

Reallabor für integrierte regionale Erneuerbare Energiesysteme

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 68/2025

Wien, 2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

DI Pascal Liedtke BSc., DI (FH) Stefan Aigenbauer, Mag. Rita Sturmlechner BSc. (Bioenergy
and Sustainable Technologies GmbH)

Wien, Wieselburg 2025. Stand: Juni 2023

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMIMI publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Kurzfassung | 7 |
| 2 | Abstract | 8 |
| 3 | Ausgangslage | 9 |
| | 3.1. Energiekulisse des Reallabors | 10 |
| 4 | Projekthalt | 12 |
| | 4.1. Potential- und Ist-Stands-Erhebung..... | 12 |
| | 4.2. Regionale Zielsetzungen | 12 |
| | 4.3. Konzeptionierung der Rahmenbedingungen für ein Reallabor | 13 |
| 5 | Ergebnisse | 14 |
| | 5.1. Potential- und Ist-Stands-Erhebung..... | 14 |
| | 5.2. Regionale Zielsetzungen | 16 |
| | 5.3. Konzeptionierung der Rahmenbedingungen für ein Reallabor | 17 |
| | 5.3.1. Planungs- und Betriebsmethodik | 17 |
| | 5.3.2. Finanzierungsmöglichkeiten | 19 |
| | 5.3.3. Skalierbarkeit und Bevölkerungsintegration | 20 |
| | 5.4. Regionaltypische Lösungen und Konzept des Energy Farmings | 20 |
| | 5.4.1. Systemoptimierung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen | 21 |
| | 5.4.2. Datenakquisition mittels Reallabor-Plattform..... | 22 |
| | 5.4.3. Digitalisierung und ganzheitlicher Systemregler | 24 |
| | 5.4.4. Bevölkerungsintegration und Kommunikationsmodell..... | 27 |
| 6 | Schlussfolgerungen | 30 |
| 7 | Ausblick und Empfehlungen | 31 |
| 8 | Verzeichnisse | 32 |
| 9 | Anhang | 34 |

1 Kurzfassung

Um das Ziel einer nachhaltigen und versorgungssicheren Energiewende zu erreichen, wird zunehmend auf erneuerbare und dezentralisierte Energie gesetzt. Kommunale Energienetze bzw. regionale und sektorgekoppelte Energiesysteme (Strom, Wärme, Kälte, Transport) zeigen ein hohes Potential für eine effiziente Nutzung aller Einzeltechnologien, inklusive der volatilen Energieerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen, mit CO₂-Einsparungen von bis 100%. Um diese Transformation auf ökonomischem, ökologischem und sozialem Weg zu realisieren, müssen zwei Ansätze parallel adressiert werden. Der Energieverbrauch (Strom, Wärme, Treibstoffe) muss soweit wie möglich gesenkt werden, indem verschiedene Schwerpunkte verfolgt werden, wie z.B. Sanierung und Modernisierung von Gebäuden, Elektrifizierung des Mobilitätssektors und die Optimierung von industriellen, gewerblichen oder landwirtschaftlichen Prozessen (Effizienz). Der zweite Ansatz versucht den restlichen Energieverbrauch einer Region mit einem optimalen und erneuerbaren Technologie-Mix sowie einem sektorgekoppelten, ganzheitlichen Betrieb zu decken (Transition).

Das Projekt *Reallabor für Integrierte regionale Erneuerbaren Energiesysteme (REaL)* beschäftigte sich mit der Erstellung eines regionaltypischen Gesamtkonzepts zur praktischen Umsetzung von 100% erneuerbarer Energie durch dezentrale Erzeugung und Nutzung von Flexibilitäten. Der Ansatz hat das Ziel skalierbar und nutzerfreundlich für sektorenggekoppelte, kommunale Energiesysteme zu sein, wobei notwendige Aspekte von der Planung bis hin zur Implementierung und dem Betrieb berücksichtigt werden, um Auslegungskosten zu reduzieren und die österreichweite Umsetzung zu beschleunigen. Für die Erstellung des Gesamtkonzepts wurden im Projekt regionale Stakeholder eingebunden, Datenauswertungen erstellt und Literaturrecherchen durchgeführt, um diverse Aspekte in das Konzept mit einzubinden.

Die Ergebnisse daraus führten zu den regionalen Zielsetzungen. Diese wurden mit unterschiedlichen Konzepten, z.B. zur Planung und dem Betrieb von Erneuerbaren Energiegemeinschaften, deren Finanzierung und Skalierbarkeit, und daraus resultierenden regionaltypischen Lösungen adressiert, woraus sich das Gesamtkonzept für ein Reallabor für integrierte regionale Erneuerbare Energiesysteme ableiten lässt.

Das Ergebnis des Gesamtkonzepts wird in diesem Bericht präsentiert und stützt sich auf vier Elemente:

- Teilweise automatisierte Datenakquisition und eine Reallabor-Plattform zur optimierten Energie- und Sanierungsplanung für Haushalte, Betriebe und dezentrale Energiesysteme
- Digitalisierung und Integration von Energietechnologien in eine übergeordnete Regelstrategie und die Weiterentwicklung eines ganzheitlichen Systemreglers für dezentrale Energiesysteme
- Integration des Land- und Forstwirtschaftssektors in die Energietransformationen durch kommunale, gemeinschaftliche Agri-PV und -Windanlagen
- Integration der Bevölkerung und Aufbau eines wirtschaftlich-orientierten Reallabors

Das für die definierte Modellregion erarbeitete Gesamtkonzept dient schließlich als Grundlage für die Entwicklung eines Reallabors durch die BEST GmbH zur Standardisierung von optimalen Planungs-, Implementierungs- und Betriebsverfahren für eine österreichweite Anwendung.

2 Abstract

In order to achieve the goal of a clean and supply-secure energy transition, increasing emphasis is being placed on renewable and decentralized energy. Municipal energy grids or regional and sector-coupled energy systems (electricity, heating, cooling, transport) show a high potential for an efficient use of all individual technologies, including volatile energy generation from renewable resources, with CO₂ savings of up to 100%. Furthermore, the decentralized generation units allow to minimize the dependence on politically unstable regions and thus contribute to the reduction of inflation. To realize this transformation in an economic, ecological and social way, two approaches have to be addressed in parallel. Energy consumption (electricity, heat, fuels) must be reduced as much as possible by pursuing different priorities. These are renovation and modernization of buildings, electrification of the mobility sector and optimization of industrial, commercial or agricultural processes (efficiency). The second approach tries to cover the remaining energy consumption of a region with an optimal and renewable technology mix and a sector-coupled, holistic operation (transition).

The project *real laboratory for integrated regional renewable energy systems (REaL)* dealt with the creation of a regionally typical holistic concept for the practical implementation of 100% renewable energy through decentralized generation and the use of flexibilities. The approach aims to be scalable and user-friendly for sector-coupled, local energy community systems (LEC), involving necessary aspects from planning to implementation and operation, reducing energy costs and accelerating Austria-wide implementation of renewable energy sources. For the development of the holistic concept, the project involved regional stakeholders, data analysis and literature research to develop a holistic concept.

The results of this led to the regional objectives. These were addressed with different concepts, e.g. for the planning and operation of renewable energy communities, their financing and scalability, and resulting regionally typical solutions, from which the overall concept for a real laboratory for integrated regional renewable energy systems could be derived.

The result of the concept is presented in this report and bases on four elements:

- Partially automated data acquisition and a real-lab platform for optimized energy and retrofit planning for households, businesses, and distributed energy systems.
- Digitization of energy technologies and the further development of a holistic controller for decentralized energy systems
- Integration of the agriculture and forestry sectors into energy transformations through community-based, collaborative agri-PV and wind systems
- Population integration and establishment of an economically-oriented real laboratory.

Finally, the concept developed for the defined model region serve as a basis for the development of a real laboratory by BEST GmbH for the standardization of optimal planning, implementation and operation procedures for an Austrian-wide application.

3 Ausgangslage

Um die Klimaziele für den Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor zu erreichen, müssen erneuerbare Energien (EE) massiv erweitert werden. Einen essentiellen Akteur in dieser Transformation stellt der ländliche Raum dar, um die notwendigen Flächen für EE zu akquirieren, wobei Lebensmittelproduktion und Energieerzeugung einander nicht ausschließen dürfen [1]. Das Projekt Reallabor für integrierte regionale Erneuerbare Energiesysteme (REaL), inklusive dieses Berichtes, umfasst, welche Aspekte für ein Reallabor mit 100 % erneuerbarer Energie berücksichtigt werden müssen und welche Akteure für diese Transformationen notwendig sind.

Im Zuge des Projekts wurden die Kernaspekte in Form eines Leitprojekts kompakt zusammengefasst, welche auf der folgenden Seite grafisch dargestellt wird. Von unten beginnend zeigt die Energiekulisse die derzeitige Situation in der Modellregion und die vorhandenen Potentiale. Genauer beschrieben ist die Energiekulisse im darauffolgenden Kapitel 3.1. Die regionaltypischen Lösungen gehen auf die Lösung der Problemstellung ein und welche Mechanismen, Technologien und regionale Akteur*innen fokussiert werden müssen. Demnach basiert das Reallabor-Design auf Schwerpunkten, die sich im Sondierungsprojekt herauskristallisiert haben und im Kapitel 5.4 einzeln beschrieben werden. Neben den bereits in diesem Projekt kontaktierten Partnern, werden sowohl die Vorarbeiten als auch das Vorwissen aus vorangegangenen Projekten aufgegriffen. Dazu zählen zum Beispiel MILP-basierte Planungsalgorithmen für dezentrale Energiesysteme, intelligente Regelstrategien für Microgrids, sowie Machine Learning Verfahren. Des Weiteren wurden in Vorarbeiten nutzerorientierte Entwicklungen von Technologien und Services für Energiegemeinschaften, sowie neue Konzepte zur regionalen Energieversorgung mittels dezentraler Erzeugung, Nutzung von (Last-) Flexibilitäten und Energieeffizienzmaßnahmen adressiert.

Das übergeordnete Ziel des Sondierungsprojekts ist die Entwicklung eines einheitlichen Gesamtkonzeptes für regionale Reallabore zur Umsetzung einer 100% Versorgung mit EE und einer nationalen Skalierbarkeit. Für diesen Zweck versucht das anschließende Gesamtkonzept die unten angeführten Teilziele zu erfüllen:

- Sektorübergreifende Gesamtlösung (Haushalte, Betriebe, Land- und Forstwirtschaft, Mobilität) und Integration relevanter Sektoren (Strom, Wärme, Kälte, Treibstoffe)
- Plattform für Reallabore und Entwicklung neuer Geschäftsmodelle
- Kostengünstige Planung von dezentralen und erneuerbaren Energiesystemen
- Ganzheitliche Regelung von dezentralen Energiesystemen mit 100% erneuerbarer Energie
- Höhere Sichtbarkeit und Akzeptanz von regionalen erneuerbaren Energiesystemen
- Skalierbarkeit des Reallabors auf österreichweite Regionen

Um das Gesamtkonzept aus dem Leitbild in einen Leitfaden zu strukturieren, werden die Inhalte in vier Themenbereichen des Reallabor-Designs organisiert.

