastrukturellen und betrieblichen Aspekte der Verkehrssysteme berücksichtigt. Zusätzlich wurde während der Projektlaufzeit der ortsansässige Verein **komm!unity** von der Stadt Wörgl beauftragt, das Projektkonsortium beim Austausch und Dialog mit den Bewohner:innen des Quartiers sowie bei der Umsetzung einzelner Projektkomponenten zu unterstützen. komm!unity ist in Wörgl für Jugend- und Integrationsarbeit sowie für Kommunikations- und Beteiligungsprozesse bekannt und hat in der neuen Südtiroler Siedlung auch eigene Räumlichkeiten für die Jugendarbeit.

## B.4 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

**Vorarbeiten/Stand des Wissens:** Basis für das gegenständliche Projekt bildeten unter anderem die Ergebnisse des „Wörgl Fit4Set“-Projektes (Fit4Set-Programm, Klima- und Energiefonds, 2012) sowie des für die Stadt Wörgl ausgearbeiteten Energieentwicklungsplan. In verschiedenen Arbeitsgruppen zu den Themen Abfall- und Abwassermanagement, Gebäude, Stadtentwicklung, Energie, Mobilität und Bewusstseinsbildung wurden der jeweils aktuelle Stand des Wissens sowie zukünftige Strategien erarbeitet und in einer Roadmap dargestellt.

**Gebäude/Architektur:** Der Gesamtstand des Wissens zur Südtiroler Siedlung wird durch das Siegerprojekt (Abb 2) des durchgeführten Architekturwettbewerbes gebündelt (Juryentscheidung im Oktober 2016).



Abb 2: Siegerprojekt des Architekturwettbewerbs Smart City Wörgl

Das neue Quartier setzt sich aus versetzten Riegeln sowie zusammengesetzten Winkel- und U-förmigen, höhengestaffelten Baukörpern zusammen und interpretiert so die traditionelle Typologie der Südtiroler Siedlung neu. Die Baukörperstellung erzeugt halbprivate Innenhöfe, die an eine netzartige Durchwegung angebunden sind und großzügige autofreie Grünzonen zwischen den Häusern schaffen. Das Erscheinungsbild der Baukörper wird geprägt durch klare Formen mit Putzfassaden und vorwiegend vertikalen Fensterelementen ergänzt durch akzentuierende Rahmenelemente. Die Gebäude sind als hochwärmedämmte Massivbauten im Passivhaus Standard mit Wohnraumlüftung und Wärmerückgewinnung konzipiert.

- Das Projekt hat insgesamt über alle Bauabschnitte 348 Wohnungen und eine Gesamtzahl von 384 Tiefgaragenstellplätzen (1,10 Tiefgaragenstellplätze pro Wohneinheit) sowie 20 oberirdischen Stellplätze (Besucher) ausgewiesen.
- Die Anforderung pro Wohneinheit zwei Fahrradabstellplätze (entspricht Abstellfläche von 3m<sup>2</sup> pro Wohnung) in möglichst gut erreichbarer, ebenerdiger Lage vorzusehen, wurde z.B. in Baustufe 1 mit 286m<sup>2</sup> Fahrradräume (3,49m<sup>2</sup>/Wohneinheit) erfüllt

Der im Rahmen des Projekts umgesetzte erste Bauabschnitt (64 Wohneinheiten und die Vereinsräumlichkeiten für komm!unity) ( und der zweite Bauabschnitt (48 Wohneinheiten) wurden zusätzlich mit klima:aktiv GOLD deklariert. Der dritte Bauabschnitt (35 Wohneinheiten) befindet sich aktuell in Bauausführung. Die Anordnung der Tiefgarage ist so gewählt, dass eine Bepflanzung mit größeren Bäumen im Grünraum ermöglicht wird. Die Mitte bildet ein Platz an der Wegkreuzung, wo auch eine neue Bus-Haltestelle vorgeschlagen wird. Alle Baukörper als 4-Spanner

mit privaten Freiräumen mit hoher Qualität in Form von Balkonen und Terrassen lassen einen guten Wohnkomfort für städtisches Wohnen nahe dem Zentrum erwarten. Extensive Dachbegrünungen, eine minimale Versiegelung der Oberfläche, Passivhausstandard, klima:aktiv GOLD, Massivbau mit hoher thermischer Speichermasse und eine Vollwärmeschutzfassade mit Holzwoolldämmung sowie ein hoher Anteil an Erneuerbaren entsprechen dem Ziel der Stadt Wörgl, einen neuen Smart-Building-Standard mit Vorbildwirkung zu generieren.

**Früher Kontakt zu Bewohner:innen:** Zur friktionsfreien Realisierung des Projekts, zum Abriss und Neubau der Wörgler Südtiroler Siedlung, wurden die bestehenden Mieter:innen der Alt-Gebäude für die Bauphase zwischenzeitlich in andere Wohnungen umquartiert. Nach Fertigstellung sind die früheren Bewohner:innen großteils wieder in die neuen Gebäude eingezogen. Dies machte es im gegenständlichen Projekt möglich, schon sehr frühzeitig mit den "alten" aber auch neuen Bewohner:innen in Kontakt zu treten, um Wohnbedürfnisse, Anforderungen und voraussichtliche Nachfragemuster in Bezug auf die Mobilität zu erheben und in die Planungen mit einzubeziehen .

### **Energie/Gebäude: Photovoltaik – Speicherung – Verteilung**

Die Gebäude in der Smart City Wörgl werden unter anderem mit Strom aus Photovoltaik versorgt. Die Produktion von PV-Strom stellt an sich den Stand der Technik dar. Die Kombination mit dem Salzwasserstromspeicher GREENROCK sowie mit der intelligenten Nutzung und Versorgung ist jedoch ein Sprung über den Stand der Technik hinaus.

Die zurzeit eingesetzten Lithium-Systeme bergen nach wie vor Risiken bezüglich thermischer Kettenreaktionen bei falscher oder unsachgemäßer Handhabung oder Ladung und werden daher speziell im öffentlichen Bereich oder Bauten mit hoher Besiedlungsdichte nicht im großen Stil eingesetzt.

Der GREENROCK Salzwasserspeicher von BlueSky ist der umweltfreundlichste Stromspeicher weltweit. Eine einzigartige Zusammensetzung der verwendeten Rohstoffe sowie eine innovativ genutzte Kombination von Salzwasser als Elektrolyt sowie Baumwollfließ als Separator ergeben einen nicht giftigen, nicht brennbaren sowie hocheffizienten Stromspeicher dessen Auslegung von 2 kWh bis mehrere MWh möglich ist. Der Salzwasserspeicher unterscheidet sich zu herkömmlichen Lithium-Stromspeichern in der unproblematischen Handhabung des Speichermediums. Es wird kein eigenes Batteriemanagementsystem benötigt, Tiefentladung ist kein Problem und es kann die volle angegebene Kapazität des Speichers (2kWh / Batterie Stack) ohne Einschränkungen genutzt werden. Bis dato werden Salzwasserspeicher (wie auch Lithium-Systeme) zur Eigenverbrauchsoptimierung der elektrischen Energie durch höhere Nutzung von PV eingesetzt. Autarkiegrade von 70-80% werden im Durchschnitt bei korrekter Planung erreicht. Durch eine Skalierungsmöglichkeit von 2 kWh Schritten ermöglicht der Salzwasserspeicher eine absolut genaue Applikation und ist somit äußerst effizient und genau zu kalkulieren. Herkömmliche Systeme bieten keine genaue Auswahl bzw. ist diese nur bis ca. 15 kWh möglich (GREENROCK bis mehrere 100 kWh). Des Weiteren werden durch diverse Sicherheitsvorschriften die Aufstellkriterien für Lithium-Systeme in Bezug auf Brandschutz und Ausgasung die Installationskosten in die Höhe getrieben. Durch GREENROCK fallen diese Kosten weg, wodurch viele Tausend Euro gespart und die Wohnbaukosten reduziert werden. Gleichzeitig ergibt sich eine praktikable und effiziente Lösung zum Ausgleich des Ungleichgewichts bei Stromproduktion (Spitzen zu Mittag) und Stromverbrauch (meist morgens und abends), welche durch den beschriebenen Stromspeicheransatz geboten und demonstriert wird.

Der von BlueSky gelieferte Salzwasserspeicher hat 48 V oder wahlweise 24 V Gleichspannung (Lithium-Systeme meist >150 V) und ist somit sehr sicher, eine Aufstellung im öffentlichen oder dicht besiedelten Raum stellt keine Gefahr für Mensch und Sachgüter dar.

Der im gegenständlichen Projekt eingesetzte Speicher wurde im kleinen Maßstab schon eingesetzt, wo er problemlos funktionierte. Eine Kombination erneuerbarer Energien mit dem Salzwasserstromspeicher GREENROCK in einem größeren Wohngebäude bzw. Wohnungskomplex gab es in Österreich bisher noch nicht. Im Projekt wird die erstmalige Anwendung als Großspeicher für einen Stadtteil eingesetzt, getestet und demonstriert. Die Smart City Wörgl ist damit die perfekte Applikation zur Demonstration einer innovativen, umweltfreundlichen Technik in Kombination mit der Nutzung von Photovoltaik zur Energieversorgung zukunftsfähiger Stadtteile.

## **Energie/Gebäude: Fernwärme – Speicherung – Verteilung**

Für einzelne Wörgler Stadtteile besteht bereits eine Fernwärmeversorgung. Durch Nutzung industrieller Abwärme eines im Gemeindegebiet ansässigen Industriebetriebes (Tirol Milch), die aus Biomasse (vorrangig Hackschnitzel aus der Region) gewonnen wird, werden ca. 21.000 MWh pro Jahr in das öffentliche Stadtwärmenetz der Stadtwerke Wörgl eingespeist. Dies führt nicht nur zu einer Einsparung von ca. 4.400 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, sondern auch zu einer wesentlichen Immissions- und Emissionsreduktion in der Stadt.

Die Fernwärmestrategie Wörgls sieht weitere fünf Ausbaustufen vor. Für die Versorgung der Südtiroler Siedlung soll die Abwärme eines weiteren Wörgler Industriebetriebes genutzt werden (Verhandlungen mit beiden Holzverarbeitenden Betrieben, Fa. Egger und Fa. Pfeiffer, sind im Gange). Diese Fernwärmeversorgung wird erst gebaut und soll innovative Wärmespeicherlösungen am Industriestandort enthalten sowie die Nutzung eines Niedrigenergienetzes und smart grid testen.

Stark ausgeprägte tageszeitliche Lastspitzen stellen ein wesentliches Problemfeld für den Betrieb von Fernwärmenetzen dar und umfassen somit entsprechendes Verbesserungspotenzial. Meist müssen zur Abdeckung von Lastspitzen Spitzenlasterzeuger vorgehalten und in Betrieb genommen werden. Diese werden in der Regel fossil ausgeführt. Der Betrieb dieser Spitzenlastkessel verschlechtert die ökonomische und ökologische Leistung der Fernwärmesysteme. Die Leistungsfähigkeit kann u.a. durch die Anpassung des Temperaturniveaus gesteigert werden. Eine zentrale Rolle spielen dabei dezentrale Wärmespeicher.

## **Kommunikation, Information – Energiemanagement – Geschäftsmodelle**

Im Rahmen des Projekts wurden smarte Informations- und Kommunikationssysteme entwickelt, die unterschiedliche Serviceleistungen und Interaktionen mit den Nutzer:innen und Einwohner:innen ermöglichen, wie etwa der Zugang zu Energiemanagement, digitaler Mobilitätssysteme wie e-Carsharing oder allgemeine Informationen über Aktivitäten in der Siedlung. Bis dato gab es einige innovative Einzellösungen, jedoch kein nutzerfreundliches Gesamtmodell, das alle genannten Bereiche abdeckte. Im Rahmen des gegenständlichen Projektes wurden verschiedene bestehende und erprobte Lösungen vernetzt und getestet. Zur Vernetzung wurde das Energiemanagementsystem des Projektpartners meo verwendet und integriert. meo lieferte ein vollautomatisches System zur Kontrolle über das gesamte Energiesystem, das alle Energiequellen und Energieflüsse im Gebäude steuert. meo verbindet Energieversorger und Prosumer und erhöht die Energieeffizienz. Es gibt keine Energiemanagement-Produkte am Markt, die ein übergeordnetes Leitsystem für Wärme und Strom darstellen, das Gebäudeverhalten mit Wetterprognosen verbindet sowie herstellerunabhängig für alle Energiequellen agiert, wie es bei meo der Fall ist. Auf Plattformebene können mit meo die Energiesektoren Wärme, Strom und E-Mobilität übergeordnet zu sogenannten microgrids vernetzt werden. Für Niedertemperatur-Fernwärmenetze hat meo ein spezielles Demand Side Management in Entwicklung, welches die Gesamteffizienz solcher Systeme massiv erhöhen kann.

## **Urbane Mobilität – Carsharing – öffentlicher Verkehr – Fahrrad**

Einen zentralen Bestandteil des „Smart City Wörgl“-Projektes stellt das Konzipieren, Implementieren und Evaluieren nachhaltiger Mobilitätskonzepte dar. In der Stadt Wörgl wird die Strategie des „Modal Shift“ verfolgt, also einer Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr (mIV) zu den Verkehrsarten des Umweltverbundes (Öffentlicher Verkehr und vor allem auch Fuß- und Radverkehr).. Gleichzeitig steht eine Erhöhung der Effizienz im motorisierten Verkehr durch bessere Ausschöpfung der Fahrzeugkapazitäten sowie die Verringerung des spezifischen Treibstoffverbrauchs im Vordergrund. Durch eine „Stadt der kurzen Wege“ soll der Anteil des zu Fußgehens und Radfahrens an den zurückgelegten Wegen, d.h. im Modal Split, erhöht werden. Durch die zentrale Lage im Stadtgebiet und die Nähe zum Bahnhof eignet sich speziell die Südtiroler Siedlung als Testbed für innovative Mobilitätskonzepte. Dementsprechend soll das neue Wohnquartier als (möglichst) autofreie Zone gestaltet werden. Oberirdisch sollen sich im Wesentlichen Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen bewegen. Durch den Stadtbus und die Nähe zum Bahnhof soll das Quartier gut an den öffentlichen Verkehr angebunden sein. Die Straßen im Bereich der Siedlung werden für den motorisierten Individualverkehr weitgehend gesperrt. PKW sollen ausschließlich in einer Tiefgarage geparkt werden, wobei ein reduzierter Stellplatzschlüssel zur Anwendung kommt, d.h. weniger Stellplätze pro Wohneinheit errichtet werden. So soll die KFZ-Nutzung deutlich reduziert

werden. Um die Anzahl der KFZ in der Siedlung weiter zu senken, wurde für die Bewohner\*innen ein Carsharing mit e-Fahrzeugen konzipiert. Das Laden der Fahrzeuge soll mit lokal gewonnenem Strom erfolgen, was durch das in das Energiemanagement der Siedlung eingebettete innovative Lademanagement in Kombination mit der innovativen Speicherlösung sichergestellt werden soll.

Die Möglichkeit, die Nachfragemuster der künftigen Bewohner:innen schon im Vorfeld zu erheben, konnte in die Planung des e-Carsharing-Angebots einbezogen werden und in der Konzeption das Energie- und Speichermanagement berücksichtigt werden. So konnten Ansätze zur Nutzung der Autobatterien als Speicher mit directionalem Laden, d.h. Rückspeisung ins Netz (Vehicle2Grid), auch schon in Hinblick auf einen künftigen Zuwachs der Anzahl der e-Fahrzeuge über die Lebensdauer der Siedlung an Hand real dokumentierter Nutzerprofile entworfen, getestet und optimiert werden. Da die Carsharing-Flotte der Stadtwerke Wörgl bereitgestellt wird, sollten sich diese Möglichkeiten in Zukunft einbeziehen lassen. Dies war bisher wegen der mangelnden Akzeptanz dieser Konzepte für private e-Fahrzeugbesitzer:innen in der Regel sonst noch nicht möglich.

### Methodik, Strukturierung und Projektmanagement

Das Gesamtvorhaben wurde in **8 Arbeitspakete** strukturiert. Jeweilige Hauptverantwortliche wurden ebenso festgelegt wie Meilensteine definiert. Je nach Schwerpunkte und Aufgabengebiete wirkten die Partner:innen an der Umsetzung der einzelnen Arbeitspakete mit.

Übersicht und Beschreibung der Arbeitspakete:

AP-1: Projektmanagement	Alle Ziele des Projektes erreicht und erfolgreich berichtet
AP-2: Detailplanung	Detailpläne zu Wärme-, Stromversorgung, Mobilität
AP-3: Stromspeicher	Smartes Strom-Speicher-Versorgungssystem
AP-4: Wärmespeicher	Smartes Wärme-Speicher-Versorgungssystem
AP-5: Urbane Mobilität	Smartes Mobilitätskonzept
AP-6: Smarte IKT Systeme	Smartes IKT-Gesamtsystem
AP-7: Monitoring und sozio-ökonomische Analyse	Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit bewiesen, Zero-Emission-Gebäude, öffentliche Akzeptanz zum smarten Wohnen
AP-8: Kommunikation	Projekt und Südtiroler Siedlung als Vorzeigeprojekt „best practise“ Beispiel vermittelt.

Zur Sicherstellung der erfolgreichen und zeitgerechten Implementierung hat sich das Konsortium dazu entschieden, ein eigenes Arbeitspaket „Detailplanung“ einzurichten, um die genauen Zielwerte und Indikatoren zu definieren und das Monitoring- und Evaluierungsprogramm im Detail zu erarbeiten. Dies hatte den Vorteil, dass die Zielwerte parallel zur Bauphase 1 gemeinsam definiert und fast zeitgleich in die Umsetzung gebracht werden konnten. Im Sinne einer optimalen Nutzung der Förderung war diese Vorgehensweise zielführend, um etwaige Risiken auszuschließen.

Zur Detailplanung der unterschiedlichen Komponenten sowie deren Vernetzung war es von Vorteil, möglichst gute Kenntnis der zu erwartenden Nachfragemuster im Quartier zu haben. So sind etwa bei der Implementierung von Mobilitätskonzepten zumeist die genauen Bedürfnisse der Bewohner:innen noch nicht bekannt. Da im Rahmen des „Smart City Wörgl“-Projektes die bestehenden Mieter:innen der Alt-Gebäude wieder in die neuen Gebäude eingezogen sind, war es im gegenständlichen Projekt möglich, die Bedürfnisse, Anforderungen und

voraussichtlichen Nachfragemuster bereits vorab zu erheben (z.B. an die Mobilität und das Carsharing) und in die Planungen mit einzubeziehen.

Zur Kommunikation und Strukturierung der Arbeitsabläufe und einzelnen Projektkomponenten wurden regelmäßige Projektmeetings (alle 6 Monate) und Telefonkonferenzen (alle 3 Monate) aller Projektpartner:innen organisiert, deren Ergebnisse in schriftlichen Protokollen dokumentiert wurden. Je nach Arbeitspaket und Phase des Projekts waren weitere Meetings und bilaterale Gespräche erforderlich. Beratungen und Begehungen vor Ort auf der Baustelle gewährleisteten die flexible Handhabung von Herausforderungen und den reibungslosen Ablauf in der Umsetzung. Als Lead-Partner überwachten die STWW den allgemeinen Fortschritt bezüglich Meilensteine und Ergebnisse, koordinierten die Berichtslegung und das regelmäßige Controlling zu Kosten und Tätigkeiten.

Bei den technischen Komponenten erfolgte auf die Installationen der Hardwarekomponenten stets eine Phase der Testung und Optimierung der Systeme auf Basis des Monitorings.

Die interne Kommunikation wurde durch Online-Tools unterstützt. Die Verwendung einer Online-Cloud zur zentralen Speicherung aller wesentlichen Dokumente und Unterlagen sowie für einen schnellen und sicheren Datenaustausch hat sich bewährt. Jede:r Arbeitspaketverantwortliche bekam eigene Zugangsdaten und konnte Daten bearbeiten, lesen und hoch- sowie herunterladen. Da diese Daten auf den firmeninternen Servern der STWW gespeichert wurden, erfüllte dieses Tool die DSGVO-Ansprüche der Projektpartner:innen.

Alle Publikationen, Berichte und andere Dokumente wurden zur Qualitätssicherung vor der Veröffentlichung von allen Projektpartner:innen überprüft und etwaige Fehler oder Abweichungen korrigiert.

## **B.5 Ergebnisse des Projekts**

### **Smarte Wärmeversorgung über industrielle Abwärme**

Für die Beheizung des Quartiers liefert der Fernwärmeanschluss die nötige Wärmemenge aus 100%ig erneuerbarer Energie (Spitzenlast aus fossilen Energieträgern bis 20% gilt als „erneuerbar“, laut den gängigen Förderrichtlinien der KPC). Die sehr hohe Energieeffizienz der ausgeführten Gebäude ermöglicht die Deckung des Wärmebedarfes (Raumwärme und Warmwasser) aus dem Fernwärmerücklauf. Da das Gebäude vorerst noch an einer Stichleitung (Ende des aktuellen Fernwärmeverteilstranges) betrieben wird, kann der Fernwärmerücklauf für die Primärheizung aus grundsätzlich physikalischen Gründen noch nicht verwendet werden. Auch das diesbezügliche theoretische Potential musste wegen suboptimaler hydraulischer Einbindung vorerst als nur eingeschränkt bewertet werden. Wenn das Fernwärmenetz aber soweit ausgebaut ist, dass der zweite Fernwärmerücklauf eingebunden werden kann, kann die Einbindung durch überschaubare minimale Korrekturmaßnahmen entsprechend adaptiert werden.

Für diesen notwendigen Fernwärmeausbau sind bereits zusätzliche Energiequellen in Planung, wie die von der Holzbearbeitungsfirma Pfeifer Holz GmbH & Co KG in Kundl oder von Firma Fritz EGGGER GmbH & Co. Holzwerkstoffe in Wörgl. Alternativ wird geprüft inwieweit eine Holzvergasungsanlage am Areal des Wörgler Wertstoffhofes oder ein eigenes Bio-Heizwerk wirtschaftlich, technisch und ökologisch Sinn machen könnte.

Die Einbindung einer Luft-Wärmepumpe im Technikraum zur Rückgewinnung der Wärmeverluste der drei thermischen Pufferspeicher konnte erfolgreich zur Erhöhung des PV-Eigenstromverbrauches (plus 4 %) bei gleichzeitig niedrigeren Wärmebetriebskosten im Vergleich zu den Standard-Fernwärmekosten demonstriert werden. Weitere Optimierungspotentiale wurden erkannt und könnten in diesem Objekt bzw. in weiteren Projekten umgesetzt werden.

Von der UIBK AB EEB wurde gemeinsam mit den STWW eine effiziente Niedertemperatur-(Rücklauf-Vorlauf)-Lösung projektiert. Die Umsetzung einer Wärmepumpe zur Deckung der Zirkulationsverluste im Warmwasserbereich durch Nutzung der Abwärme im Heiztechnikraum unter Verwendung des PV-Überschussstromes erhöht die Eigenverbrauchsquote bzw. Autarkiegrad.

## Smarte Stromversorgung mittels hauseigener PV-Anlage und 100 % „Ökostrom“

Für die Stromversorgung einer „Smart City“ ist neben der technischen Verlässlichkeit des Stromnetzes vor allem ein möglichst hoher Anteil erneuerbarer und regionaler Energien unabdingbar. Mit ihrem Standardprodukt versorgen die STWW seit 2016 das gesamte Versorgungsgebiet flächendeckend – so auch die Smart City Wörgl – mit einem 100 % nachhaltigen und 100 % aus Österreich stammenden Strom. Die STWW können aktuell 35 % ihres Strombedarfs durch eigene Wasserkraftwerke decken. Mit der Realisierung der beiden im Bau befindlichen Wasserkraftwerksprojekte steigt dieser Anteil auf ca. 50 % Stromabdeckung. Der PV Anteil liegt bei ca. 1,8 %.