- Teilweise automatisierte Datenakquisition und eine Reallabor-Plattform zur optimierten Energie- und Sanierungsplanung für Haushalte, Betriebe und dezentrale Energiesysteme
- Digitalisierung und Integration von Energietechnologien in eine übergeordnete Regelstrategie und die Weiterentwicklung eines ganzheitlichen Systemreglers für dezentrale Energiesysteme

- Integration des Land- und Forstwirtschaftssektors in die Energietransformationen durch kommunale, gemeinschaftliche Agri-PV und -Windanlagen
- Bevölkerungsintegration und Aufbau eines wirtschaftlich-orientierten Reallabors

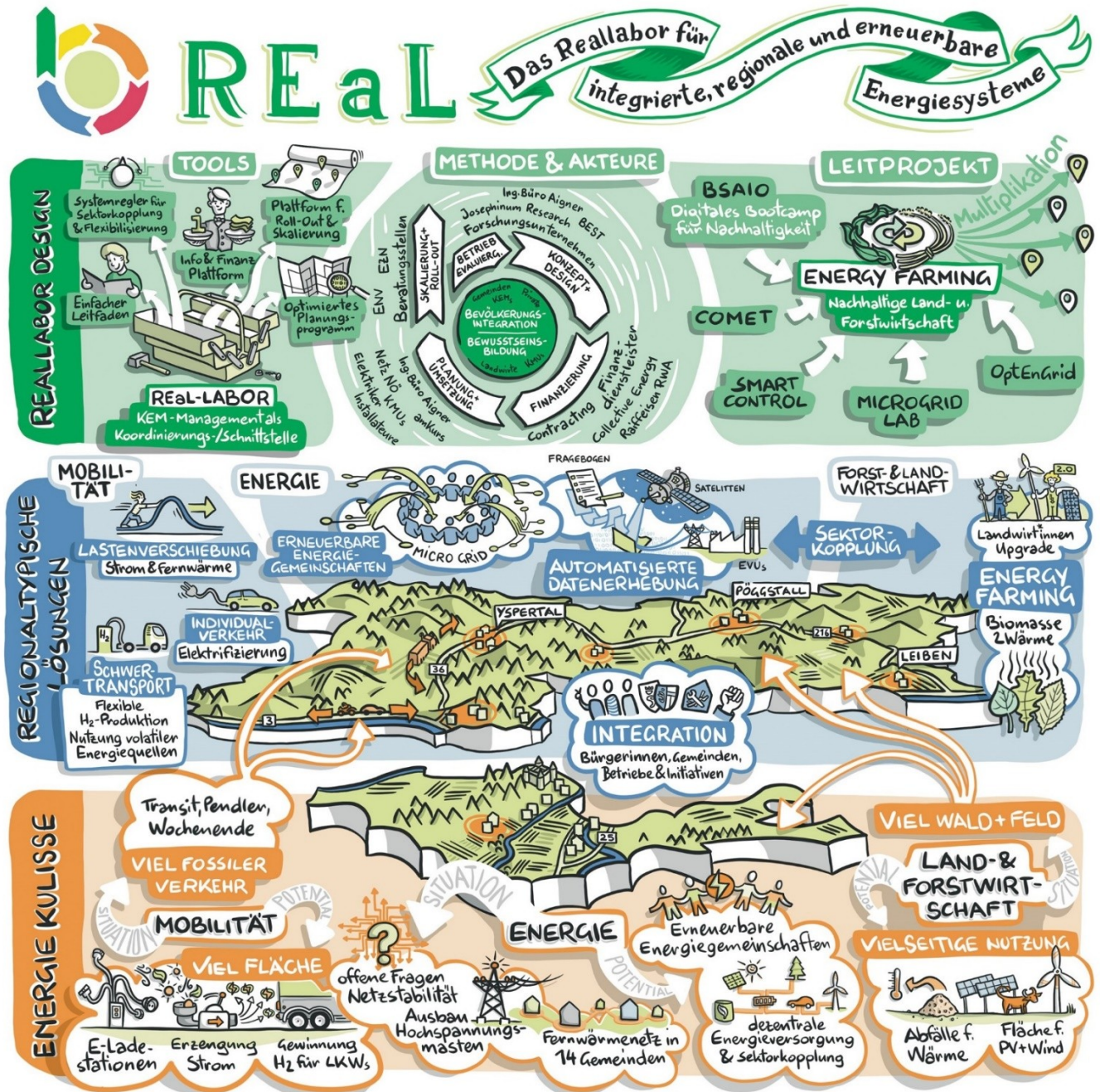


Abbildung 1: Kernaspekte des REaL Projektes (Quelle: Robert Six (Grafiker); BEST GmbH)

3.1. Energiekulisse des Reallabors

Die Energiekulisse behandelt die klimatische, geografische und gesellschaftliche Lage und befasst sich mit energie-relevanten Aspekten der Gemeinden. Im REaL Labor gehören dreizehn Gemeinden der

Klima- und Energiemodellregion *Südliches Waldviertel* an. Zusätzlich nahm die Gemeinde Wieselburg-Land teil, in der das Forschungszentrum BEST GmbH das MicrogridLab betreibt [2]. Die partizipierenden Gemeinden zeichnen sich allesamt durch einen hohen Anteil an land- und forstwirtschaftlichen Flächen aus [3]. Abbildung 2 listet die Gemeinden auf und demonstriert, dass entweder land- oder forstwirtschaftliche Fläche (oder beide) höher als im Bundesland- bzw. im Österreich-Durchschnitt liegen. Neben den Ortsbildern prägen auch Daten zur Bevölkerung – die Demografie – die regionalen Gegebenheiten. Beinahe alle Gemeinden liegen in der Bevölkerungsdichte unter der Hälfte des Österreich-Schnitts, wengleich in den Altersgruppen prozentuell kein signifikanter Unterschied auftaucht [4]. Bereits vor dem Projekt wurde in allen Gemeinden ein mit Biomasse betriebenes Nah- oder Fernwärmesystem errichtet. Ein Hauptgrund für die Umsetzung liegt in der direkten Vermarktung von biogenen Reststoffen (z.B. Hackschnitzel und Pellets) aus der Region.

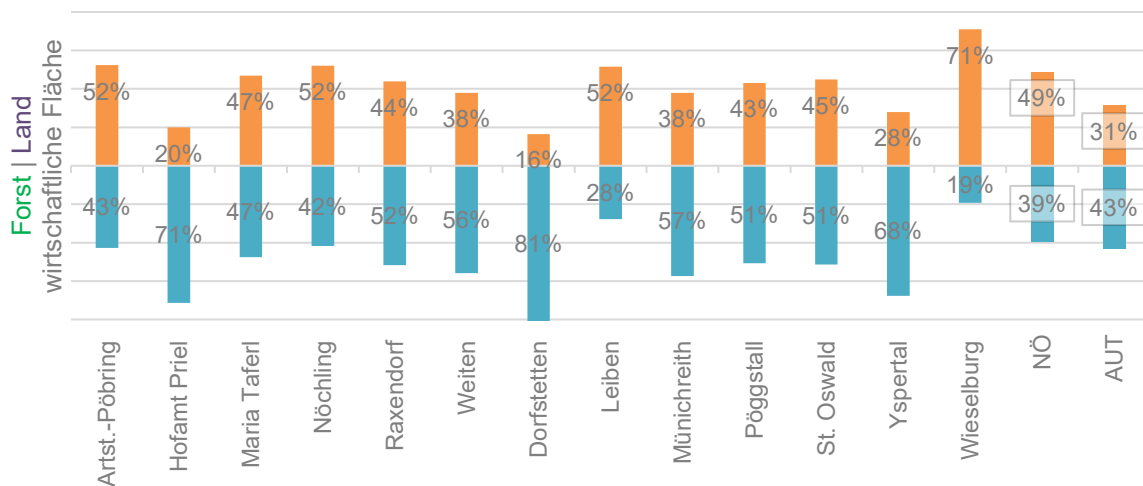


Abbildung 2: Land- und forstwirtschaftliche Flächen der Gemeinden im REaL Labor im Vergleich zum Bundesland (NÖ) und nationalen Schnitt (AUT) (Quelle: BEST GmbH)

Ein weiterer Aspekt der ländlichen Regionen zeigt sich durch den hohen Anteil an Pendler- und Transitverkehr (B36 und B216). Zukünftig muss die Elektrifizierung des (Individual-) Verkehrs und die Umrüstung auf Wasserstoff bei Schwertransport berücksichtigt werden. Abgelegene Marktgemeinden und Dörfer stehen dadurch zusätzlich unter Druck, für eine ausreichende und kostengünstige Energieversorgung und Netzstabilität zu sorgen. Ein Ansatz für diese Aufgabe besteht einerseits in einem massiven Ausbau von Hochspannungsnetzen, wobei die Abhängigkeit von äußeren Faktoren (Energieversorgungsunternehmen, Strom- oder Gasmarktpreise) nicht reduziert werden kann. Andererseits kann durch die Ausweitung von dezentralen Energietechnologien, wie PV, KWK-Anlagen, Wind- und Wasserkraft sowie Energiespeicher (Wärme, Strom, Wasserstoff) entgegengewirkt werden. Diese Technologien unterstützen direkt die Dekarbonisierung und erhöhen die lokale Systemeffizienz. Die notwendigen Flächen für diese Technologien sind durch die Land- und Forstwirtschaft geprägte Region zwar vorhanden, stehen aber in Konkurrenz zur Nahrungsmittelherstellung und unterliegen diversen regulatorischen Hindernissen in der Umsetzung (Natur-, Wasser-, Wildschutz, etc.).

4 Projektinhalt

Um die oben angeführten Ziele zu erreichen wurden vorab Arbeiten bezüglich der Potential- und Ist-Stands-Erhebung, sowie zu regionalen Zielsetzungen, der am Reallabor beteiligten Gemeinden durchgeführt. Außerdem wurden erste Konzepte zur Umsetzung von integrierten, regionalen, erneuerbaren Energiesystemen recherchiert und entwickelt.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeiten konnten Ableitungen und Schlussfolgerungen getroffen werden, welche die **Entwicklung von regionaltypischen Lösungen** (Kapitel 5.4) ermöglichte. Im Folgenden werden die einzelnen Aspekte genauer betrachtet.

4.1. Potential- und Ist-Stands-Erhebung

Um für die Region eine Potentialanalyse zu erstellen, ist es nötig den Ist-Stand zu erheben. Dafür wurde in den Gemeinden der KEM-Region südliches Waldviertel, sowie in Wieselburg-Land eine Online-Umfrage durchgeführt und (in manchen Gemeinden) zusätzlich ein Fragebogen ausgesendet, um auch Technik-averse Personen zu integrieren. Dabei wurden neben demographischen Daten, Wirtschaftssektoren (Privat, Unternehmen, Land- oder Forstwirtschaft, Industrie), Gebäudestandard und Energieverbrauch, bestehende oder interessierte Technologien sowie weitere Informationen zur Mobilität sowie dem Interesse an Klima- und Umweltschutz abgefragt. Zunächst wurde ein Fragebogen im Kernteam erstellt und abgestimmt und anschließend mittels Umfrage-Plattform (Lime Survey) digitalisiert. In dem Prozess der Erstellung wurden vielzählige Fragestellungen auf die relevantesten Daten und abgefragten Informationen reduziert. Das Endergebnis des Fragebogens ist im Anhang beigelegt.

Die Rücklaufquote lag unter einem Prozent (105 insgesamt, 81 per Online-Umfrage und 24 per Fragebogen). Die Ergebnisse weisen außerdem eventuell verzerrte Daten auf, da vorwiegend interessierte Personen den Fragebogen bzw. die Online-Umfrage ausfüllten, was bei der Analyse berücksichtigt werden muss.

Trotz der geringen Rücklaufzahlen der Fragebögen und der Online-Umfrage konnte dieser Prozess für die Konzeption des Reallabors genutzt werden. So half das Erstellen der Umfrage bei der Formulierung und Selektion der notwendigsten Daten und führte zum Entwurf des Konzepts für die Wissensplattform (Reallabor-Plattform). In diesem Konzept wird die Online-Umfrage in eine Plattform integriert, in der User*innen Daten eintragen und anschließend Ergebnisse zu optimalen Technologien und notwendigen Maßnahmen zur Verfügung gestellt bekommen (z.B. für Sanierung oder Neubau), sich an Finanzierungsprojekten in der Region beteiligen können oder sich an einer EEG beteiligen bzw. eine EEG gründen können. Somit wird in Zukunft die Datenerhebung deutlich erleichtert bzw. der Rücklauf der Umfrage erhöht.

4.2. Regionale Zielsetzungen

Die Kriterien zur regionalen Zielsetzung wurden am 28. Februar 2022 im Zuge einer Veranstaltung der Klima- und Energiemodell (KEM) Region – Südliches Waldviertel bestimmt. Zu diesem Anlass trafen

sich zwölf Gemeindevertreter*innen des südlichen Waldviertels, um diverse Themen zu besprechen und Zielsetzungen für die kommende Periode der KEM-Region zu definieren. Diese dienen als Basis für die regionalen Zielsetzungen in der betrachteten Region. Die aktive Mitarbeit der lokalen Gemeindevertreter*innen war dabei ein zentraler Baustein der Vorgehensweise.