**Stromversorgung aus der Photovoltaikanlage:** Auf den drei Dächern des ersten Bauabschnittes wurde eine insgesamt 28,8 kWp große PV-Anlage installiert. Dabei wurden 96 Stück Solarmodule mit einer Leistung von je 310 Wp verbaut. Die Anlage wurde mit 10° Neigungswinkel aufgestellt und exakt nach Süden ausgerichtet. Die erzeugte Energie von ungefähr 30 MWh/a deckt den Grundbedarf des Allgemeinstromes (ohne Wohnungen), der Überschuss fließt soweit möglich in den Salzwasser-Stromspeicher, wird von einer Luft-Wärmepumpe zur Vorheizung des Warmwasserzirkulationsrücklaufes genutzt bzw. unterstützt die e-Ladestation für das floMobil (aktuell nur bilanziell möglich). Die PV-Module wurden mit Leistungsoptimierern ausgestattet und können somit die Nahverschattung einzelner Module besser kompensieren. In jedem Gebäude wird über einen SolarEdge-Wechselrichter die Gleichspannung in Wechselspannung umgewandelt. Die erzeugte PV-Energie ist wesentlicher Bestandteil der smart zu verteilenden Energie. Dabei werden die simulierten Szenarien der UIBK EEB (Salzwasserspeicher vor Wärmepumpe oder e-Ladestation) im Realbetrieb verifiziert, um abhängig von Saison und Wetter den jeweils besten Energie-Verteil-Mix zu quantifizieren.

**Wärmepumpe:** Die Sektor-Koppelung zur Wärme erfolgt durch die Wärmepumpe, die vom Energiemanagement-System, der meo-Box, gesteuert wird. Wenn PV-Strom zur Verfügung steht, trägt die Wärmepumpe dazu bei, dass die Umlaufverluste der Warmwasser-Zirkulationsleitung kompensiert werden. Weitere Überschüsse gehen in den Stromspeicher und der PV-Überschuss-Rest versorgt die Ladestation oder wird letztlich ins Stromnetz der STWW eingespeist. Die simulierte Kaskade hat sich auch in der Praxis als wirtschaftlichstes Modell herausgestellt.

**Fazit:** Durch alle implementierten Maßnahmen (PV-Anlage, Salzwasserspeicher, Wärmepumpe, Vernetzung und Steuerung über Energiemanagementsystem) konnte ein Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage von 92 % erreicht werden. Der Autarkiegrad in Kombination mit dem Stromspeicher konnte mit 63 % bestimmt werden. Auf den beiden Dächern des zweiten Bauabschnittes wurden bereits 48 kWp realisiert. Defakto eine PV-Vollbelegung, ebenfalls 10° geneigt, aber diesmal ost-west-ausgerichtet. Auch für die weiteren Bauabschnitte ist seitens der NHT bereits eine PV-Vollbelegung projektiert. Damit könnten allein im Rahmen des Vollausbau der Südtiroler Siedlung ca. 350 – 450 kWp Photovoltaik (je nach verwendeter Modulleistung) installiert werden. Hier gilt es nun, über das vorliegende Smart-City Projekt hinaus, für das, während des Projektzeitraumes beschlossene, EAG-Gesetz eine adäquate und real umsetzbare, d.h. WGG-konforme, Lösung für eine Erneuerbare Energie-gemeinschaft zu finden.

## Smarte Stromspeicherung mittels Salzwasserspeicher

Für eine projektspezifische, optimale Batterie-Speicherlösung wurden in Workshops die nötigen Grundvoraussetzungen abgestimmt und definiert. Ziel war es, die Speicher-Batterie so zu dimensionieren und zu konfigurieren, dass Ausführung und technischer Aufbau mit Wechselrichter, Verkabelung, Sicherungen, Gebäudeinfrastruktur und Energiemanagement universell für das Projekt umzusetzen war. Zunächst wurde eine Testanlage in der Fertigungshalle von BlueSky in Oberösterreich aufgebaut, in die auch bereits die intelligente meo-Technologie integriert wurde. Aus dem anschließenden Testbetrieb ergaben sich Verbesserungen im Bereich von Auslegung und Steuerung der Wechselrichter sowie Ausführung der Verkabelungen und Installation, die schrittweise aufbereitet und nachgearbeitet wurden. Ein State-of-Charge-Algorithmus wurde entwickelt, mit dem eine exakte Bestimmung des Ladezustandes der Batterien möglich war. Eine eigene Platine wurde im GREENROCK-Speicher eingebaut, welche die Überwachungsaufgabe übernahm.

Die stationäre Greenrock-Salzwasserbatterie von BlueSky mit nominell 44 kWh Speicherkapazität wurde schließlich in der Smart City Wörgl im flachen Verbindungsbau zwischen den beiden Wohnblöcken in einem Nebenraum des Fahrradraumes untergebracht sowie mit der PV-Anlage verbunden und mit dem Energiemanagement-System, der meo-BOX, vernetzt. Trotz nicht brennbarer, ungiftiger und daher ungefährlicher Batterietechnologie wurden auch bauliche Maßnahmen am Standort vorgenommen, um den Aufstellraum als eigenen Brandabschnitt auszuführen.

Der Salzwasserstromspeicher optimiert die Eigenverbrauchsquote der von der PV-Anlage erzeugten Energie. Mit dem Speicher ist die konstante Nutzung der Sonnenenergie auch in den Nachtstunden möglich. An schönen Tagen konnte die Salzwasserbatterie bei voller Beladung den nächtlichen Haustechnikstromverbrauch bis zu 60 % abdecken und Gesamtzyklusnutzungsgrade von über 70 % erreichen. Verschiedene Optimierungsschritte bis zum Projektende waren für einen vollständig zufriedenstellenden Betrieb erforderlich. So wurden für die Nutzung höherer Be- und Entladeströme die Wechselrichter getauscht, wodurch eine Maximalleistung von 8 kW möglich war. Nach weiteren Datenauswertungen wurden die Entladeleistung auf 3,5 kW gedrosselt, um sicherzustellen, dass die Batterie über die Nachtstunden mit konstanter Leistung entladen wird. Auch mit 3,5 kW ist es zeitlich möglich, die Batterie bis in die Morgenstunden vollständig zu entladen und damit das gesamte Potential zu nutzen. Durch die gleichmäßige Entladung wird die Lebensdauer und nutzbare Kapazität der Batterie erhöht und optimiert.

## Smarte Mobilitätslösungen

Im Sinne der nachhaltigen Mobilität und Energieeinsparung erfolgte eine detaillierte verkehrsplanerische Bewertung des baulichen Konzepts zur Neugestaltung der Südtiroler Siedlung sowie die Ausarbeitung eines Mobilitätskonzeptes.

Berücksichtigung fanden dabei auch die Mobilitätsbedürfnisse und das Mobilitätsverhalten der Bewohner:innen der Südtiroler Siedlung, die bereits vor Baubeginn in einem Workshop sowie nach dem Einzug in (Online)Befragungen erhoben wurden.

Das Konzept sieht vor, dass für eine möglichst „smarte“ Mobilität die äußere Erschließung des Quartiers für den privaten Kfz-Verkehr so organisiert wird, dass möglichst wenig Kfz-Verkehr durch das Gebiet geführt wird. Dazu wurde unter anderem ein Konzept zum Zusammenschluss von Garagen mit Reduktion der Zufahrten angeregt, welches bereits in der Planung und Umsetzung des zweiten Bauabschnittes Berücksichtigung fand. Zur Aufwertung des zentralen Bereiches in der Siedlung, in dem in einer platzartigen Situation Quartiertreff und Sportplatz angeordnet sind und wichtige Fuß- und Fahrradverkehrsachsen queren, wird zur Verkehrsberuhigung eine Begegnungszone mit entsprechender Gestaltung (niveaufrei, Wechsel des Bodenbelags, Bepflanzung, mobile Möblierung, etc.) und 20 km/h als höchstzulässige Geschwindigkeit vorgeschlagen. Empfehlungen zur Anbindung an das Radwegenetz, zur Optimierung der Durchwegung, zur Situierung von Bushaltestellen, zu Stellplätzen sowie E-Ladestationen und Carsharing-Standorten ergänzen das Mobilitätskonzept.

Bei der Durchwegung für den Fuß- und Fahrradverkehr wird darauf verwiesen, dass möglichst direkte, umwegfreie Verbindungen wesentlich sind und dass auf die Achsen zu den Hauptzielen (Bahnhof, Bahnhofstraße, EKZ M4, Schulzentrum, etc.) sowie auf Anschlüsse zu bestehenden und potentiell neuen Wegverbindungen und Durchgängen zu achten ist. Da durch die Baukörperstellung ein „halbprivates“ Umfeld entsteht, erscheint es wichtig, durch hell und freundlich gestaltete Hausdurchgänge insgesamt attraktive Verbindungen zu gestalten und durch eine entsprechende Beleuchtung auch bei Dunkelheit Angsträume zu vermeiden.

Eine vertiefte Betrachtung wird im Mobilitätskonzept dem Radverkehr gewidmet. Aufgrund der zentralen Lage und der möglichen direkten Anbindung an das geplante Hauptradrouthenetz besteht im Planungsgebiet ein hohes Potential für die Fahrradnutzung für Alltagswege. Als wesentlich wird daher die Anbindung des Quartiers an das Wörgler Hauptradrouthenetz und eine möglichst hochwertig fahrradfreundliche Gestaltung dieser Verbindungen hervorgehoben. Im Detail werden Routenführungen, kritische Bereiche und Gestaltungsmöglichkeiten angeführt.

Um das Potential des Radverkehrs im Quartier zu fördern, werden weitere Maßnahmen als zweckmäßig erachtet, wie vor allem ausreichend hochwertige Abstellanlagen an wichtigen Zielen (z.B. Jugendtreff, Quartiertreff) sowie

die Einbeziehung in ein Verleihsystem mit einem zentralen Standort (z.B. Jugendtreff). Die ebenfalls empfohlene Einbeziehung eines Lastenfahrads in dieses Verleihsystem wurde in einer Kooperation zwischen STWW und komm!unity bereits umgesetzt.

Das direkt im Quartier zur Verfügung stehende e-Carsharing-Angebot wird als attraktive Alternative für den Besitz eines (Zweit)Autos beurteilt. Für Erfolg und Akzeptanz wichtig sind leicht erhältliche Informationen zum Angebot sowie eine gute Positionierung des Standplatzes, die eine hohe Sichtbarkeit und einfache Zugänglichkeit sicherstellt. Für den Start wurde die floMOBIL-Plattform mit vorerst einem e-Carsharing-Standort umgesetzt. Am Besucherparkplatz wurde ein Standort mit Ladepunkt für ein floMOBIL-Fahrzeug sowie weitere Ladepunkte für Elektro-Autos geschaffen. Das floMOBIL kann über die Plattform [www.flo-mobil.com](http://www.flo-mobil.com) gebucht werden und bietet eine umweltfreundliche Alternative zum eigenen (Zweit)PKW. Den Nutzer:innen kommt zugute, dass in der gesamten Stadt an verschiedenen Standorten weitere e-Carsharing-Fahrzeuge platziert wurden, um flächendeckende Alternativen anzubieten. Die Fahrzeuge werden mit 100%-Grünstrom der STWW betrieben. Intelligentes Lastmanagement hilft dabei, Lastspitzen zu Peak-Zeiten zu vermeiden. Wie die Analyse der Datenaufzeichnungen zeigte, wurde das floMOBIL als e-Carsharing-Fahrzeug am Gebäudestandort während der Projektlaufzeit durchschnittlich ca. 22-mal pro Monat mit jeweils 9,4 kWh elektrischer Ladeenergie genutzt, was einer durchschnittlichen Fahrleistung von rund 30 km pro Fahrt entspricht.

## **Smarte IKT-Systeme zur Vernetzung verschiedener Komponenten**

Entsprechend der Prozessarchitektur wurden verschiedene Komponenten und Systeme auf einer Plattform und mit einem zentralen Controller, der „meo-Box“, vernetzt. Als Komponenten wurden u.a. die Heizung, eine Warmwasser-Wärmepumpe, die PV-Anlage, der Salzwasserstromspeicher, E-Ladestationen sowie Strom- und Wasserzähler an das System angebunden. Diverse Schnittstellen wurden dafür entwickelt bzw. adaptiert. Die übermittelten Daten bilden einerseits die Basis für eine Systemanalyse und -optimierung, andererseits machen Visualisierungen die Smart City sowohl für ihre Bewohner:innen als auch für alle Projektbeteiligten transparent.

Für den Batteriespeicher GREENROCK wurde nach zahlreichen Testphasen und in Abstimmung mit der UIBK EEB ein optimiertes Lademanagement festgelegt. Je nach Photovoltaik-Überschuss schaltet der Controller nach Prioritäten ebenso eine Warmwasser-Wärmepumpe (Strom-Wärme-Kopplung), um Verlusten in der Warmwasserzirkulation der Smart City entgegenzuwirken.

Des Weiteren wurde eine durch Wetterprognosen geführte vorausschauende Heizkreisregelung durch die meo-Box in Kombination mit der Heizungssteuerung DEOS erfolgreich getestet. Zur Messung der Raumtemperaturen wurden LoRaWAN-Sensoren eingesetzt.

Sämtliche, in der Smart City Wörgl gewonnenen Daten werden vor Ort in der „meo-Box“ gesammelt und via Internet an die „meo-Cloud“ übertragen. Detaillierte Energiedaten können von den beteiligten Projektpartner:innen mit dem meo-Analyzer veranschaulicht werden und geben Aufschluss über Tagesverläufe. Zur weiteren Analyse können alle aufgezeichneten Daten exportiert werden.

Auf einem öffentlich gut zugänglichen Screen in der Auslage der komm!unity-Räumlichkeiten wurde für die Bewohner:innen der Smart City und andere Interessierte eine vereinfachte Übersicht der Anlage geboten sowie Energiezahlen der PV-Anlage und des Batteriespeichers durch beispielhafte Vergleiche veranschaulicht, wie etwa die Reichweite eines Elektroautos oder die Ladeanzahl von Smartphones mit der aktuell durch die PV-Anlage gewonnen Energiemenge. Dieser Zugang ist hier öffentlich erreichbar.

## **Smarte Kommunikation mit Bewohner:innen und der Öffentlichkeit**

Ein möglichst intensiver Austausch mit den Bewohner:innen sowie deren Einbindung in die unterschiedlichen Planungs- und Umsetzungsphasen waren zentrale Bestandteile des Smart-City-Konzeptes. Um den erforderlichen Kommunikations- und Beteiligungsprozess zu intensivieren und die Betreuung der Bewohner:innen vor Ort in der Südtiroler Siedlung zu optimieren, wurde während der Projektlaufzeit eine Kooperation mit dem Wörgler Verein

komm!unity eingegangen. komm!unity ist in Wörgl für die Jugend- und Integrationsarbeit bekannt und verfügt über langjährige Erfahrungen mit Kommunikations- und Beteiligungsprozessen. Der Verein hat nach Fertigstellung der ersten Bauphase auch neue Räumlichkeiten in der Siedlung bezogen (Jugendtreff), wodurch enge Kontakte und ein intensiver Dialog mit den Bewohner:innen des Quartiers garantiert waren.

Teil des Kommunikations- und Beteiligungskonzeptes war ein mit UIBK IV konzipierter Workshop, bei dem die Mobilitätsgewohnheiten und Ansprüche der Bewohner:innen erhoben wurden. Die analysierten Ergebnisse wurden in die weiteren Planungen integriert. Bei Terminen rund um den Einzug der Bewohner:innen in die fertiggestellten Gebäude wurden persönliche Treffen der Bewohner:innen mit Verantwortlichen der Smart City organisiert. Diese durch die NHT-Hausverwaltung und komm!unity organisierten und gestalteten Termine boten der Projektleitung der STWW Gelegenheiten, zentrale Informationen über die Projektkomponenten an die Mieter:innen zu vermitteln. Mit beteiligenden Methoden wurden die Bewohner:innen auf weitere Möglichkeiten zum Mitwirken an den Zielen der Smart City aufmerksam gemacht. Durch (Online-)Befragungen der Mieter:innen wurden soziale Aspekte erfasst sowie weitere Mobilitätsansprüche eruiert. Gezielt wurden die Mieter:innen etwa gefragt, ob sie in nächster Zeit ein Elektroauto anschaffen werden. Eine Repräsentativität konnte durch das coronabedingte Onlineformat nicht erreicht werden. Weitere Umfragen sind geplant und sollen Aufschluss über die sozialen Aspekte zur Nutzung der neuen Technologien geben.

Mit einer multimedialen Kommunikations-, Informations- und Öffentlichkeitsarbeit wurden/werden die Bewohner:innen kontinuierlich über die Inhalte und Angebote des Projekts sowie über die technischen Lösungen der Wohnanlage und über das für einen möglichst niedrigen Energieverbrauch erforderliche Nutzerverhalten informiert. Viele Kontakte ergaben sich durch mehr oder weniger zufällige Gespräche zwischen Bewohner:innen und Mitarbeiter:innen des Jugendtreffs von komm!unity. Dabei konnten niederschwellig und oft nebenbei Informationen über die Ziele, Komponenten und Angebote des Projekts vermittelt werden. Auf Initiative von komm!unity wurde eine eigene Hauszeitung konzipiert: die „Smart City News“. Einmal im Quartal berichten die Projektpartner NHT, STWW, StW sowie komm!unity über Neuigkeiten und Interessantes aus der und rund um die Smart City Wörgl. Mit mehreren Artikeln im Stadtmagazin Wörgl (Mitteilungsblatt der Stadtgemeinde) wurden die Bewohner:innen und die Öffentlichkeit über das Projekt sowie einzelne Projektkomponenten informiert. Über einen Info-Screen, der zentral gelegen in einem Schaufenster des Jugendtreffs von komm!unity gut einsehbar installiert wurde, werden interessante Informationen sowie Zahlen und Fakten (z.B. über die PV-Anlage oder den Batteriespeicher) in einer leicht verständlichen Art an Bewohner:innen und Passant:innen vermittelt.

Über die Initiative „DoppelPlus“, initialisiert vom Verein komm!unity, der Energie Tirol, dem Klimabündnis Tirol und Caritas, wurden den Bewohner:innen niederschwellige Coachings angeboten, um in ihren Haushalten durch ein entsprechendes Verhalten Energie- und Betriebskosten zu sparen (siehe [www.doppelplus.tirol](http://www.doppelplus.tirol)). Aufgrund der Corona-Pandemie konnten diese Coachings jedoch noch nicht wie geplant umgesetzt werden.

Ins Gespräch mit den Bewohner:innen kam das Projektteam auch über ein Gartenprojekt, das komm!unity initiierte. In Kooperation mit dem Jugendtreff Wörgl, der Mittelschule Wörgl und der NHT-Hausverwaltung wurden im Außenbereich mehrere Pflanzbeete angelegt. Gemeinsam mit Jugendlichen und unter der fachlichen Betreuung von Biologielehrer:innen sowie einem örtlichen Gärtnereibetrieb wurden Beerensträucher als Nachhecken und diverse Kräuter gesetzt und bis zur Ernte gepflegt. Die Arbeiten machten allen Beteiligten nicht nur viel Spaß, sondern ernteten auch die Aufmerksamkeit zahlreicher Passant:innen sowie ein größtenteils positives Feedback der Anrainer:innen. In Workshops in den Räumlichkeiten von komm!unity wurden die geernteten Pflanzen verarbeitet, etwa zu Kräutersalz oder Aufstrichen. Berichte im Stadtmagazin und der Hauszeitung rundeten die Initiative ab.

## **Smartes Monitoring: Datenaufzeichnungen und Analysen**

Mit Projektstart wurde von der UIBK EEB in enger Kooperation und Abstimmung mit meo sowie in Absprache mit NHT, BlueSky und der Fa. Stransky ein umfangreiches Monitoring- und Messdatenerfassungskonzept erstellt und implementiert, bei dem das meo-Energiemanagementsystem auch als Rückgrat fungierte. Für das Monitoring des Fernwärmenetzes wurde auf das Betriebsmonitoring des Fernwärmebetreibers zurückgegriffen.

Die Energieverbrauchs- u. Wirtschaftlichkeitssimulation der UIBK EEB hält für den ersten Umsetzungsabschnitt eine höhere PV-Anlagengröße für ideal. Die hier ausgeführte, reine Südorientierung der PV-Module in Kombination mit dem begehbaren Dachgarten inkl. Hochbeeten, erlaubte bei einer Dach-Vollbelegung nur eine Anlagengröße von 28,8 kWp. Ohne Batterie oder anderen Maßnahmen zur PV-Strom-Eigenverbrauchssteigerung ergäbe diese Konfiguration einen PV-Strom-Eigennutzungsanteil von 55% bzw. einen Autarkiegrad von 38%, bezogen auf den Allgemeinstromverbrauch (zentrale Lüftungsanlage, Allgemein-Licht, Hilfsstrom für Pumpen, Gebäudeaufzug und Tiefgaragenbeleuchtung). In optimaler Kombination mit der 44 kWh- Salzwasserspeicherbatterie kann im Bereich der elektrischen Energie ein PV-Strom-Eigenverbrauchsanteil von 92% bzw. ein Energieautarkiegrad von 59% für den Allgemeinstrom erreicht werden. Durch weitere Ergänzung einer Zirkulations-Wärmepumpe bzw. Elektroheizpatronen zur Wärmeerzeugung (Power2Heat), kann der Eigenverbrauchsanteil auf 100% und der Autarkiegrad auf 65% bezogen auf den Allgemeinstromverbrauch gesteigert werden.

Folgende Detailerkennnisse und Optimierungsoptionen ergaben sich aus den Datenanalysen und dem Monitoring:

### **PV-Simulationstudie: Optimierung des PV-Eigenverbrauchs**

Die Luft-Wärmepumpe zur Nutzung des PV-Überschuss mit Prioritätsreihenfolge vor der Batterie liefert das beste Ergebnis mit ca. 5,6% zusätzlicher CO2-Reduktion (E-Patrone nur 1%). Bei dieser Konfiguration liegen die jährlichen Mehrkosten (Investition + Betrieb) bei ca. 4 EUR pro Wohnung. Bei Luft-Wärmepumpe in Priorität nach der Batterie wären die jährlichen Mehrkosten (Investition + Betrieb) bei ca. 7,5 EUR pro Wohnung.

Die tatsächlich gemessene Erhöhung des PV-Eigenstromverbrauches betrug ca. 5%, dies entspricht also recht gut den prognostizierten 5,6% erhöhter CO2-Reduktion (= proportional dem Ersatz von Netzstrom durch PV-Strom).

### **Energiebilanz Wärme (Heizung und Warmwasser und Zirkulation) und Strom**

Die im Vergleich zu den Planungswerten deutlich erhöhten tatsächlichen Verbrauchswerte für „Endenergie Raumheizung + Warmwasser“ können nur teilweise durch eine noch nicht abgeschlossene Ausheizphase sowie erhöhtem Verbrauch durch Benutzerverhalten wie höheren Raumtemperaturen bzw. das offensichtlich deutlich überhöhte Fensterlüftungsverhalten erklärt werden.

Der Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste) liegt mit jährlich ca.  $133.621/64 = 2090$  kWh/Whg sogar eher im niedrigen Bereich.

Die im Vergleich zu den Planungswerten deutlich erhöhten tatsächlichen Verbrauchswerte für „Endenergie Hilfsstrom (Raumheizung+Warmwasser+Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung)“ können nur teilweise dadurch erklärt werden, dass in den Messungen auch alle Allgemeinverbraucher wie Lifte, Beleuchtungen im Allgemeinbereich bzw. Tiefgarage enthalten sind.