4.3. Konzeptionierung der Rahmenbedingungen für ein Reallabor

Für die Entwicklung und spätere Umsetzung der regionaltypischen Lösungen wurden bereits in der Sondierungsphase diverse inhaltlich relevante Konzepte erarbeitet und recherchiert. Dazu zählen:

- Konzept für eine Planungs- und Betriebsmethodik von dezentralen Energiesystemen
Kriterien-Identifikation, welche den regionalen Zielsetzungen entsprechen
- Konzept für Finanzierungsmöglichkeiten
Recherche zu diversen Wirtschaftlichkeitskennzahlen und Finanzierungsmöglichkeiten von Projekten und EEGs
- Konzept zur Skalierbarkeit
Standardisierung der Vorgehensweise, v.a. bezüglich Potentialanalyse und Ist-Stands-Erhebung, optimierter Energie- und Sanierungsplanung von einzelnen Gebäuden und dezentralen Energiesystemen, sowie ganzheitlicher Betrieb der beteiligten Technologien
- Konzept zur Bevölkerungsintegration
Bevölkerungsintegration als notwendiges Instrument in der Energiewende angesehen, sowohl aktive Beteiligung, als auch Erhöhung der Akzeptanz und Bewusstseinsbildung

5 Ergebnisse

5.1. Potential- und Ist-Stands-Erhebung

Im Folgenden werden die wichtigsten Eckpunkte der Auswertung der ausgefüllten Fragebögen dargestellt.

Die demographischen Daten zeigen, dass vor allem Personen zwischen 30 und 60 Jahren an der Umfrage teilgenommen haben. Von den 89 online ausgefüllten Antworten, kamen 74 aus privaten Haushalten, 15 aus der Land- und Forstwirtschaft, sowie 1 Rückmeldung aus einem Betrieb.

Die folgende Abbildung zeigt die Altersstruktur, gekoppelt mit der zugehörigen Sparte, aus den Ergebnissen der Umfrage. Daneben ist eine Flächenverteilung der teilnehmenden REal-Gemeinden im Vergleich zu Niederösterreich und Österreich auf Basis von Daten des Bundesamts für Eichung und Vermessung aus dem Jahr 2015. Dabei zeigt sich, dass die Region vom Wirtschaftssektor der Land- und Forstwirtschaft geprägt ist und neben den privaten Haushalten in diesem Bereich das höchste Interesse an Maßnahmen zur Dekarbonisierung besteht. Die Industrie kann aufgrund der fehlenden Rückmeldungen nicht in die Auswertung mit einfließen.

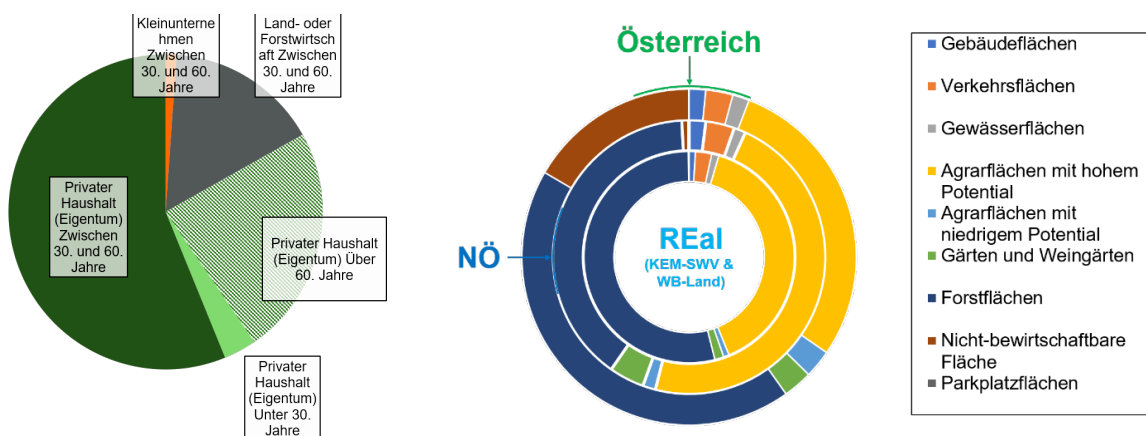


Abbildung 3: Altersstruktur und Sektorenverteilung (links) der durchgeführten Umfrage, Flächenverteilung in der REal-Region (rechts), verglichen mit der Flächenverteilung Niederösterreichs und Österreichs auf Basis von Daten des Bundesamts für Eichung und Vermessung (BEV) im Jahr 2015 [3] (erstellt von BEST GmbH)

Die Umfragedaten zeigen, dass bereits Haushalte in großer Zahl Sanierungsarbeiten durchgeführt haben. Hierbei dominieren der Fenstertausch, sowie die Dämmung der Obergeschoßdecke als auch Außenwand. Des Weiteren wurden der Bestand bzw. das Interesse von Erzeugungs- und Speicher-Technologien abgefragt (siehe Abbildung 4). Beim Bestand (orange) sind sowohl klassische, fossile Technologien (Einzelfeuerstätten, Heizölkessel), als auch erneuerbare Technologien (z.B. Photovoltaik und Solarthermieanlagen) vorherrschend. Interesse (grün) wird allerdings nur an erneuerbaren Technologien bekundet, allen voran Photovoltaik und Stromspeicher. Der geringe Schnitt von fossilen Heizsystemen gilt als eines der Hauptindizes, dass die Umfrage bzw. der Fragenbogen vorwiegend von Personen ausgefüllt wurden, die für Themen rund um Energie, Klima und Umweltschutz bereits sensibilisiert wurden.

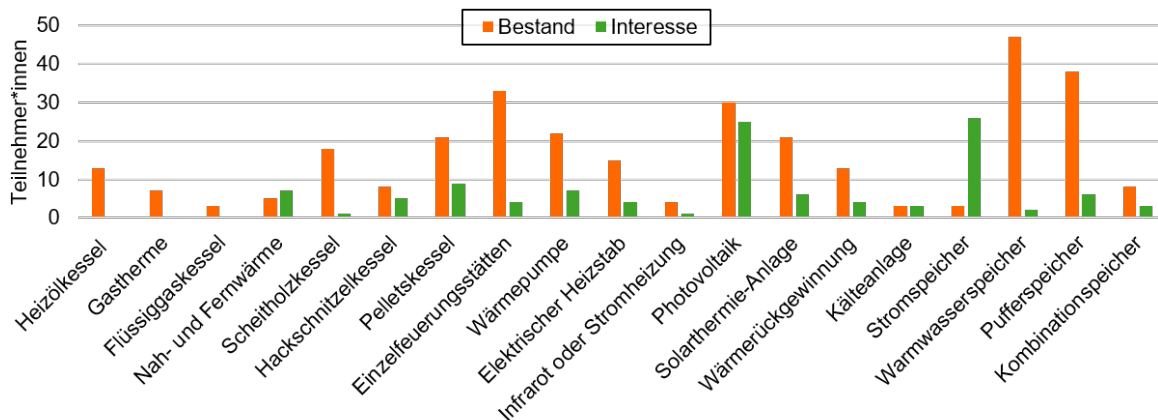


Abbildung 4: Bestand und Interesse von Erzeugungs- und Speichertechnologien aus der durchgeführten Umfrage (Quelle: BEST GmbH)

Beim Interesse an Maßnahmen für Klima- und Umweltschutz ist generell eine hohe Bereitschaft und Motivation erkennbar. Die größten Interessenangaben sind bei Erneuerbaren-Energiegemeinschaften und Mitfinanzierungsmöglichkeiten und die niedrigsten beim Anschluss oder der Gründung eines Nah- oder Fernwärmenetzes. Die Datenauswertung lässt vermuten, dass die (bereits sensibilisierte) Bevölkerung an einfachen und interaktiven Maßnahmen weit mehr interessiert ist.

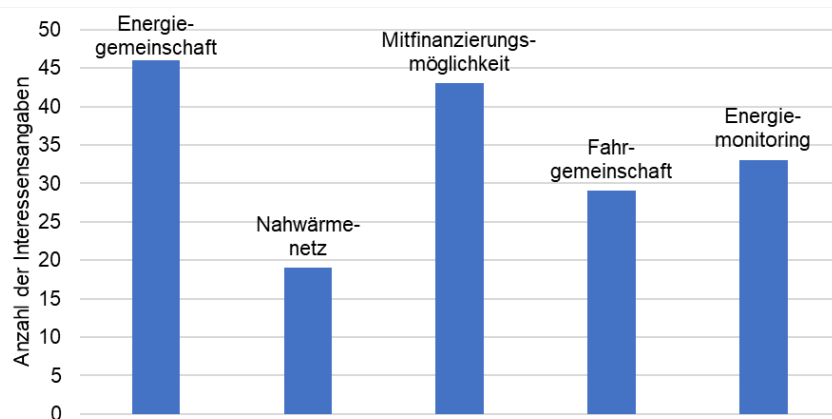


Abbildung 5: Interesse an Klima- und Umweltschutzthemen der durchgeführten Umfrage (BEST GmbH)

Die Angaben zur Mobilität zeigen, dass es in der Region ein hohes Aufkommen an fossil betriebenen Fahrzeugen gibt (siehe Abbildung 6, links), das deckungsgleich mit dem nationalen Schnitt ist [4]. Aber mit einer durchschnittlichen Anzahl von 1,64 Fahrzeuge pro Haushalt liegt die Region deutlich über dem nationalen Durchschnitt (1,27) [4]. Auch bei den durchschnittlich gefahrenen Fahrzeugkilometern sieht man das hohe Mobilitätsaufkommen und den Pendlerverkehr der Region mit durchschnittlich 16.600 km/a im Vergleich zum nationalen Durchschnitt von ca. 13.000 km/a [4]. Die hohe Anzahl an Verbrennungsmotoren (Diesel und Benzin) deutet daraufhin, dass auch sensibilisierte Personen nicht so schnell auf Hybrid- und Elektrofahrzeugen umsteigen können und die Mobilitätswende schwer zu realisieren scheint.

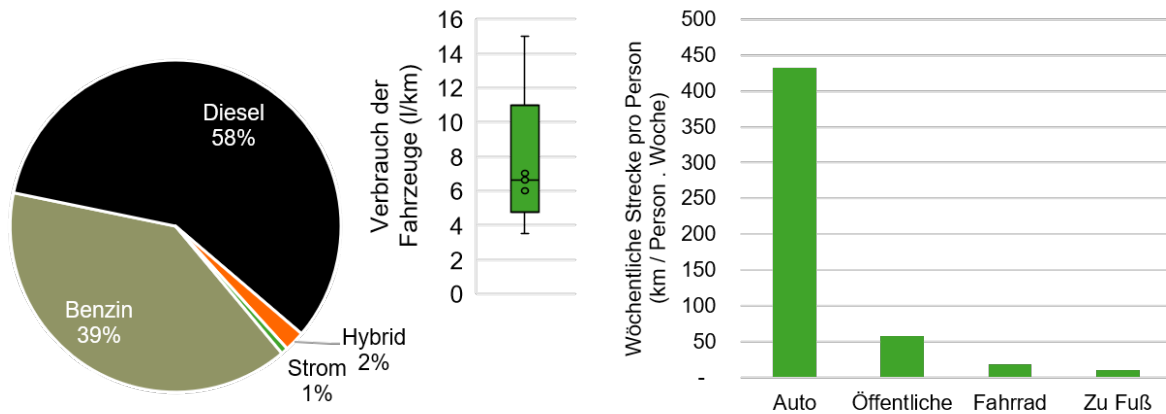


Abbildung 6: Ergebnisse zu Treibstoffart, -verbrauch und wöchentliche zurückgelegte Strecke pro Person der durchgeführten Umfrage (Quelle: BEST GmbH)

Diese aus der Umfrage generierten Erkenntnisse lassen folgende Schlussfolgerungen für das Projekt zu:

- Der Fokus des Reallabores REal wird auf dem Sektor der Land- und Forstwirtschaft sowie der privaten Haushalte liegen, auf Basis der vorherrschenden Flächenverteilung in der Region und den Umfrage-Auswertungen.
- Die Ergebnisse des Bestandes bzw. Interesses für erneuerbare Technologien, sowie des Interesses für Klima- und Umweltschutzmaßnahmen, allen voran von dezentralen Energienetzen, ist in der Region vorhanden. Allerdings ist es wichtig, die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung zu steigern, um das Interesse und die Motivation zur Teilnahme weiter zu wecken.
- Da im ländlichen Raum das private Auto den Transport dominiert, liegt großes Potential in einer Veränderung des Mobilitätssektor (neben Strom, Wärme und Kälte) in Richtung erneuerbare Technologien. Ein hohes Dekarbonisierungspotential ist durch die Nutzung von Elektro-Fahrzeugen bzw. Wasserstoff-betriebenen Transportern und Nutzfahrzeugen möglich.