### **Raumtemperaturen – Lüftungsverhalten**

In 6 Wohnungen wurden Raumfühler installiert, welche via LoRa-Netzwerk an die meo-Box übertragen wurden. Wegen diverser technischer Anfangsprobleme dieser im Konsortium gänzlich neu und erstmalig verwendeten Technologie waren Daten erst ab März 2021 vollständig verfügbar. Die Aufteilung der Raumsensoren in die Wohnungen wurde wie folgt hinsichtlich Stockwerke, Himmelsrichtung bzw. thermische Randbedingungen durchgeführt:

	SE1	NE1	SK1	SH1	SW1, SW2
	Süd-Eck	Nord-Eck	Sonnenarm-kalt	Sonnig-heiß	Sandwich
6.OG				X	
5.OG		X			
4.OG					
3.OG	X				X
2.OG					X
1.OG			X		
EG					

Die Messdaten für die Winterzeit zeigten deutlich, dass teilweise in den Morgenstunden offensichtlich sehr lange die Fenster geöffnet/gekippt waren (deutliche Temperaturspitzen nach unten bis unter 18 °C). Ebenfalls interessant ist, dass im März bei bereits deutlich höheren Außentemperaturen die Raumtemperaturen kurzzeitig signifikant kompakter beieinander liegen. Die höchsten Raumtemperaturen sind in der zweiten Junihälfte bzw. auch kurz Mitte August nach längeren Perioden mit konstant hohen Außentemperaturen zu beobachten. Temperaturen über 26 °C und teilweise auch über 27 °C sind zu verzeichnen. Teilweise auftretende Temperaturspitzen in nach Süden als auch nach Norden ausgerichteten Wohnungen deuten darauf hin, dass teilweise entweder durch Öffnen von Fenstern heiße Luft in die Wohnungen gelangt oder die externe Verschattung nicht geschlossen wurde, was zu diesen Temperaturspitzen führte. Die Wohnung SK1 (sonnenarm-kalt, nordseitig mit kleinem Fassadenanteil nach Südost, der Rest nach Nordost bzw. Nordwest) zeigt grundsätzlich deutlich niedrigere Temperaturen, aber sehr wohl auch deutliche Korrelation mit der Außentemperatur, was darauf hindeutet, dass besonders das Öffnen von Fenstern zu den Temperaturen beiträgt. Die Daten für Juni 2021 zeigen aber auch deutlich, dass eine Süd-Wohnung, wie die SH1 (sonnig-heiß, Außenfront von Südost über Süd bis Südwest), ebenfalls im unteren Raumtemperaturband liegen kann. Dies deutet auf eine gute Bedienung der Abschattung hin. Die zusätzlich ebenfalls gemessene relative Raumfeuchte (rF) liegt im Wesentlichen im unteren, gerade noch tolerablen Bereich von 30%rF bis 40%rF, zumindest wenn die Außentemperatur über 5 °C liegt. Die Messreihen verdeutlichen auch hier das Problem bei Außentemperaturen unter 0 °C (Mitte Februar), wo die relativen Raumfeuchten deutlich unter 20% absinken.

### **PV-Anlage**

Auf die Energieverbrauchs- u. Wirtschaftlichkeitssimulation der UIBK EEB, bezogen auf den ersten Bauabschnitt, wurde bei den weiteren Bauabschnitten seitens der NHT und STWW bereits reagiert und wesentlich größere PV-Anlagen realisiert bzw. projiziert. Auf den Dächern des zweiten Bauabschnittes wurden bereits 48 kWp realisiert (entspricht 1 kWp pro Wohneinheit). Auch für die weiteren Bauabschnitte ist seitens der NHT bereits eine PV-Vollbelegung projiziert. Damit könnten allein im Rahmen der Neuerrichtung der Südtiroler Siedlung ca. 350 – 450 kWp an zusätzlicher Photovoltaikleistung installiert werden.

Durch die Batterienutzung kann an schönen Tagen die PV-Einspeisung in das Netz um ca. 2/3 reduziert werden. Wie die Analysen zeigten, musste allerdings im ersten und definitiv noch nicht optimalen Betriebsjahr der Batterie fast die Hälfte des in die Batterie eingespeisten PV-Stromes als Verluste verbucht werden. Mit mehreren Optimierungsschritten konnten deutliche Verbesserungen erreicht werden bzw. sind noch weitere Potentiale vorhanden, was letztlich zu einem Round-Trip-Nutzungsgrad von ca. 75% führte.

### **Batteriebetrieb**

Da es im Rahmen der Projektlaufzeit laufend Änderungen, Verbesserungen und Komponentenwechsel bei der Batterie bzw. Ausfälle der Netzwerkkommunikation zwischen Batterie und der „meo-Box“ zur Datenerfassung gab, war es nicht möglich, aussagekräftige Auswertungen eines Langzeitmonitorings zu erstellen. So standen keine Zählerstände, sondern Leistungswerte zur Verfügung. Es wurden daher typische Kurzzeitperioden zu verschiedenen Zeitpunkten im Jahr 2021 analysiert. Mit diesen Analysen wurde gezeigt, um wieviel Prozent die gemessene Energiemenge von der mit den Datenblättern abgeschätzten theoretisch nötigen/möglichen Energiemenge abweicht. Die im aktuellen Betriebszustand (Umgebungstemperatur bzw. auftretende Be-/Entladeströme) mögliche Batteriekapazität wurde als Basis für die Effizienzberechnung bestimmt und ist teilweise massiv von der Nominal-Kapazität von 44 kWh abgewichen.

Ab April 2021 wurde die Entladung auf 3,5 kW fix eingestellt und die Beladung mit 4, 6 bzw. 8 kW begrenzt. Die Entladung fand daher ab dann bei konstanter Leistung statt, da der jeweilige Verbrauch immer darüber lag. Die Beladung wird gemäß PV-Überschuss dynamisch geregelt, aber bei dem jeweiligen Maximalwert begrenzt. Aus dem Monitoring und der Analyse der Messreihen kann folgendes Fazit gezogen werden:

- Die Salzwasserbatterie sollte unbedingt in einem Raum platziert werden, wo die Umgebungstemperatur deutlich höher ist. Der Technikraum mit Fernwärmeübergabestation wäre ideal! Die zulässige Betriebstemperatur der Salzwasserbatterie liegt im Bereich -5 °C bis 50 °C! Die maximale Batterie-Kapazität wird aber erst ab 30 °C erreicht!

- Entladung absolut konstant mit niedrigst möglicher Leistung über die ganze Nacht aufteilen.
  - Für die Wechselrichter wären 400W pro Phase => also 1,2 kW 3-phasig das Beste mit 95,5% Wirkungsgrad.
  - Für die Batterie selbst wären 2A Be-/Entladestrom also ca. 2kW optimal.
- Beladung mit PV-Vorhersage sollte ebenfalls mit möglichst konstanter bzw. mit sich nur sehr langsam ändernder Leistung durchgeführt werden, da schnelle Leistungswechsel in den chemischen Prozessen der Batterie wohl nicht zur Effizienzsteigerung beitragen dürften.
- Wenn die Batterie weder be- noch entladen wird, sollte der Wechselrichter/Laderegler in einen Ruhe-Modus gehen, der annähernd keine Standby-Leistung verbraucht! Aktuell werden in den Morgenstunden als Standby noch bis zu 300 W verbraucht.

### Wärmerückgewinnungs-Wärmepumpe

Die Luft-Wärmepumpe im Heiztechnikraum wurde zur Wärmerückgewinnung der Wärmeverluste der 3 Pufferspeicher bzw. aller Rohrleitungen und sonstiger Hydraulikkomponenten im Technikraum eingesetzt. Die Luft-Wärmepumpe wurde grundsätzlich NUR mit PV-Überschussstrom betrieben und hydraulisch so eingebunden, dass der Warmwasser-Zirkulationsrücklauf mit ca. 56 °C durch den 500 Liter Speicher der Luft-Wärmepumpe fließt und um ca. 2 bis 3 °C erwärmt wird. Laut Auslegung des Technischen Büros waren Zirkulationsverluste von 8,6 kW (0,53 L/s mit 3,89 K Spreizung) geplant. Die Luft-Wärmepumpe hat eine nominelle thermische Heizleistung von 3,8 kW, kann also die Zirkulationsverluste nur teilweise abdecken. Ein Testbetrieb mit Dauerlauf der Luft-Wärmepumpe zeigte, dass trotz sehr guter Dämmung (sogar aller Armaturen) die Raumtemperatur des Heiztechnikraumes ohne Wärmepumpenbetrieb aufgrund der thermischen Verluste ca. 35 °C erreicht und bei Dauerbetrieb der Luft-Wärmepumpe über fünf Tage auf fast 20 °C als stationäre Raumtemperatur abgesenkt wird. Die Luft-Wärmepumpe akzeptiert laut Betriebsanleitung eine maximale Ansauglufttemperatur von 35 °C. Das bedeutet, dass die interne Wärmepumpen-Regelung einen Start blockieren kann, was im Sommer auch des Öfteren beobachtet wurde. Weiters hat die Luft-Wärmepumpe laut Datenblatt eine Aufnahmeleistung von 0,98 kW<sub>el</sub>. Im Rahmen der Messung wurde inkl. aller Hilfsströme im Betrieb ein Verbrauch von ca. 1,2 kW<sub>el</sub> ermittelt.

Die meo-Box als Energie-Manager hat bis September 2021 die Luft-Wärmepumpe in der Prioritätsreihenfolge nach der Salzwasserbatterie berücksichtigt. Da die Luft-Wärmepumpe nicht leistungsgeregelt, sondern nur On/Off betrieben werden kann, wurde von der meo-Box die Luft-Wärmepumpe erst ab einem verfügbaren PV-Überschuss von 1,3 kW<sub>el</sub> freigegeben (zusätzliches Raumtemperaturkriterium: WP ein bei Tr>15 °C und WP aus bei Tr<12 °C). Ab 24.09.2021 wurde die Prioritätsreihenfolge zur Nutzung des PV-Überschusses gewechselt, also zuerst die Luft-Wärmepumpe gestartet und der dann noch verfügbare PV-Überschuss für die Beladung der Salzwasserbatterie leistungsgeregelt von 0 bis 8 kW<sub>el</sub> verwendet.

Wie der Langzeittest von Oktober 2020 bis Oktober 2021 ergab, war der Betriebspunkt der Luft-Wärmepumpe relativ konstant bei einer Verdampfer-Lufttemperatur von 20 bis 25 °C und einer Warmwasser-Kondensationstemperatur von 58 °C (= Zirkulationstemperatur). Bei der Annahme von kalkulatorischen PV-Stromkosten von 11ct/kWh<sub>PV</sub> ergeben sich Betriebs-Wärmekosten von 11 ct/kWh<sub>elPV</sub>/2,25 kW<sub>th</sub>/kW<sub>el</sub> = 4,9 ct/kWh<sub>th</sub>. Im Vergleich dazu liegt der Fernwärmepreis je nach Rücklaufstemperatur (<50 °C, 50-55 °C, >55 °C) bei 6,4 / 6,7 / 7,0 ct/kWh<sub>th</sub>, also um 30 bis 43 Prozent höher.

Die Investitionskosten der Luft-Wärmepumpe lagen für diese Prototypen-Nachtragsinstallation bei 5.400,- EUR (inkl. € 1.800,- Nebenkosten für Inbetriebnahme und Einbindung in die Regelanlage). Bei einer Lebensdauer von 15 Jahren ergibt das für 15 x 2.823 kWh<sub>th</sub>/a = 42.345 kWh<sub>th</sub> bzw. 5.400/42.345 = 12,8 ct/kWh<sub>th</sub> als umgelegte Investitions-Wärmekosten. In Summe sind das 4,9 + 12,8 = 17,7 ct/kWh<sub>th</sub>. Das entspricht dann in etwa einem Wärmepreis, wie er mit einer mit Netzstrom betriebenen Elektroheizpatrone entstehen würde. Optimierungspotential wäre deutlich gegeben, wenn die Luft-Wärmepumpe zur Kaltwasservorwärmung bei einer Kondensat-Temperatur von ca. 35 °C genutzt würde. Damit wären Gesamtwärmekosten zu erzielen, die annähernd dem Fernwärmepreis entsprechen. Wenn die Regelungsstrategie in der Prioritätsreihenfolge optimiert wird (Luft-Wärmepumpe vor der Batterie), dann ist mit deutlich höheren Betriebszeiten zu rechnen, was zu einer weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führt. Der Fernwärmeverbrauch von 114.000 kWh, welcher mit den erhöhten Fernwärmekosten von 7,0 ct/kWh<sub>th</sub> verrechnet wurde, wäre absolut nicht nötig. Wenn mit den Bonus-

Fernwärmekosten von 6,4 ct/kWh<sub>th</sub> gerechnet werden kann, dann ergibt sich eine Ersparnis von (7,0-6,4) ct/kWh<sub>th</sub> x 114.000 kWh/a = 684 EUR/a. Die 212.000 kWh, die mit Normalpreis von 6,7 ct/kWh<sub>th</sub> verrechnet wurden, haben noch einmal ein Einsparpotential von (6,7-6,4) ct/kWh<sub>th</sub> x 212.000 kWh/a = 636 EUR/a. Auf 15 Jahre hochgerechnet ergibt das eine Ersparnis von 15 x (684+636) = 19.800 EUR. Allein diese Einsparung würde bereits die Investitionskosten der Wärmepumpe locker ausgleichen. Mit einer entsprechenden Hydraulik wäre dies einfach realisierbar.

### **Fernwärme-Wörgl**

Die Analyse der Daten (Okt. 2020 bis Okt. 2021) von der Einspeisestelle (Energiezentrale am Molkereibetrieb Tirol Milch Wörgl) für das gesamte Fernwärmenetz der Stadtwerke Wörgl zeigt, dass die Rücklauftemperaturen zur Einspeisestelle im Winter zwischen 45 °C und 55 °C liegen, im Sommer etwas erhöht im Bereich von 50 °C bis 55 °C. Die thermische Leistung liegt im Winter im Bereich 4.000 kW bis 10.000 kW mit Spitzen bis 12.000 kW, während im Sommer die Bandbreite zwischen ca. 500 kW und 2.000 kW mit Spitzen bis knapp 4.000 kW liegt. Die gesamte eingespeiste Wärmemenge in diesem Zeitraum betrug 30.129.559,02 kWh bzw. 30,1 GWh. Die Daten für die „WÖ27 FW-Übergabestation“ zeigt im annähernd gleichen Zeitraum leider sehr hohe Rücklauftemperaturen aus den zu versorgenden Gebäudestrukturen des Smart City Areals, die für eine Nutzung der Fernwärme-Rücklaufemperatur (als Vorlauf) für Heizzwecke untauglich sind. Im Vergleich dazu zeigen die Daten eines anderen Beispielhauses in Wörgl deutlich niedrigere Rücklaufemperaturen. Wie mehrere Beispiele aus einem anderen Forschungsprojekt (vgl. AEE INTEC, 2005-2007) zeigen, kann ein gut abgestimmtes und einreguliertes Heizwärmeabgabesystem, sogar inklusive Warmwasserbereitung im Verteilnetz, im Haus Rücklaufemperaturen unter 35 °C erreichen. Wie Datenreihen vom Februar 2021 zeigen, erhöhen sich die Rücklaufemperaturen des Fernwärmeprimärkreislaufes aus hydraulischen Gründen auf etwas über 50 °C, obwohl die Heizung bei 35 °C bis knapp über 40 °C liegt. Ein Vorschlag für die Korrektur der Hydraulik in der Technikzentrale, mit welchem mit Minimalaufwand eine deutliche Verbesserung der Fernwärme-Rücklaufemperatur zu erzielen wäre, wurden ebenso aufgezeigt, wie ein Konzept bei tatsächlicher Einbindung der Fernwärme-Rücklaufnutzung.

### **Radiator-Auslegung**

Die Radiatoren liefern gemäß einer vereinfachten Abschätzung eine um den Faktor 2,7 deutlich zu hohe Leistung, was üblicherweise ein wesentlicher Grund für höchst instabiles Regelverhalten der Raumtemperaturregelung durch die Heizkörper-Thermostatventile ist. Das wäre auch eine Erklärung für deutlich zu intensives Fensterlüften, da der Raum schnell überheizt bzw. nach langem Lüften die Raumtemperatur „dank“ der hohen Heizleistung sehr schnell wieder im am Thermostatventil eingestellten Sollbereich liegt. Dazu kommt, dass die große Mehrheit der Bewohner:innen die korrekte Einstellung der Thermostatventile nicht beherrscht und die Skalierung (1 bis 5) fälschlicherweise als Heizleistung interpretiert und nicht als Soll-Temperatur-Einstellung (3 = ca. 20 °C). Als Korrekturmaßnahme wurde vorgeschlagen, die Voreinstellventile an den Radiatoren korrekt einzustellen, so dass bei 50 °C Vorlaufemperatur die Rücklaufemperatur maximal 30 °C beträgt.

### **Alternative Vorlaufemperaturregelung**

Alternative Regelungskonzepte (Ansteuerung von der meo-Box über Schnittstelle mit DEOS) zur Vorlaufemperaturregelung in Abhängigkeit der Wetterprognose und Raumaufschaltung wurden im Frühjahr 2021 noch für rund zwei Wochen getestet, nachdem die kabellose Raumtemperaturerfassung in den sechs Referenzwohnungen wegen technischer Probleme mit einem neuen Datenübertragungssystem erst dann zuverlässig in Betrieb gehen konnte. Im Vergleich mit der konventionellen, außenemperturgeführten Regelung (die parallel mit aufgezeichnet wurde), konnte jedenfalls ein deutlich anderes zeitliches Verhalten der Heizungsvorlaufemperaturen mit höheren Temperaturen in der Nacht, aber niedrigeren Temperaturen in den Morgenstunden bei vorhergesagtem Sonnenschein beobachtet werden. Für Analysen zur Auswirkung auf die Raumtemperaturen bzw. genauere quantitative Auswertungen war die Messperiode nicht lange genug bzw. war die Heizlast Anfang Juni nicht mehr signifikant genug.

### **vehicle2grid**

Im Zuge des Projektes Smart City Wörgl wurden eine Reihe von Optimierungsoptionen zur Steigerung der PV-Eigennutzung untersucht, neben der Verwendung der Salzwasserbatterie zur Zwischenspeicherung des PV-Stroms auch die Nutzung einer Ladestation für E-Fahrzeuge. Aus rechtlichen Gründen war die direkte physikalische Kopplung aber noch nicht möglich. Es wurde daher ein Excel-Tool entwickelt, welches gemessene Zeitreihen für PV-Erzeugung, Allgemeinstromverbrauch und Standzeiten an der Ladesäule bzw. der verbrauchten Ladeenergie eines E-Autos verarbeiten kann. In diesem Tool ist ein einfaches Modell für eine bis zu 100% ihrer Kapazität nutzbare Batterie (für die in diesem Fall installierte stationäre Salzwasserbatterie ist dies möglich) mit definierbaren Be- bzw. Entladewirkungsgraden integriert. Dieses Konzept wurde dann erweitert, um weiters das Potential einer Zwischenspeicherung in der Batterie eines E-Autos mit nur teilweiser Entladungsmöglichkeit bis zu einem definierten Grenzladezustand zur Nutzung für den Allgemeinstrom im Gebäude untersuchen zu können (= Vehicle2Grid/Vehicle2Home).

Verschiedene Fälle wurden mit diesem Excel-Tool für den Zeitraum der verfügbaren Datenreihen (01.01.2021 bis 14.08.2021) untersucht. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die wesentlichen Rahmenbedingungen bzw. als Ergebnis die wesentliche Kenngröße der verbleibenden „Netzeinspeisung PV-Strom“:

- a) PV-Anlage deckt nur den aktuellen Allgemeinstrombedarf direkt, es besteht keine Möglichkeit einer Zwischenspeicherung bzw. Nutzung von PV-Überschussstrom für das E-Auto (dieses wird nur mit Netzstrom versorgt)
- b) Reale Situation wie in Smart City Wörgl betrieben: die PV-Anlage deckt den aktuellen Allgemeinstrombedarf direkt UND kann zusätzlich Überschussstrom mit bis zu 8kW an die stationäre Salzwasserbatterie abgeben; abends und in der Nacht wird mit konstant 3,5 kW aus der Salzwasserbatterie die aktuelle Grundlast des Allgemeinstrombedarfes gedeckt, der Rest wird aus dem Netz bezogen.
- c) Wie b) aber zusätzlich ergänzt um die Möglichkeit das E-Auto zu beladen. Wenn das E-Auto zurückkommt und an der Ladesäule angeschlossen wird, dann wird bis zum Grenzladezustand mit der Nennleistung von 22kW beladen (Deckung von PV wenn möglich, Rest aus dem Netz). Nach Erreichen des Grenzladezustandes wird nur mit der verfügbaren Leistung und Energiemenge des vorhandenen PV-Überschuss bis zur Vollladung beladen sowie bei Bedarf dann auch bis zum Grenzladezustand mit bis zu maximal 22kW auch entladen, um Allgemeinstrombedarf im Haus zu decken.

- d) Es gibt KEINE stationäre Salzwasserbatterie, es kann nur das E-Auto, wenn an der Ladesäule angeschlossen, zur Zwischenspeicherung von PV-Überschuss genutzt werden gemäß den Regeln wie in c) beschrieben.

	[kWh]
PV Produktion	23 298,41
Strombedarf (Allgemeinstrom)	37 309,95
Deckung Allgemeinstrombedarf über PV-Strom direkt	11 149,08
Verbrauch durch Nutzung des E-Autos	1 652,79
Netzeinspeisung PV-Strom (ohne irgendeiner Batterie; nur PV-Direktnutzung für Deckung Allgemeinstrombedarf)	12 149,33
Netzeinspeisung PV-Strom (nur stationäre 44kWh Salzwasserbatterie; so wie aktuell real betrieben für Deckung Allgemeinstrombedarf)	5 402,43
Netzeinspeisung PV-Strom (Salzwasserbatterie+E-Auto mit 56 kWh und 100% Grenzladezustand; also E-Auto nur mit Nennleistung und nur beladen; PV-Überschuss wird genutzt wenn vorhanden)	5 245,64
Netzeinspeisung PV-Strom (Salzwasserbatterie+E-Auto mit 56 kWh und 50% Grenzladezustand)	2 534,33
Netzeinspeisung PV-Strom (Salzwasserbatterie+E-Auto mit 56 kWh und 60% Grenzladezustand)	2 881,84
Netzeinspeisung PV-Strom (Salzwasserbatterie+E-Auto mit 56 kWh und 70% Grenzladezustand)	3 290,92
Netzeinspeisung PV-Strom (nur E-Auto mit 56 kWh und 50% Grenzladezustand)	7 514,66
Netzeinspeisung PV-Strom (nur E-Auto mit 56 kWh und 60% Grenzladezustand)	8 243,43
Netzeinspeisung PV-Strom (nur E-Auto mit 56 kWh und 70% Grenzladezustand)	9 018,83

Basierend auf den Ergebnissen dieses konkreten Falles „Smart City Wörgl“ konnte ermittelt werden, dass eine zusätzliche Nutzung der Fahrzeugbatterie eines E-Autos sich grundsätzlich nützlich auf das System auswirken kann.

Das E-Auto nur klassisch an der Ladesäule zu laden und zu hoffen, dass ein relevanter Anteil PV-Überschuss genutzt werden kann, war unter den gegebenen Randbedingungen praktisch ohne Nutzen. Die Netzeinspeisung des PV-Stroms kann damit nur um 157 kWh (3%) verringert werden.

Es kann aber bei Nutzung der Batterie des E-Auto für bidirektionales Be- und Entladen sowohl eine Reduktion des Netzstrombedarfs bzw. eine deutliche Reduktion des eingespeisten PV-Stroms auf bis zu 47% im Vergleich zur Basisvariante mit stationärer Salzwasserbatterie erreicht werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die PV im gegebenen Fall relativ gering ausgelegt ist in Relation zum allgemeinen Strombedarf: Die PV-Produktion entspricht ca. 63% des allgemeinen Strombedarfs in der betrachteten Periode 01.01. bis 14.08.2021.

Anders ausgedrückt: durch die Einbindung der Batterie des E-Autos konnte die Netzeinspeisung des PV-Stroms bilanziell über den Betrachtungszeitraum im besten Fall deutlich mehr reduziert werden (um 5.402-2.534=2.868 kWh) als das E-Auto selbst verbraucht hat (1.653 kWh). Die Differenz kam also der Deckung des Allgemeinstrombedarfes des Hauses zu Gute.

Eine Nutzung der Fahrzeugbatterie als alleinigen Batteriespeicher des Systems zeigt dabei deutlich geringere Vorteile: die Netzeinspeisung des PV-Stroms steigt um zumindest 40% auf 7.515 kWh gegenüber den 5.402 kWh der Basisvariante mit stationärer Salzwasserbatterie. Neben der zu erwartenden Reduktion infolge von Abwesenheiten tritt speziell auch das Problem auf, dass mit der erforderlichen Nutzungssicherheit des Fahrzeuges trotz größerer Gesamtbatteriekapazität eine deutlich geringere nutzbare Speicherkapazität vorhanden ist. Dies könnte natürlich über eine Steigerung der Anzahl der verfügbaren Fahrzeuge an diesem Standort abgefangen werden.

## B.6 Erreichung der Programmziele

Das Projekt „Smart City Wörgl“ hat durch seine Nachweise für technische und wirtschaftliche Effizienz durch Innovationen, durch die Analyse sozialer Aspekte zur Nutzung neuer Technologien sowie durch die Analyse von Gewohnheiten und Nachfragemustern hinsichtlich des Wohnens und der Mobilität in vielfacher Weise zur Erreichung der Programmziele beigetragen.