5.2. Regionale Zielsetzungen

Die folgenden, für das Reallabor relevanten Zielsetzungen und Aspekte wurden im Workshop mit den Gemeindevertreter*innen definiert:

- Dekarbonisierung des Wärmesektors: Darunter fallen der Austausch von fossilen Heizsystemen in Haushalten und Modernisierungsmaßnahmen sowie Ausbau von Nah- und Fernwärme.
- Mobilitätswende: Die Integration von mehr Ladestationen und alternative Mobilitätskonzepte (Car-Sharing, E-Bikes, Bus mit Fahrradmöglichkeiten, Co-Working-Stations Vorort), um das Verkehrsaufkommen generell zu reduzieren.
- Erneuerbare Energieerzeugung: In den zwölf Regionsgemeinden gibt es weder eine Biogasanlage noch ein Windkraftwerk, jedoch existieren zahlreiche Photovoltaikanlagen (4,4 MW), Nahwärmanlagen (15 MW), Kleinwasserkraftwerke und Biomasseanlagen. Ein Ausbau aufgrund der steigenden Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätssektors berücksichtigt auch den Ausbau weiterer erneuerbarer Energiezeugung und Speichersysteme.
- Land- und Forstwirtschaft: Der Fokus der KEM-Region liegt vorwiegend auf der Direktvermarktung von land- und forstwirtschaftlichen Produkten. Die Flächenumwidmung zu

Kraftwerksparks erweist sich aufgrund von regulatorischen Hindernissen als sehr schwierig und wird auch auf Basis der Nicht-Ziele abgelehnt. Agri-PV oder -Windanlagen zur bivalenten Nutzung von Teilen der land- und forstwirtschaftlichen Flächen könnten eine Systemlösung darstellen.

- Energiemonitoring: Diverse Gemeinden haben bereits Messinstrumente bei kommunalen Anlagen und Gebäuden installiert, um den Energieverbrauch zu messen und sind bestrebt Lücken in den Energiedaten zu schließen. Dieses Monitoringsystem kann genutzt werden, um relevante Verbraucher zu identifizieren und Strom- oder Wärmelasten in einem dezentralen Energiesystem zu verschieben und regeln.

5.3. Konzeptionierung der Rahmenbedingungen für ein Reallabor

5.3.1. Planungs- und Betriebsmethodik

Unterschiedliche Simulations- und Optimierungsprogramme wurden für die Planung und Auslegung von dezentralen Energiesystemen recherchiert. Dabei wurden folgende Parameter als Kernelemente für die Selektion von bestehenden Planungstools herangezogen, um die beschriebenen regionalen Zielsetzungen zu erfüllen:

- Technologieportfolio (hohe Anzahl und variable Eigenschaften)
- Kosten- und CO₂-Optimierung in dezentralen Energiesystemen bzw. Planung optimaler Energietechnologie
- Berücksichtigung dynamischer Effekte
- Variable Komplexität vs. Simplifizierung (wie umfangreich und schnell sollen Ergebnisse berechnet bzw. dargestellt werden)
- Echtzeit-Optimierung von Anlagen in dezentralen Energiesystemen
- Lizenzfähigkeit und -kosten
- Grafische Benutzeroberfläche
- Modellierbarkeit und vorhandenes Know-How

Als ideale Optimierungsverfahren können lt. Literaturrecherche linear oder nicht-lineare gemischt-ganzzahlige Optimierungsvarianten angesehen werden. Dieses Verfahren hat sich u.a. in den Optimierungsansätzen von HOMER [5], PandaPlan [6], DER-CAM [7], Xendee [8] und OptEnGrid [9] durchgesetzt. Basierend auf dem o.g. Kriterienkatalog hat das Optimierungsprogramm OptEnGrid am besten abgeschnitten. Nachteilig ist zwar die fehlende Benutzeroberfläche, jedoch überzeugt OptEnGrid mit der Modellierbarkeit, einem vielseitigen Technologie-Portfolio, dem bestehenden Know-How im Konsortium, der Echtzeit-Optimierung für Anlagen und der Erweiterung/Reduktion an Komplexität (z.B. Optimierungsziel, dynamische Effekte, zeitliche Auflösung), die variabel eingesetzt werden kann – je nach betrachtetem Anwendungsfall. Für die Planungsmethodik erfüllt OptEnGrid folgende Kriterien:

- optimales Technologie-Portfolio (Wärmepumpe, PV, Wärme- und Stromspeicher, usw.) und dessen Kapazitäten sowie ein ganzheitlicher, sektorengekoppelter Betrieb der Technologien für einzelne Gebäude oder dezentrale Energiesysteme
- notwendige Sanierungsmaßnahmen zur Reduktion der Primärenergie und zur Realisierung des Technologie-Portfolios
- Kosten-, Energie-, und CO₂-Bilanzen der errechneten Maßnahmen und Technologien

Bei der Regelung bzw. der Echtzeit-Optimierung kann auf das Wissen und Know-How von laufenden oder abgeschlossenen Projekten zurückgegriffen werden. Dabei sind unterschiedliche Kriterien zu Echtzeit-Monitoring, Modellierung und Forecasting sowie ganzheitliche Optimierung erfüllt:

- **Datenerfassung und Automatisierung:** Die Kommunikation mit der Mess- und Regelungsinfrastruktur von Anlagen und physikalischen Größen in dezentralen Energiesystemen erfolgte über unterschiedliche Schnittstellen bzw. Protokolle. In vorhergehenden Forschungsprojekten wurden bereits Kommunikationsschnittstellen Modbus TCP, M-Bus, REST/JSON und FTP/CSV verwendet.
- **Modellierung und Forecasting:** Zur Umsetzung der adaptiven Systemregelung ist es von hoher Bedeutung, Prognosen über die Entwicklung von Last- und Erzeugungsprofilen für ein bis zwei Tage im Voraus zu generieren. Mit Machine Learning Ansätzen konnten Last- und Erzeugungsprofile mit Abweichungen unter 7% erreicht werden
- **Gesamtheitliche Systemregler durch MPC:** In einem Model Predictive Control (MPC) Ansatz werden die Forecasts und Modellierungen integriert und in einem vorgegebenen Zeitschritt (5 min) ein Optimierungsproblem für einen gewählten Vorhersagehorizont (z.B. 48 h) gelöst. So wurde bereits in einem dezentralen Energiesystem mit allen technischen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen ein mathematisches Modell definiert, optimale Sollwerte berechnet und zu Anlagen gesendet.
- **Visualisierung des Betriebs:** Über ein webbasiertes Visualisierungsprogramm konnten die Prognosen und der Echtzeitbetrieb für Teilnehmer*innen des dezentralen Energiesystems dargestellt werden.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über das finale Konzept für die Planungs- und Betriebsmethodik.

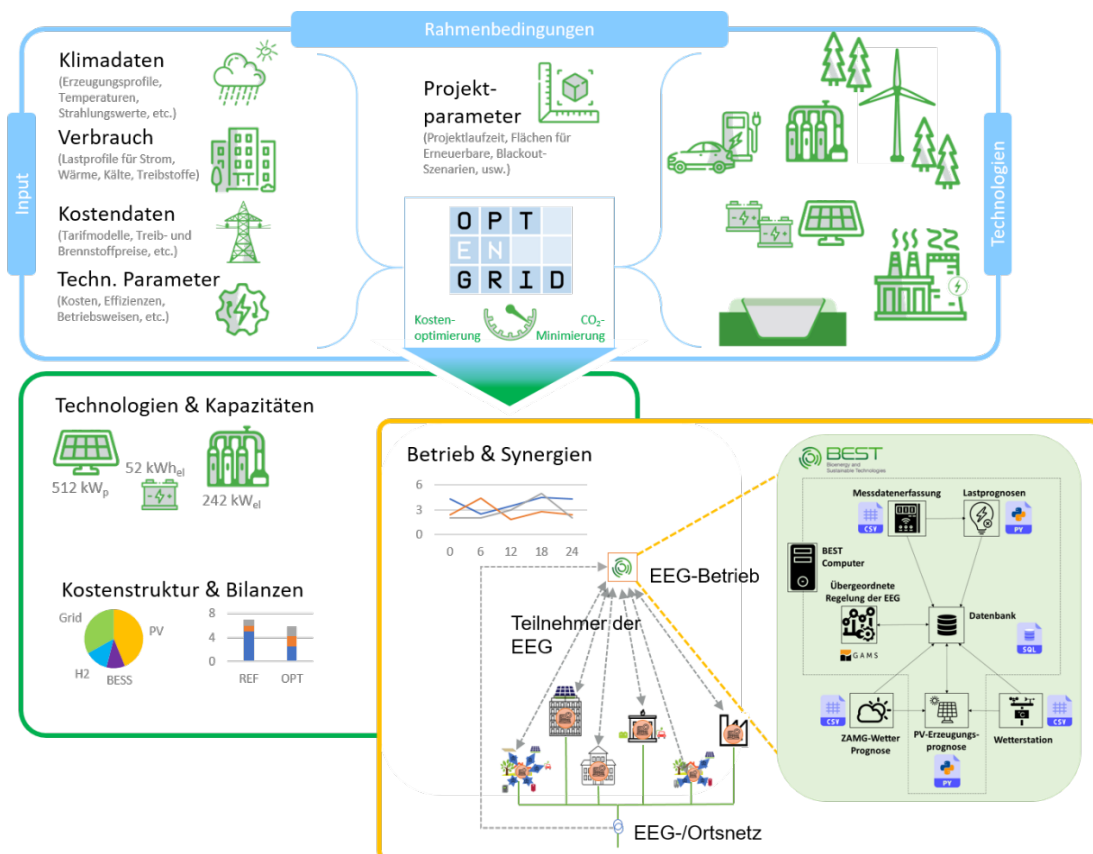


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Planungs- und Betriebsmethodik einer EEG (BEST GmbH)

5.3.2. Finanzierungsmöglichkeiten

Wirtschaftlichkeitsberechnung: Um über diverse Investitionen und Finanzierungen einen schnellen Überblick zu bekommen, wurden für das Reallabor geeignete wirtschaftliche Kennzahlen und deren Berechnung recherchiert. Diese sollen bei der Planung von Projekten berechnet und automatisiert ausgegeben werden. Dazu zählen der Return of Investment (ROI), die Amortisationsrechnung, der Levelized Cost of Energy (LCOE), die Internal Rate of Return (IRR), sowie der Debt Service Coverage Ratio (DSCR).

Ökologisierung der Wirtschaftlichkeit: Des Weiteren hat eine Literaturrecherche gezeigt, dass es im Zuge des Klimawandels zu einer Zunahme der Unwetter-bedingten Schäden kommt – sowohl wirtschaftlich, als auch humanitär und ökologisch. Die folgende Grafik gibt beispielhaft einen Überblick über die Zunahme der globalen Versicherungsschäden seit 1970. Des Weiteren geht der IPCC-Bericht davon aus, dass Extremwettersituationen signifikant zunehmen, was viele Risiken mit sich bringt – z.B. gesundheitliche Aspekte und Nahrungsknappheit durch Hitzewellen oder Starkniederschläge.