### Erreichen und Einbeziehen der Zielgruppen

Mit seinen vielfältigen Innovationen für den Klimaschutz, speziell auch im gemeinnützigen Wohnbau, bot das Projekt die Gelegenheit, viele Ergebnisse dauerhaft im Bau-Betrieb, bei Fördereinrichtungen (WBF) und bei politischen Entscheidungsträger:innen zu verankern. Durch die Einbeziehung von Entscheidungsträger:innen und Akteur:innen in das Projektkonsortium, die für die Inhalte und Ziele des Programms vor Ort in Wörgl zentrale Bedeutung haben (Stadt Wörgl, Stadtwerke Wörgl, NHT-Hausverwaltung, komm!unity), wurden die Projektkomponenten erfolgreich umgesetzt und zahlreiche Multiplikatorwirkungen erzielt.

Trotz Corona-Pandemie, durch die einige der konzipierten Maßnahmen des Arbeitspaketes Kommunikation (AP-8) nicht wie ursprünglich geplant umgesetzt werden konnten, ist letztlich der Austausch mit den Bewohner:innen sowie deren Einbindung in die unterschiedlichen Planungs- und Umsetzungsphasen gut gelungen. Für den erforderlichen Kommunikations- und Beteiligungsprozess wurde komm!unity in das Projektkonsortium aufgenommen. Die langjährigen Erfahrungen mit Kommunikations- und Beteiligungsprozessen des Wörgler Vereins und der Umstand, dass komm!unity ab der Fertigstellung der ersten Bauphase mit dem Jugendtreff auch eigene Räumlichkeiten vor Ort in der Siedlung bezog, erleichterten den Kontakt zu und den Austausch mit den Bewohner:innen. Über verschiedene Kanäle und mit unterschiedlichen Methoden wurde Informations- und Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt und zu den Programmzielen gemacht. Mit diversen bewusstseinsbildenden Maßnahmen konnten wesentliche Informationen über die Smart City und ihre neuen Technologien an die Mieter:innen und die Öffentlichkeit gebracht sowie die Möglichkeiten zum Mitwirken der Bewohner:innen an der Erreichung der Programmziele vermittelt werden. Mit beteiligenden Methoden, wie Workshops, (Online-) Befragungen und persönlichen Treffen mit Projektverantwortlichen, wurden die Bewohner:innen miteinbezogen und ihre Bedürfnisse hinsichtlich Wohn- und Mobilitätssituation berücksichtigt. Zum Teil wurden die Mieter:innen auch aktiv in die Umsetzung einzelner Maßnahmen mit einbezogen. Mit der eigens konzipierten und einmal im Quartal erscheinenden Hauszeitung „Smart City News“ wurde ein niederschwelliger Zugang zu den Mieter:innen geschaffen, mit dem die Programmziele sowie Interessantes über die Smart City vermittelt werden. Auch mit den regelmäßigen Artikeln im Stadtmagazin Wörgl (Mitteilungsblatt der Stadtgemeinde) über das Projekt wurden die Bewohner:innen, speziell aber auch die breitere Öffentlichkeit über das Projekt und die Programmziele informiert. Über den Info-Screen in einem Schaufenster des Jugendtreffs von komm!unity wurden ebenfalls die Ziele des Programms sowie des Smart City-Projekts an Bewohner:innen und Passant:innen vermittelt. Schließlich kam das Projektteam mit den Bewohner:innen auch anlässlich des Gartenprojekts, das von komm!unity in Kooperation mit der NHT-Hausverwaltung initiierte wurde, ins Gespräch über die Programmziele und die Inhalte des Projektes.

### Umsetzungspotenziale der Projektergebnisse

In einer sehr guten, fruchtbaren Zusammenarbeit aller Konsortialpartner:innen wurden innovative Einzelkomponenten weiterentwickelt und optimiert sowie zu gesamthaft nachhaltigen Lösungen vernetzt.

Entsprechend viele Umsetzungspotenziale konnten aus dem Projekt generiert werden.

Die im Projektzeitraum gewonnenen Messdatenaufzeichnungen machten es möglich, die Effizienz der PV-Anlage und des Salzwasserbatteriespeichers laufend zu optimieren und für künftige Projekte mögliche Effizienzsteigerungen zu erarbeiten. Die Kombination von PV-Anlage und Energiespeicher mit den Verbrauchsprofilen der Bewohner:innen bietet eine Grundlage für neue Geschäfts- und Beteiligungsmodelle.

Der Test der Heizkreisregelung lieferte ebenso verwertbare Ergebnisse für den Einsatz in Wohnquartieren (samt Erfahrungen betreffend LoRaWAN-Funktechnologie), wie die mit der Wärmepumpe umgesetzte Strom-Wärme-Kopplung zur Reduktion der Warmwasser-Zirkulationsverluste sowie die Erkenntnisse in Bezug auf das optimierte Lademanagement des Salzwasserspeichers Greenrock.

Gemeinsame Finanzierungsmodelle für PV-Anlagen und Batterie-Contracting-Modelle, wie sie im gegenständlichen Projekt in einer Kooperation der Projektpartner:innen NHT, STWW und BlueSky erarbeitet und von Seiten der NHT bereits bei der Errichtung weiterer Wohnquartiere zum Einsatz gebracht wurden, versprechen weiteres Verbreitungs- und Marktpotenzial.

Großes Potential hat das kompakte, leistungsfähige und vielseitig einsetzbare Energiemanagementsystem von meo, das ebenfalls bereits in einem weiteren Forschungsprojekt der NHT verwendet wird, darüber hinaus ist der Einsatz sowohl in kleineren Neubauten als auch in Bestandsanlagen, die bis 2030 auf fossilfreie Wärmeversorgung umgerüstet werden, möglich.

Die Analyse der Performancedaten des Batteriespeichers wurde seitens der NHT genutzt, um ein bestehendes, NHT-internes Bewertungstool hinsichtlich Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Kombination mit Batteriespeichern zu verfeinern. Hier konnten zusätzlich die im Projekt entwickelten, innovativen PV-Tarifmodelle des Projektpartners STWW berücksichtigt werden.

Zum weiteren Ausbau des Fernwärmeangebotes in Wörgl gibt es nunmehr Verhandlungen mit hohem Potential, die Abwärme der im Umfeld befindlichen Holz verarbeitenden Betriebe zu nutzen. Weitere Überlegungen ziehen das Potential einer geplanten Holzvergasungsanlage am Areal des Wörgler Wertstoffhofes in Betracht oder der Betrieb eines eigenen Bio-Heizkraftwerk, um eine höchstmögliche Unabhängigkeit zu erreichen. Die weitere Fernwärmeversorgung wird erst gebaut und soll innovative Wärmespeicherlösungen am jeweiligen (Industrie-)Standort sowie die Nutzung eines Niedrigtemperaturnetzes und smart-grid enthalten. Mit diesem Ausbau soll auch für die Versorgung der weiteren Bauabschnitte der neuen Südtiroler Siedlung mit Fernwärme aus 100%ig erneuerbaren Ressourcen sichergestellt werden. Von der UIBK EEB wurde gemeinsam mit den Stadtwerken Wörgl dafür eine effiziente Niedertemperatur-(Rücklauf-Vorlauf) -Lösung projektiert.

Die Analysen der Mobilitäts- und Nachfragemuster ergaben weiteres Potential zum Ausbau von E-Car- und Bike-Sharing-Modellen. Das direkt im Quartier verfügbare floMOBIL wurde durchschnittlich 22-mal pro Monat mit einer durchschnittlichen Fahrleistung von rund 30 km pro Fahrt genutzt. Für den weiteren Erfolg als umweltfreundliche und attraktive Alternative für den Besitz eines eigenen (Zweit-)Autos sind insbesondere leicht erhältliche Informationen zum Angebot sowie eine gute Positionierung der Standplätze, eine hohe Sichtbarkeit und einfache Zugänglichkeit wichtig. Als Teil des Bike-Sharing-Modells in der Smart City steht ein e-Lastenrad zur Verfügung, welches in das bestehende floMOBIL System digital integriert wurde. Die Besonderheit ist die hybride Integration. Das Lastenfahrzeug kann digital per APP gebucht werden, der Schlüssel wird vor Ort beim Jugendtreff-Büro abgeholt. Dabei wird sichergestellt, dass das Lastenfahrzeug bei der Erstinutzung nicht ohne Einschulung in Betrieb genommen wird. Beim sogenannten Patenschafts-Modell kann eine Siedlung oder Betrieb ein Lastenfahrzeug selbst kostenlos nutzen, im Gegenzug werden Kunden eingeschult, Schlüssel ausgegeben, Akkus geladen und auf das Fahrzeug geachtet. Dadurch erhöht der Pate die Kontaktpunkte zu möglichen Neukunden. Zur Förderung des Radverkehrspotentials im Quartier werden weitere Maßnahmen, wie vor allem ausreichend hochwertige Abstellanlagen an wichtigen Zielen sowie der Ausbau des Fahrrad-Leihsystems implementiert. Um das volle Potenzial des Mobilitätskonzepts zu erreichen, ist eine konsequente Umsetzung im Zuge der weiteren Ausbaustufen der Südtiroler Siedlung notwendig. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, ob sich aus einer geringeren Nutzung der in früheren Phasen geschaffenen Stellplätze eine Reduktion der Stellplätze in folgenden Ausbaustufen möglich wird.

## B.7 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

**Wertvolle Erkenntnisse aus Messdatenaufzeichnungen und Monitoring:** Die im Projektzeitraum gewonnenen Messdatenaufzeichnungen machten es möglich, die Performance der PV-Anlage und des Salzwasserbatteriespeichers laufend zu überwachen, diese auf den Betrieb bzw. das Lastprofil der Wohnanlage zu optimieren und für künftige Projekte mögliche Performancesteigerungen zu erarbeiten. Strategien für z.B. verbesserte Aufstellorte (speziell bezogen auf Wohnbauten), optimales Verhältnis zwischen der Größe der PV-Anlage und Größe des Batteriespeichers bezogen auf das im Wohnbau typische Lastprofil und deren Verbräuche, sowie optimale Beladungs- und Entladungszyklen und -strategien, konnten so ermittelt werden. Diese Erkenntnisse werden und wurden auch bereits direkt in Folgeprojekten der NHT umgesetzt. Die Analysen zeigen die Potenziale, die sich in Zukunft aus der Einbeziehung von Vehicle2Grid-Konzepten mit CarSharing-Fahrzeugen ergeben können.

**Smart City Wörgl als Energiegemeinschaft:** Durch den neuen EAG-Entwurf sowie durch die gute Zusammenarbeit aller Projektpartner und insbesondere die herausragende Übereinstimmung mit der NHT, bezüglich der künftigen PV-Vollbelegung ihrer Dachflächen, wurde die Idee einer Smart-City-Energiegemeinschaft mit den Bewohner:innen der Smart City immer „präsender“. Gemeinsam mit Student:innen der FH Kufstein wurden mögliche Betreiberformen sowie in Abstimmung mit der Vereinigung der Österreichischen Kommunalbetriebe auch mögliche Energiegemeinschafts-Modelle diskutiert. Aktuell wird eine Stellungnahme ausformuliert, um die Energiegemeinschaft auch mit einem gemeinnützigen Wohnbauträger (gilt im EAG-Entwurf als nicht „ausreichend“ gemeinnützig) umsetzbar zu machen. Für die Kernidee der Energiegemeinschaft „Smart City Wörgl“ sollen auf möglichst allen Gebäuden PV-Anlagen installiert werden, um möglichst wenig Energie vom Netz zu beziehen und möglichst auch finanzielle Vorteile an die Bewohner:innen weitergeben zu können. Das innovative meo-Energiemanagementsystem eröffnet Versorger:innen, Kund:innen und Kommunen die Möglichkeit, sich in unabhängigen Energiegemeinschaften zusammenzuschließen.

**Größere PV-Anlage:** Auf Grundlage der im gegenständlichen Projekt gewonnenen Erkenntnisse und auf Basis der Idee zur Gründung einer Energiegemeinschaft wurde bereits für den folgenden Bauabschnitt die Planung einer größeren PV-Anlage ausgearbeitet. Dabei konnte eine Größe von 48 kWp errichtet werden. Die beinahe Verdopplung zur bestehenden PV-Anlage ist allein aus dem Aspekt notwendig, da der Allgemeinstrom der errichteten Baukörper von der bestehenden PV-Anlage (28,8kWp) bilanziell übers Jahr knapp gedeckt wird. Eine Energiegemeinschaft kann nicht angedacht werden, wenn nicht ausreichend PV-Leistung auch für die Bewohner:innen zur Verfügung steht. Dieser Erkenntnis folgend ist seitens der NHT für die weiteren Bauabschnitte der Südtiroler Siedlung bereits eine PV-Vollbelegung projektiert. Damit könnten allein im Rahmen des Vollausbau der Südtiroler Siedlung ca. 350 – 450 kWp Photovoltaik (je nach verwendeter Modulleistung) installiert werden. Hier gilt es nun die bereits im vorigen Abschnitt beschriebene, adäquate und real umsetzbare, d.h. WGG-konforme, Lösung für eine Erneuerbare Energiegemeinschaft zu finden.

**Größerer Salzwasserstromspeicher:** Für den folgenden Bauabschnitt wurde neben einer größeren PV-Anlage auch ein größerer Salzwasserspeicher mit 60 kWh geplant. Auf Basis der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse soll damit der Autarkiegrad deutlich gesteigert und die Überschusseinspeisung stark reduziert werden können.

**Nicht alle Potentiale sofort nutzbar:** Durch das Monitoring und die Analysemöglichkeit der Messdatenaufzeichnungen ergab sich für die Strom- und Wärmespeicherung direkt und ad hoc die Möglichkeit, vielfältige Optimierungsstrategien zu erarbeiten und teilweise auch sofort umzusetzen. So konnte etwa die Performance der PV-Anlage und des Salzwasserbatteriespeichers damit laufend überwacht und auf den Betrieb bzw. das Lastprofil der Wohnanlage optimiert werden. Allerdings konnten nicht alle wünschenswerten Änderungen sofort umgesetzt werden, da die Versorgungssicherheit gegenüber den Mieter:innen oberste Priorität hatte und die NHT als Bauträger und Hausverwaltung im laufenden Heizbetrieb keine Änderungen (Experimente) durchführen konnte. Sehr wohl aber flossen die getroffenen Erkenntnisse umgehend in die Planungsabläufe der nächsten Bauabschnitte der Smart City Wörgl mit ein. Zudem wurden für künftige Projekte mögliche Performancesteigerungen erarbeitet.

**Weitere Optimierungen möglich:** Das Preismodell der STWW beinhaltet ein Bonus-Malus-System, bei dem Kund:innen bei einer Rücklauftemperatur kleiner 50 °C einen Abzug von 5% vom Arbeitspreis (€/MWh) bekommen. Bei einer Überschreitung von 55°C der Rücklauftemperatur wird hingegen einen Aufpreis von 5% vom Arbeitspreis verrechnet. Durch den Einbau neuer Ventile bei den Heizkörpern, könnten demzufolge 10 % der Wärmekosten eingespart werden. Gespräche zur Umsetzung sind im Laufen.

**Sorgfältige hydraulische Einregulierung bei Passivhäusern:** Wie die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse zeigten, sollte die hydraulische Einregulierung bei Passivhäusern sorgfältiger gemacht werden. Um diese Aspekte weiter zu optimieren, sind bereits weitere Initiativen und Meetings von NHT, STWW und UIBK EEB geplant.

**Produktoptimierung durch Projekterkenntnisse:** Wie die Datenanalysen zeigten, arbeiten Salzwasserbatterien effektiver, wenn Sie unter konstanten Bedingungen betrieben werden. Leistungsspitzen und sich ständig ändernde Leistungsanforderungen verringern die Gesamtkapazität der Batterien. Der Zusammenhang zwischen Strömen und Leistung bei Salzwasserbatterien konnte aufgezeigt werden. Je niedriger die angeforderte Leistung (kW), umso höher die verfügbare Kapazität (kWh) der Batterie. Auch tiefe Umgebungstemperaturen haben Einfluss auf die Gesamtkapazität der Salzwasserbatterie. Die Datenanalysen zeigen deutlich schlechtere Werte in den kalten Wintermonaten. Erst die Verbindung der Batterie mit dem Energiemanagementsystem macht einen smarten Einsatz der Technologie möglich. Um zu klären, wann, wie und welche Werte bedient werden sollen, wird ein Energie-Management-System benötigt. BlueSky hat mittlerweile für all seine Produkte eine offene Modbus-TCP-Schnittstelle eingeführt, damit die Batterien mit diversen, smarten Energie-Management-Systemen kompatibel sind. Dadurch ist ein Monitoring der Anlagen für den Endkonsumenten möglich und individuelle Einstellungen zur Optimierung der Performance können vorgenommen werden.

Die Analyse der Performancedaten des Batteriespeichers wurde seitens der NHT genutzt, um ein bestehendes, NHT-internes Bewertungstool hinsichtlich Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Kombination mit Batteriespeichern zu verfeinern. Hier konnten zusätzlich die im Projekt entwickelten, innovativen PV-Tarifmodelle des Projektpartners STWW berücksichtigt werden.

**Kooperations- und Contracting-Modelle:** Basierend auf die bereitgestellte Speicherkapazität und die verfügbaren Finanzierungsmöglichkeiten eines gemeinnützigen Bauträgers sowie unter Berücksichtigung des Wohnungs-Gemeinnützigkeits-Gesetzes und aktueller Fördermöglichkeiten wurden in einer Kooperation der Projektpartner NHT, STWW und BlueSky zukunftsweisende Finanzierungsmodelle für PV-Vollbelegung und ein Batteriecontracting-Modell entwickelt. Von Seiten der NHT werden diese in den künftigen Baustufen der SmartCity Wörgl sowie in weiteren Projekten umgesetzt werden. So entsteht aktuell in Rum bei Innsbruck das international größte Passivhaus PLUS Wohnquartier, wo die im gegenständlichen Projekt für den Einsatz im Wohnbau optimierten Salzwasserbatterien von BlueSky zum Einsatz kommen.

**meo als Monitoringplattform bei NHT etabliert:** Die genaue Kenntnis der meo-Systemmöglichkeiten führte zu weiteren Kooperationen zwischen den Projektpartnern NHT und meo. Der Anwendungsbereich und die Steuerungs- bzw. Reportmöglichkeiten des meo-Systems wurden hinsichtlich bestehender Wohnanlagen, weiterer kleinerer Neubuanlagen sowie auch aktuell durchgeführter Umrüstungen zentraler Bestands-Heizungsanlagen auf erneuerbare Energiequellen im Rahmen des NHT-Programmes „NHT2030 - Frei von Fossilen“ analysiert und angepasst. Zudem wird in einem weiteren SmartCity-Projekt der NHT durch und mit meo nun das Projekt-Monitoring ausgeführt.

**Mehr Bewusstseinsbildung und Ermächtigung der Bewohner:innen:** Es bedarf weiterer innovativer Maßnahmen, die Bewohner:innen zu überzeugen, dass sich das eigene Tun und Verhalten gerade im Energieverbrauch wider spiegelt und hier auch Kosten gespart werden können. Die Datenerfassung in den Wohnungen bestätigten, dass das Nutzungsverhalten der Mieter:innen auch in sehr effizienten Gebäuden einen großen Einfluss auf den tatsächlichen Energieverbrauch hat. Mehr Wissen der Nutzer:innen über die richtige Handhabung der Technik sowie über adäquate Verhaltensformen ist hier mitentscheidend. Wie die Befragungen zeigten, wünschen sich die Bewohner:innen auch selbst noch mehr Informationen über Komponenten und Vorteile einer Smart City sowie Möglichkeiten zum Commitment und zur aktiven Beteiligung. Dies betrifft auch das Mobilitätsverhalten, entsprechende Angebote und Bewusstseinsbildung. Einige der diesbezüglich geplanten

Maßnahmen, wie z.B. der Tag der offenen floMOBIL-Türe, konnten aufgrund der Corona-Situation nicht umgesetzt werden, sollen aber nachgeholt werden. Die finanziellen Vorteile für die Bewohner:innen aus der angedachten Energiegemeinschaft könnten zu der erforderlichen Bewusstseinssteigerung beitragen. Zudem sollten niederschwellige Informationen sowie konkrete Hilfe und Unterstützung für die Mieter:innen angedacht werden. Dazu können/sollten Initiative wie DoppelPlus noch weiter ausgerollt und näher an die Mieter:innen gebracht werden. Entsprechende Erkenntnisse aus dem gegenständlichen Projekt sind auch in das Projekt „Speak Smart“ der NHT eingeflossen, das sich zum Ziel gesetzt hat, die Kommunikation von Wohnbauträgern, Wohnungsvergabestellen und Energieberatungsstellen mit den Bewohner:innen als wichtigen Bestandteil der Funktionsfähigkeit künftiger Smart Cities zu optimieren. Die sprachlichen und kulturellen Bedürfnisse sowie die Lebensrealität der Bewohner:innen von Smart Cities sollen so noch besser berücksichtigt werden.

## **B.8 Ausblick und Empfehlungen**

Wie die Ergebnisse des gegenständlichen Projekts zeigen, gibt es noch ein vielversprechendes Potenzial für die weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung. Besonders die Frage, mit welchem Lademanagement die besten Resultate bei elektrischen Batteriespeichern erzielt werden können, bietet Anlass zur Nachforschung. Die zugrundeliegenden Erkenntnisse inklusive Berechnungen und Auswertungen sind dabei so strukturiert, dass auch zukünftige Datenerhebungen mit höherer Detailtiefe genutzt werden können, um das Ergebnis genauer darzustellen. Das hat zur Folge, dass zukünftige dynamische Preismodelle und stadtteilbasiertes Energiemanagement umgesetzt werden.

Ergänzende Forschungen sind für etwaige Geschäftsmodelle mit höherer Bewohnerbeteiligung notwendig, um das gegebene signifikante Potential für eine ganzheitlich nachhaltige Bauweise und Betriebsführung von Wohnquartieren noch weiter zu verbessern – ökologisch, ökonomisch und sozio-kulturell.

Aktivitäten zur Optimierung und der Demonstration effizienter Wärmeübergabesystemen (Sekundärseite) sind notwendig und bereits angedacht, da hier ein hohes Einsparungspotenzial gesehen wird.

Die Realisierung einer (Smart City) Energiegemeinschaft hätte Vorzeigecharakter und würde den geforderten PV-Ausbauzielen 2030/2050 förderlich dienen. Denn in fast jeder Gemeinde in Österreich gibt es sozialen Wohnbau, der durch größere Organisationen verwaltet wird. Diese sind wiederum den Aufwänden einer Energiegemeinschaft eher gewachsen. Grundvoraussetzung für die Realisierung ist, dass die EAG-Endversion vorsieht, dass gemeinnützige Wohnbauträger zwar als GU eingestuft, aber als Mitglieder der Energiegemeinschaft nicht ausgeschlossen werden. Die Rolle des örtlichen Energieversorgers beinhaltet unter anderem in finanzielle Vorleistung zu gehen, um zukünftige lokale Energiemanagementanforderungen, dynamische Preismodelle und quartiersbasierte Sektorenkopplung realisieren zu können.

## **C. Anhang**

Diverse Artikel im Verlauf

## IMPRESSUM

**Verfasser:in:**

Stadtwerke Wörgl GmbH

Peter Teuschel  
Zauberwinklweg 2a, 6300 Wörgl  
Telefon: 0699-16300-002; 050-6300-3510  
E-Mail: teuschel@stww.at

**Projekt- und Kooperationspartner**

Neue Heimat Tirol (Tirol)

Stadtgemeinde Wörgl (Tirol)

Universität Innsbruck – AB EEB + AB IV (Tirol)

BlueSky Energy GmbH (Oberösterreich)

meo Energy GmbH (Steiermark)

**Eigentümer, Herausgeber und****Medieninhaber:**

Klima- und Energiefonds  
Leopold-Ungar-Platz 2/ Stiege 1/ Top 142  
1190 Wien  
office@klimafonds.gv.at  
www.klimafonds.gv.at

**Disclaimer:**

Die Autor:innen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

**Gestaltung des Deckblattes:**

ZS communication + art GmbH