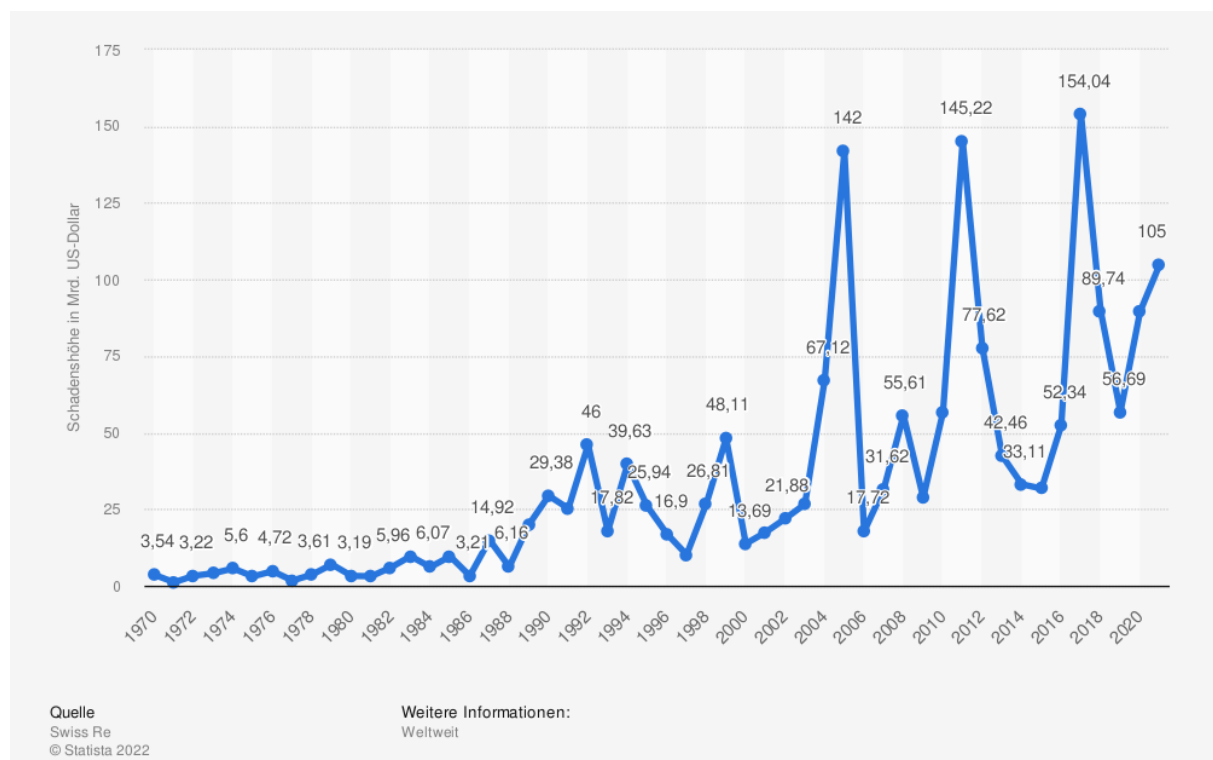


Abbildung 8: Weltweite Versicherungsschäden verursacht durch Naturkatastrophen von 1970 bis 2021 (in Milliarden US-Dollar) [10]

Diese Entwicklung soll bei der Beschreibung der Wirtschaftlichkeit von Projekten mitberücksichtigt werden. Um möglichst nachhaltige Projekte zu fördern, werden je nach Projekt die erwarteten CO₂-Emissionen bzw. Ersparnisse berechnet und in der Wissensplattform dem Projekt zugeordnet und ausgegeben.

Finanzierungsmöglichkeiten: Die bestehende Servicestelle des Klima- und Energiefonds der Österreichischen Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften gibt hier bereits eine gute Übersicht

zu diversen Möglichkeiten der Finanzierung für EEGs [11]. Die für das Reallabor REaL wichtigsten Kapitalformen sind Eigenkapital, Bankkredit, Leasing, Contracting, Sale- and Leaseback, Nachrangdarlehen, sowie Förderungen und sind je nach angedachten Einsatz nach deren Vor- und Nachteilen abzuwägen.

5.3.3. Skalierbarkeit und Bevölkerungsintegration

Um die Skalierbarkeit des hier angewendeten Konzepts zu garantieren, müssen folgende drei Forschungsinstrumente leicht auf andere Regionen umsetzbar sein:

1. Potentialanalyse bzw. Ist-Standerhebung der Region
2. Optimierte Energie- und Sanierungsplanung von einzelnen Gebäuden und dezentralen Energiesystemen
3. Ganzheitlicher Betrieb der beteiligten Technologien

Die drei Forschungsinstrumente münden in das Konzept der **Reallabor-Plattform** (siehe Kapitel 5.4.2).

Die lokale Bevölkerung zu integrieren, ist in vielerlei Hinsicht notwendig. Einerseits soll die Möglichkeit bei Projekten mitfinanzieren zu können, Akzeptanz, nachhaltiges Bewusstsein und lokale Wirtschaft fördern, und andererseits sollen Flexibilitätspotentiale ausgehend von der Bevölkerung entstehen, evaluiert und vermarktet werden. Die Bevölkerung soll daher jederzeit über interaktive Plattformen und Kanäle (**Reallabor-Plattform**, Social-Media, Gemeindezeitung) über aktuelle Projekte im Reallabor informiert werden bzw. aktiv daran teilnehmen können. Der Aufbau der geplanten Reallabor-Plattform wird daher als wesentlicher Bestandteil der regionaltypischen Lösung angesehen und wird im folgenden Kapitel genauer betrachtet.

5.4. Regionaltypische Lösungen und Konzept des Energy Farmings

Als zentrales Thema des Projekts gilt die Rollenentwicklung von Land- und Forstwirtschaften hin zu aktiveren Rollen in der Energiewende. Energiepflanzen, Reststoffe und konventionelle Windkraft auf Äckern können als erste Generation dieser Rollenentwicklung angesehen werden. Der nächste Schritt soll Agri-Solar und Windanlagen fokussieren, sodass der Anbau von Nahrungsmitteln und die Energieerzeugung sich nicht ausschließen müssen. Für diese Auswertung werden innovative Konzepte und Synergien überprüft. Im Kapitel 5.4.1 werden die im Zuge des Projekts erstellten Konzepte für die bivalente Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen vorgestellt.

Beginnend mit der Datenakquisition sieht das gesamtheitliche Konzept einen starken Fokus auf Automatisierung und Digitalisierung durch die Verknüpfung von Datenbanken vor. Ausgehend von den Daten muss in einem Reallabor die Möglichkeit bestehen, barrierefrei Energiekonzepte und Erneuerbare-Energiegemeinschaften (EEG) zu planen, in welchen diverse Aspekte (z.B. Sektorenkopplung, Flexibilitätspotentiale, etc.) mitberücksichtigt werden. Zur Steigerung der Systemeffizienz aller Energietechnologien sollen Energieströme aufgezeichnet und mit Machine Learning Ansätzen herangezogen werden, um einen optimal-ganzheitlichen Betrieb zu gewährleisten und Nutzer*innen über den Status des dezentralen Energiesystems zu informieren. Die lokale Bevölkerung zu integrieren, ist in vielerlei Hinsicht notwendig. Einerseits soll die Möglichkeit, bei Projekten mitfinanzieren zu können, Akzeptanz, nachhaltiges Bewusstsein und die lokale Wirtschaft fördern, und andererseits sollen Flexibilitätspotentiale ausgehend von der Bevölkerung entstehen, evaluiert und vermarktet

werden. Zusammengefasst bildet die Vernetzung aller Themenblöcke das Reallabor für integrierte regionale erneuerbare Energiesysteme, vergleichbar mit dem Keilriemen eines wissenschaftlichen Motors. So umfassend das REaL Labor scheint, beleuchtet es ein abgestimmtes Spektrum der Wissenschaft, um der Klimakrise entgegenzuwirken und Energiesysteme zu transformieren.

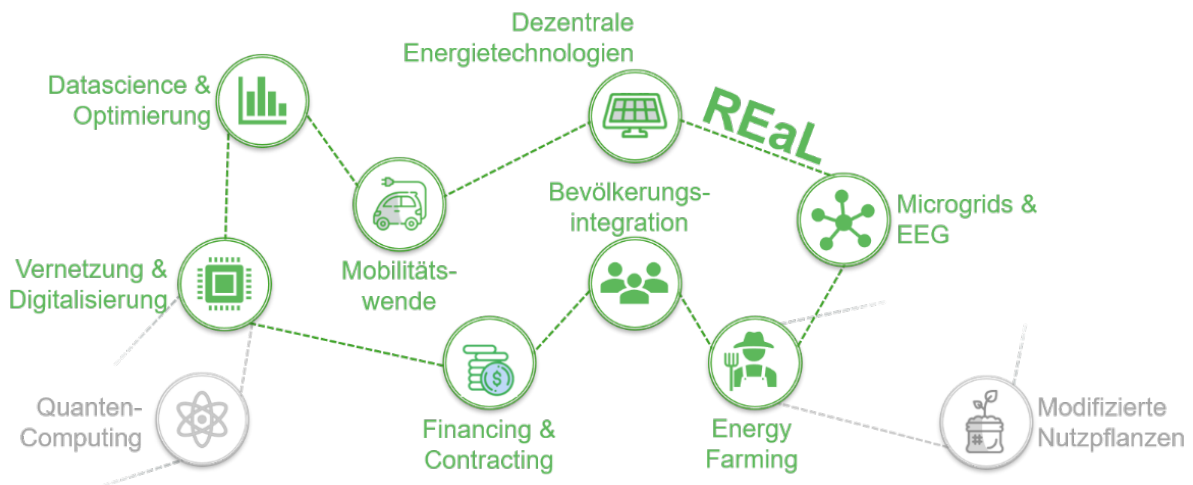


Abbildung 9: Regionaltypische Ansätze und Themenblöcke basierend auf der Energiekulisse, sowie die Vernetzung durch das REaL Labor als wissenschaftlicher „Keilriemen“ (Quelle: BEST GmbH)

5.4.1. Systemoptimierung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen

Erneuerbare Energien (EE) entwickelten sich in den letzten Jahrzehnten zu den kosteneffizientesten Erzeugungsanlagen [12]. Limitiert werden diese Technologien vorwiegend durch den Flächenbedarf, sowohl bei Solar- oder Windanlagen als auch beim Anbau von Nutzpflanzen. Die Integration auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen stößt seit jeher auf die ethische Fragestellung „Tank oder Teller“ mit dem Resultat, dass diese Flächen rein zur Lebensmittelproduktion und stattdessen Dach-, Fassaden- oder Parkplatzflächen für EE herangezogen werden. Diese Flächen machen gerade einmal 0,55 % der Gemeindeflächen im Reallabor aus [13]. Die energetische Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen muss in regionale Energieplanung involviert werden [1], allem voran durch die Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätssektors, wobei Konversions-, Speicher- und Transportverluste durch Wasserstofftechnologien und Energienetze mitberücksichtigt werden müssen.

Der Vorteil durch land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen spiegelt sich im Trend der Agri-PV Projekte in Österreich wider [1], in denen die Kernlösung „Plate & Power“ forciert wird und Flächen zur Lebensmittel- und Energieproduktion parallel genutzt werden. Das neue Konzept als Steigerung des Agri-PV, -Solarthermie und -Windprojekte demonstriert die Grafik unten und wird im Folgenden als Energy Farming bezeichnet. Regionaltypische Pflanzen (inklusive Heidelbeeren, Mohn, Weinstöcke) sollen im Reallabor betrachtet werden und sowohl konventionell als auch im „Energy Farming“ Ansatz angebaut werden. Im wissenschaftlichen Spektrum stellen sich diverse Fragestellungen, die für zukünftige Projekte im Energy Farming beantwortet werden müssen:

- Evaluierung der Massen-, Energie- und Kalorienbilanzen
- Analyse von Bodenproben zur Bestimmung der Biodiversität
- Adaptionen im Düngereinsatz und bei landwirtschaftlichen Maschinen

Über den Zeitraum einer Anbauperiode sollen Nebenprodukte gesammelt und in verschiedenen Methoden zur stofflichen und energetischen Nutzung in potentiellen kommunalen Systemen erprobt werden. Dazu zählen reale Analysen zu Verbrennungs-, Pyrolyse-, Gärungs- und P2Gas-Potentiale, die in der Testumgebung und mit den Kompetenzen der BEST GmbH erprobt werden soll. Für die Integration von innovativen und neuen EE dient das Reallabor u.a. als Testumgebung. Beispielsweise können innovative Windkraftanlagen, wie etwa Flugwindkraftwerke oder EWICON (Elektrostatische Windenergie Konverter) im L&F-Sektor evaluiert werden. Im solaren Bereich können semi-transparente Photovoltaik-Anlagen PVC-Kollektoren als Teilbeschattung für Nutzpflanzen dienen und Adaptionen zur Klimaerwärmung identifiziert werden. Innovative Speichersysteme können entweder direkt im Reallabor oder — aus Sicherheitsgründen — im Technikum der BEST GmbH in Wieselburg erprobt werden, z.B. Wasserstofftechnologien.

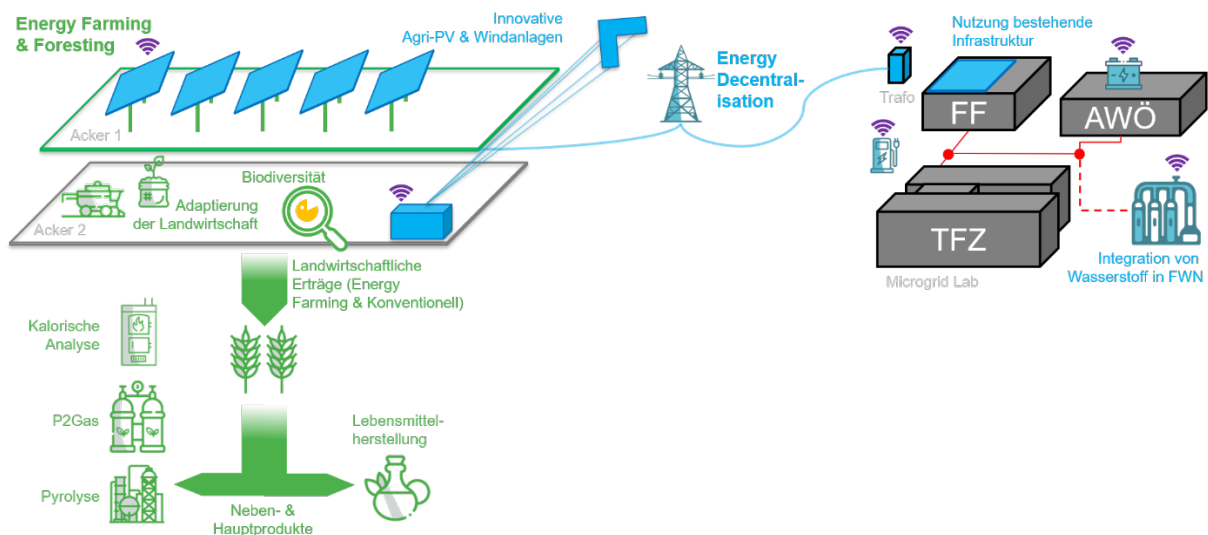


Abbildung 10: Visualisierte Konzeption des Energy Farmings (Quelle: BEST GmbH)

Für diesen Zweck werden EEG und FWN genutzt, um die Energie von den land- und forstwirtschaftlichen Flächen zu den Verbrauchern im Reallabor zu transferieren. Die Messung erfolgt sowohl über Smartmeter als auch mit höher-auflösenden Messinstrumenten, sodass die Energieerzeugung in dezentrale Energiesysteme integriert werden kann (siehe Kapitel 5.4.3).

5.4.2. Datenakquisition mittels Reallabor-Plattform

Im Sondierungsprojekt wurden Energiedaten von Haushalten, Land- und Forstwirten und Betrieben sowohl durch einen vierseitigen Fragebogen als auch durch eine Online-Umfrage erhoben (siehe Kapitel 4.1). Die Ergebnisse weisen nur teilweise aussagekräftige Daten auf, da vorwiegend interessierte Personen den Fragenbogen bzw. die Online-Umfrage ausfüllten. Dieser Umstand ist wenig überraschend, weil der Aufwand, Daten einzugeben und Fragen zu beantworten, keinen Nutzen für die auszufüllende Person mit sich brachte. Doch die Konzeption der Umfragen half in der Formulierung und Selektion der notwendigsten Daten und beim Entwurf des unten abgebildeten Konzepts. In diesem Konzept wird die Online-Umfrage in eine Reallabor-Plattform integriert, in der User*innen Daten eintragen und anschließend Ergebnisse zur optimalen Energie- und Sanierungsplanung bekommen, sich an Finanzierungsprojekten oder EEG in der Region beteiligen oder weitere EEGs gründen können. Durch diese Plattform wird der Fragebogen vernachlässigbar bzw. in

der Plattform integriert. Kapitel 5.4.4 zeigt soziale Aspekte, um Energie-relevante Themen an Personengruppen mit Technik-Aversionen heranzutragen und sie zu integrieren.

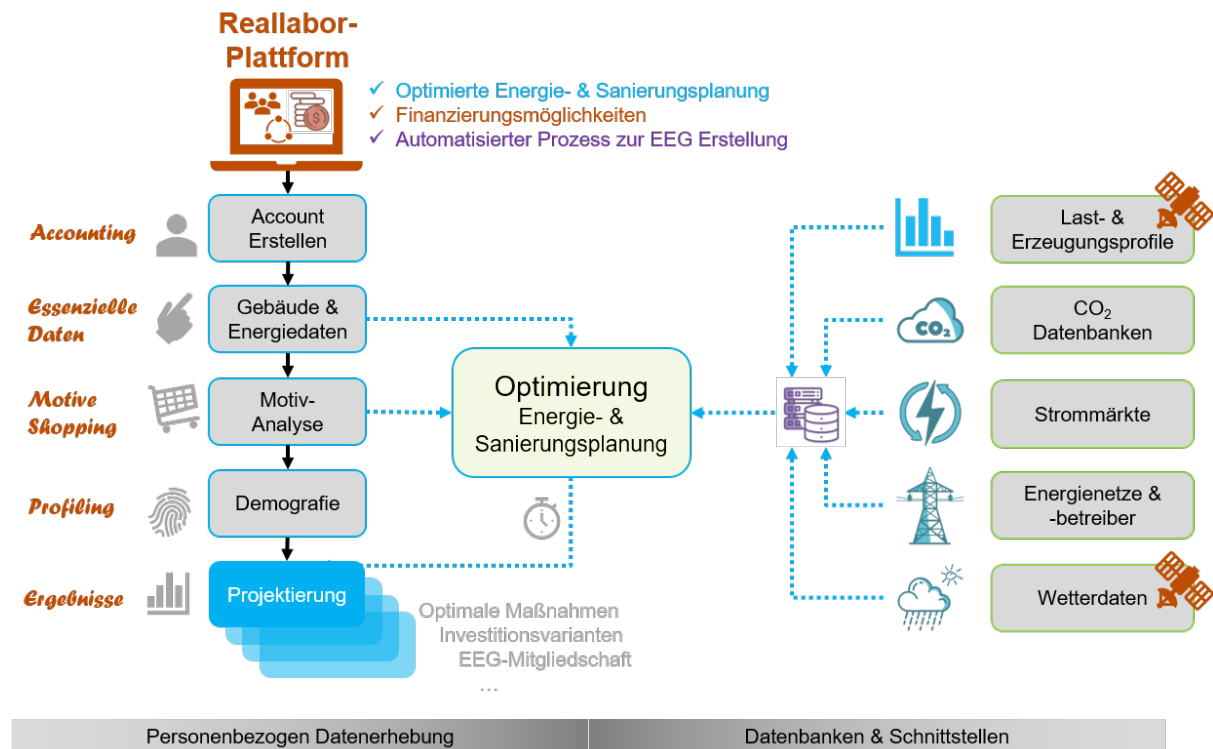


Abbildung 11: Konzept der Datenakquisition mithilfe von personenbezogener Datenerhebung, sowie Datenbanken, Schnittstellen und Satellitendaten (Quelle: BEST GmbH)

Accounting: In der konzipierten Reallabor-Plattform können User*innen einen Account auf der Plattform erstellen, wobei nach Anwendungsgruppen unterschieden wird z.B. Haushalt, Unternehmen, EEG-Gründer*in, Gemeinde, Finanzier, etc. Manche Anwendungsgruppen haben in der Reallabor-Plattform Zugriff auf mehrere Aktionen, z.B. können Privatpersonen oder Unternehmer*innen das eigene Gebäude optimieren und sich an Beteiligungsmöglichkeiten partizipieren. Für eine Fernwärme-, EEG- oder Gemeindebetrachtung muss eine Verifizierung des/der User*in stattfinden und es gibt komplexere Möglichkeiten, z.B. Segmentierung, Berücksichtigung von dynamischen Strommarktpreisen, Annahmen von Flexibilitätspotentialen etc. Die Bedienbarkeit zielt grundsätzlich auf technikaffine User*innen ab, aber eine Servicestelle zur Hilfestellung wird im Gesamtkonzept mitberücksichtigt, um die lokale Bevölkerung und Organisationen in der Projektierung und im Umgang mit der Reallabor-Plattform zu unterstützen (siehe Kapitel 5.4.4).

Datenakquisition: Wie die Grafik oben demonstriert, wird versucht, primär Datenbanken und Schnittstellen zu verwenden, um den Aufwand für die User*innen so gering wie möglich zu halten. Einige Daten von User*innen sind jedoch obligatorisch und müssen über die Reallabor-Plattform generiert werden. Für lokale Privatpersonen beinhaltet diese bspw. den Standort, bestehende Heizsysteme und Solaranlagen, Energieverbrauch, Gebäudestandard oder bereits erfolgte Sanierungsmaßnahmen. Schnittstellen zu Datenbanken liefern mit wenig Aufwand detaillierte Informationen zu derzeitigen Tarifen, bestehenden Energiesystemen (EEG, Fernwärme oder Smart- und Microgrid) in der Umgebung oder emittierte CO₂-Emissionen. Essentiell für Energie- und Sanierungsplanung sind stündliche Lastdaten für Strom- und Wärmeverbrauch, Erzeugungsprofile von volatilen EE und klimatische Bedingungen wie Außentemperatur, Windverhältnisse oder globale

Strahlung. Diese Daten sollen mit einer Schnittstelle zu Satellitendaten anhand des Standorts ermittelt und für die Optimierungsberechnung verwendet werden. Alle akquirierten Daten können anschließend für eine ganzheitliche Systemregelung herangezogen werden, sofern die entsprechende Messinfrastruktur implementiert wird (siehe Kapitel 5.4.3).

Motive- und Interessen: Für die Optimierungsberechnung in der Energie- und Sanierungsplanung sind Projektziele notwendig, um eine unvoreingenommene, technologie-neutrale Zielfunktion zu bestimmen. Aus diesem Grund werden im Planungsprozess Motive mit einem limitierten Punktesystem hinterfragt, um Prioritäten zu CO₂- und Kostenreduktionen zu hinterfragen. Im Zuge dessen können für Privatpersonen, Unternehmen oder Gemeindegebäude auch ökonomische, ökologische und soziale Interessen akquiriert werden, z.B. ob Interesse am Anschluss zu einem EEG, FWN oder SMG besteht.

Profiling: Während die Daten verarbeitet und Optimierungsberechnungen erstellt werden, können optional Fragen zu demografischen Daten (Geschlecht, Altersgruppen, Einkommen) beantwortet werden. Zum Beispiel können die Datensätze Klarheit darüber geben, wie öffentlich-präsent Förderungen in diversen Altersgruppen sind, welche Interessen in Sanierungsthemen ausschlaggebend sind oder wieviel ein Aspekt bei Frauen/Männern/Diverse eine bestimmte Technologie begünstigen oder verschlechtern (z.B. Innenluftqualität zu Kachelofen). Gemeinsam mit der Motivanalyse bieten die hieraus generierten Daten aus der Reallabor-Plattform Erkenntnisse u.a. für Fördergeber, Forschungsinstituten, Hersteller-Firmen. Auf Basis dieser Datensätze muss im Gesamtkonzept ein erhöhter Datenschutz berücksichtigt werden.

Durch die Standardisierung der optimierten Energie- und Sanierungsplanung wird eine nationale Skalierbarkeit gefördert. Die Projektierung durch User*innen aller Art (von Privatperson bis FWN-Betreiber*in) berücksichtigt diverse technische, ökonomische, ökologische und regulatorische Rahmenbedingungen und präsentiert den/der User*innen eine Vielzahl an Ergebnissen:

- optimales Technologie-Portfolio (Wärmepumpe, PV, Wärme- und Stromspeicher, usw.) und dessen Kapazitäten sowie ein ganzheitlicher, sektorgekoppelter Betrieb der Technologien für einzelne Gebäude oder dezentrale Energiesysteme
- notwendige Sanierungsmaßnahmen zur Reduktion der Primärenergie und zur Realisierung des Technologie-Portfolios
- Kosten-, Energie-, und CO₂-Bilanzen der errechneten Maßnahmen und Technologien
- Optionale Beteiligungsmöglichkeiten bei Gemeinschaftsprojekten von Betreiber*innen dezentraler Energiesysteme (EEG, FWN, SMG)
- Automatisierter Mitgliedschafts- oder Gründungsantrag einer EEG für Unternehmen, Privatpersonen oder Land- und Forstwirte

5.4.3. Digitalisierung und ganzheitlicher Systemregler

Sektorengekoppelte Energiesysteme mit einer Vielzahl an volatilen und erneuerbaren Erzeugungstechnologien, diversen Speichermedien und räumlich getrenntem Energiebedarf gehen einher mit einer Zunahme von Komplexität. Diese zukünftigen Energiesysteme benötigen eine sichere, ganzheitliche, kosteneffiziente und adaptive Systemarchitektur. Einerseits werden simple, digitale Prozesse benötigt, um Buchhaltung und Bearbeitungsprozesse für SMG, EEG oder interaktive FWN zu automatisieren. Andererseits werden Optimierungsalgorithmen, Modellierungen und adaptive

Prognosemodelle (Forecasting) benötigt, um den Betrieb von kommunalen Erzeugungs- und Speichertechnologien in einem dezentralen Energiesystem (z.B. Strom- oder Wärmespeicher, BHKW, Elektrolyseur, usw.) zu koordinieren und optimal betreiben zu können. Die Grafik unten gibt einen methodischen Überblick zu einer Systemarchitektur, die auf sich ändernde Rahmenbedingungen in Echtzeit reagiert und die Betriebsstrategie laufend hinsichtlich eines optimalen Betriebs anpasst.

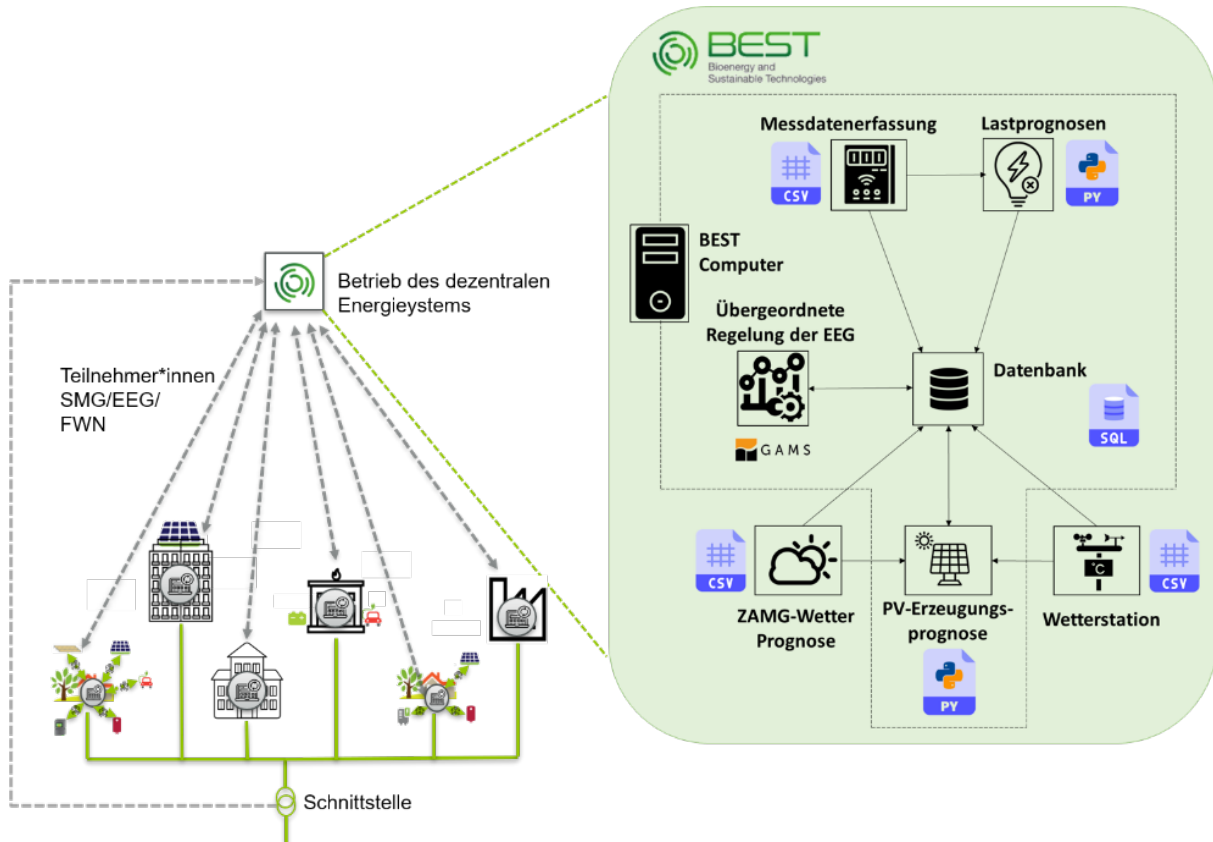


Abbildung 12: Konzept einer digitalen Systemarchitektur zur ganzheitlichen Regelung von kommunalen und einzelnen Anlagen (Quelle: BEST GmbH)

Der Ansatz der Digitalisierung und der optimal-ganzheitlichen Regelung stützt sich auf vier Kernelemente im Reallabor, die von der Buchhaltung über komplexe Optimierungsalgorithmen bis zu Ansteuerung von Anlagen und dezentralen Technologien reicht.

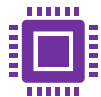


Datenerfassung und Automatisierung: Ein essentielles Kernelement der simplen und komplexen Digitalisierungsprozesse liegt in der Messung und Datenübertragung von Verbraucher und Anlagen. Während für simple Prozesse eine Messstation mit 15-Minuten Messintervallen (z.B. Smartmeter) genügt, wird für die Forecasting-Modelle, Modellierungen und einer optimalen, ganzheitlichen Regelung eine höhere Auflösung von Lastdaten benötigt. Um die Erfassung und Speicherung aller relevanter Energiedaten zu ermöglichen, muss ein Netzwerkplan für die Mess-, Regelungs- und Kommunikationsinfrastruktur innerhalb des zu betrachtenden Energiesystems implementiert werden. Dabei werden sämtliche Energietechnologien (z.B. PV, E-Ladestationen, Wärmepumpen, Pufferspeicher), Zähler, Sensoren, externe Dienste und deren Kommunikationsschnittstellen in das entsprechende IT-Netzwerk des dezentralen Energiesystems bzw. in das BEST-interne Monitoringsystem integriert (siehe Abbildung 12). Die Kommunikation mit der Mess- und Regelungsinfrastruktur erfolgt über unterschiedliche Schnittstellen

bzw. Protokolle. In vorangegangenen Forschungsprojekten wurden bereits Kommunikationsschnittstellen Modbus TCP, M-Bus, REST/JSON und FTP/CSV verwendet.



Modellierung und Forecasting: Zur Umsetzung der adaptiven Systemregelung ist es von hoher Bedeutung, Prognosen über die Entwicklung von Last- und Erzeugungsprofilen für ein bis zwei Tage im Voraus zu generieren. Vor jedem Optimierungslauf für einen MPC Regler (siehe unten) werden neue Prognosen erstellt, die auf den neuesten Informationen aus dem Energiesystem basieren. Für Forecasting Modelle stehen diverse Ansätze zur Wahl, z.B. Fast Fourier Transformation oder selbstlernende maschinelle Prognosealgorithmen (Machine Learning). In Vorprojekten zeigte sich, dass sich Last- und Erzeugungsprofile mit Machine Learning Ansätzen weit besser vorhersagen ließen und Abweichungen unter 7% erreicht wurden. Bei diesem Ansatz wird das Prognosemodul im ersten Schritt (Training) mit historischen Daten initialisiert, die im Echtzeitbetrieb durch neue Daten aktualisiert werden (Laufzeit). Wenn die Genauigkeit der Vorhersagen über einen längeren Zeitraum unter einen vordefinierten Schwellenwert fällt oder sich Rahmenbedingungen ändern (z.B. Änderung der Teilnehmer*innen einer EEG, Adaptionen der Energietechnologien), trainiert das Prognosemodul seine Modelle automatisch neu (Neu-Training) und wird durch neue historische Daten reinitialisiert. Dieser Ansatz lässt ein adaptives, sich veränderndes Energiesystem ohne großen Aufwand zu und kann für unterschiedlichste Profile, Technologien und Energieverbräuche eingesetzt werden.



Gesamtheitliche Systemregler durch MPC: Dabei basiert die Modellierung des SMG-Regler-Frameworks auf einer Modellprädiktiven Regelung, zumeist Model Predictive Control (MPC) genannt. Diese berechnet in jedem Zeitschritt (5 min) in Abhängigkeit von Eingangssignalen Sollwerte für einen Regelprozess, indem ein Optimierungsproblems für einen gewählten Vorhersagehorizont (z.B. 48h) gelöst wird. So wird ein dezentrales Energiesystem mit allen technischen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen in einem mathematischen Modell definiert und ein Projekt- oder Optimierungsziel, z.B. Energiekosten- oder CO₂-Minimierung, gewählt. Diese mathematische Modellierung ist nichts anderes als ein lineares, gemischt-ganzzahliges Gleichungssystem (engl. Mixed Integer Linear Programming - MILP), welches durch ein Berechnungsverfahren (z.B. Simplex-Verfahren mit CPLEX von IBM) gelöst wird.



Visualisierung für Lastverschiebung: Der Prozess der ganzheitlichen Optimierung und Regelung erlaubt Visualisierung von Messgrößen, Parametern und Vorhersagen zu Wetter-, Last- und Erzeugungsprofilen. Neben der Ansteuerung von Technologien (Wärmepumpen, Stromspeicher, etc.) soll auch die lokale Bevölkerung durch vorteilhaftes Benutzerverhalten in das dezentrale Energiesystem integriert werden, um Flexibilitätspotentiale und somit mehr erneuerbare Energie zu nutzen. Die Darstellung für Teilnehmer*innen kann durch mehrere Arten erfolgen. Beispielsweise kann eine Schnittstelle zur Reallabor-Plattform erstellt werden, die alle Informationen für die Bevölkerung zur Verfügung stellt und vollständige Transparenz zur regionalen Energiedeckung, emittierte CO₂ Emissionen, usw. liefert. Nachteilig an dieser Variante ist die geringe Alltagstauglichkeit, da Teilnehmer*innen stets die webbasierte Reallabor-Plattform aufrufen müssten. Viel einfacher ist eine simple Lichtquelle im Haus oder Betrieb, die signalisiert, ob energieintensive Verbraucher (Waschmaschine, E-Auto, etc.) gerade kosteneffizient und nachhaltig betrieben werden können.

In Bezug auf den ganzheitlichen Systemregler wurde bereits viel Vorarbeit (siehe Projekt Microgrid Lab) geleistet und ein funktionsfähiger ganzheitlicher Systemregler initialisiert. Dennoch ist eine

marktfähige Hard- und Softwarelösung für ganzheitliche Regelstrategien abhängig von weiterer Produktentwicklung und Programmadaptation. Bislang wurde der ganzheitliche Systemregler im Strom- und Mobilitätssektor zur Regelung eingesetzt, obwohl der thermische Sektor gemonitort aber nicht geregelt werden durfte. Im Forschungsumfeld des Reallabors soll die ganzheitliche MPC-Regelung auf weitere Technologien (Wärmepumpe, BHKW, Brennstoffzelle) und Energiesektoren (Wärme, Kälte, Wasserstoff) ausgeweitet werden, die entweder bereits bestehen oder noch implementiert werden. Eine Vielzahl an Modellierungen für die ganzheitliche Echtzeitregelung können von der Planungsoptimierung (siehe Kapitel 5.4.1) konzeptionell übernommen werden, müssen jedoch im realen Testumfeld erprobt, evaluiert und adaptiert werden.

5.4.4. Bevölkerungsintegration und Kommunikationsmodell

Studien demonstrieren positive Effekte, wenn die regionale Bevölkerung in die Energieraumplanung und in die Finanzierung der Technologien miteingebunden wird [14]. Nicht nur die Akzeptanz für großskalierte Projekte erneuerbarer Technologien (z.B. Wind-, Wasser- oder Großsolarkraftwerke) steigen dadurch, sondern auch große Investitionssummen können akquiriert werden, wodurch stetige Dividenden Regionen unabhängig machen und stärken. Aus diesem Grund stützt sich die Strategie des Reallabors zur Bevölkerungsintegration auf mehrere Säulen und wird von unterschiedlichen Akteuren, Organisationen und Instrumenten bedient. Das Konzept beinhaltet fünf Möglichkeiten, die Bevölkerung einzubinden:

- Energie- und Sanierungsplanung: Die Bevölkerung (Privatpersonen, Firmen, Land- oder Forstwirte) soll selbst oder durch einen Service des Reallabors eine optimierte Energie- und Sanierungsplanung des eigenen Gebäudes oder Grundstücks durchführen können. Somit werden Personen und Betriebe über Möglichkeiten zur Energie-, Kosten- und CO₂--Reduktion informiert und erhalten eine konzeptionelle Planung. Als wichtiges Instrument gilt eine Service- und Vertriebsstelle, die aktiv Kontakt zur regionalen Bevölkerung aufnimmt und bei der Umsetzung behilflich ist (Reallabor-Expert*innen).
- Integration regionaler Betriebe: Um die Wertschöpfungskette in der Region weiter zu stärken, sollen regionale Betriebe im Bau- und Heizung-Klima-Lüftung-Sanitär-Elektronik (HKLSE)-Bereich in die Reallabor-Plattform integriert werden, sodass konzeptionelle Energie- und Sanierungsplanungen unbürokratisch bearbeitet werden können.
- Beteiligungsmöglichkeiten: Sie stellen eine Option für (Micro-) Investoren dar, die Gelder in regionale erneuerbare Energietechnologien anlegen und zur Energietransformation beitragen möchten. Gleichzeitig bietet diese Beteiligung all jenen eine Chance, ihre Energie- und Sanierungsprojekte durch fehlende Finanzierung zu verwirklichen. Als leittragendes Instrument kommt hierbei die Reallabor-Plattform zum Einsatz.
- Öffentlichkeitsarbeit: Die Öffentlichkeitsarbeit spielt eine entscheidende Rolle bei der Förderung und Befürwortung der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen. Um das Bewusstsein in der Bevölkerung zu steigern und Fehlinformationen entgegen zu wirken, werden mit wissenschaftlicher Begleitung Projektergebnisse, Kosten-, Energie- und CO₂-Einsparungen von umgesetzten Projekten sowie deren Beteiligungsmöglichkeiten veröffentlicht. Darüber hinaus werden Beteiligungsmöglichkeiten von neuen Projekten veröffentlicht. Diverse Plattformen und Kanäle (z.B. Social Media Plattformen oder regionale Zeitungen) müssen genutzt werden, um unterschiedliche Demografien der Bevölkerung zu adressieren.

- **Flexibilitätspotentiale:** Eine im Projekt erstellte Optimierungsberechnung zeigte, dass genutzte Flexibilitäten im Strombedarf höhere Kapazitäten von erneuerbaren Technologien erlaubte (+ 10%) bei gleichzeitig geringeren Überschüssen und höheren Einsparungen. Um die Bevölkerung über den Energie- oder CO₂-Haushalt eines EEG oder Microgrids zu informieren, wird auf eine visuelle Leuchtquelle in Gebäuden gesetzt, die von der gesamtheitlichen Regelung berechnet und gesendet wird, siehe Kapitel 5.4.3. Für eine wissenschaftliche Begleitung sollen dazu in einem Reallabor verschiedene Anwendungen über einen Citizen-Science Ansatz getestet und erprobt werden, ob Flexibilitätspotentiale genutzt werden.

Die unten angeführte Grafik Abbildung 12 dient zur Übersicht, welche Akteur*innen bei welchen Tätigkeiten und Prozessen in der Bevölkerungsintegration involviert sind. Weiters wird dargestellt, ob eine direkte Kommunikation, ein Daten- und Informationsaustausch oder Kommunikation mittels sozialer Medien zwischen den Akteur*innen bestehen.

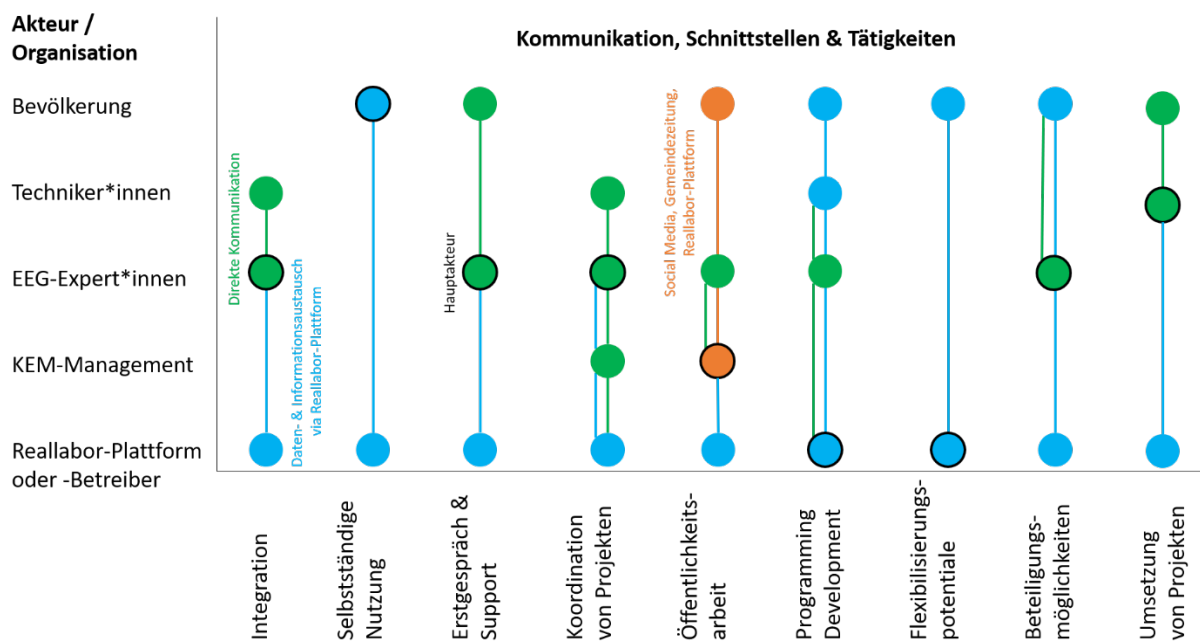


Abbildung 13: Konzept zur Bevölkerungsintegration, Kommunikationsdesign und Schnittstellen zwischen den Akteuren (Quelle: BEST GmbH)

Ein wichtiges Instrument zur Datenerhebung und Initialisierung von Projekten, Teilnahmen an EEG und Nutzung von realwirtschaftlicher Finanzierung stellt die Reallabor-Plattform dar. Sie bündelt die optimierte Energie- und Sanierungsplanung mit Beteiligungsmöglichkeiten für Gemeinschaftsanlagen oder Gebäudeoptimierungen. Anhand der Eingabe-Daten und automatisierter Datenakquisition werden notwendige Maßnahmen zur Energie-, Kosten- und CO₂-Reduktion und/oder auch optimale Energietechnologien konzeptionell errechnet und stehen der/dem User*in zur Verfügung. Die Ausführung eines konzeptionellen Berichtes ermöglicht die Kontaktaufnahme mit regionalen Planer*innen und/oder das Veröffentlichen des Vorhaben als Beteiligungsmöglichkeiten (z.B. Agri-PV als Gemeinschaftsanlage).

Die Plattform soll sowohl der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen als auch durch eine Servicestelle bedient werden. Geschulte Reallabor-Expert*innen stellen dazu den Vertrieb eines wirtschaftlich-orientierten Reallabors dar und unterstützen die Bevölkerung sowohl im Umgang mit der Initialisierung

von Projekten, EEG und Mitfinanzierungsmöglichkeiten. Weiters koordinieren sie Projekte auf übergemeindliche Ebene, integrieren regionale Planer*innen in die Reallabor-Plattform und geben Feedback zur optimierten Energie- und Sanierungsplanung.

Auf der nächsten Instanz agieren die Klima- und Modellregionen (KEM), indem sie Öffentlichkeitsarbeit leisten und die Projektübersicht über Gemeinschaftsanlagen sowie EEG- oder Microgrids-Gründungen in ihren zuständigen Gemeinden laufend aktuell halten. Dabei aktualisieren sie Projektziele, -ergebnisse und -fortschritte sowie Beteiligungsmöglichkeiten auf allen Plattformen (u.a. Wissen- und Finanzierungsplattform oder Social-Media-Kanäle).

6 Schlussfolgerungen

Das Gesamtkonzept umfasst eine vollständige energetische Betrachtung ausgehend vom Ansatz des Energy Farming, indem jegliche Energie- und Massenströme betrachtet werden. Acker- und Forstflächen erwirtschaften Lebensmittel-, Forst- und Energieerträge aber auch Nebenprodukte, die in kommunalen Verwertungssystemen (Verbrennungs-, Pyrolyse-, Gärungs- und P2Gas) analysiert und genutzt werden. Über dezentrale Energiesysteme (Erneuerbare Energiegemeinschaften, Nah- und Fernwärmenetze oder Smart- und Microgrids) kann thermische oder elektrische Energie u.a. von land- und forstwirtschaftlichen Flächen zu den regionalen Verbrauchern transferiert und in der Region getauscht werden. Die Planung dezentraler erneuerbarer Technologien und Einsparmaßnahmen wird durch eine optimierte Energie- und Sanierungsplanung konzipiert, sowohl für private und betriebliche Gebäude als auch für gemeinschaftliche Großprojekte. Innovative Technologien (z.B. Wasserstoff in FWN, Flugwindkraftwerke, teil-transparente PV-Anlagen) können im Reallabor oder im Forschungsumfeld der BEST GmbH erprobt und getestet werden. Für eine simple und zielgerechte Konzeptionsplanung für User*innen jeglicher Verwendungsgruppe (Privat, Betriebe, Contracter, etc.) dienen Schnittstellen zu öffentlichen Datenbanken, Satellitendaten oder im Hintergrund laufende Simulationsprogramme. Ein ganzheitlicher Betrieb eines dezentralen Energiesystems muss durch Digitalisierung und Optimierung forciert werden, wobei Daten aus der Energie- und Sanierungsplanung, Messdaten und Forecast-Modelle mittels Machine Learning Ansatz verwendet werden. Ein holistischer Systemregler ermittelt mit einem prädiktiven Regelalgorithmus den optimalen Einsatz von Energietechnologien, relevante Verbraucher und das ideale Benutzer*innenverhalten, wobei zwei Varianten Einfluss auf das dezentrale Energiesystem haben. Einerseits werden optimale Sollwerte an Anlagen durch bestehende Kommunikationskanäle gesendet und andererseits wird durch simple Lichtquellen in Gebäuden Teilnehmer*innen signalisiert, wann ein guter Zeitpunkt zum Energieverbrauch oder -sparen ist. Für 100% Erneuerbare steht die Bevölkerung im Vordergrund, um im eigenen Wirkungsbereich erneuerbare Technologien und Sanierungsprojekte voranzutreiben, Beteiligungsmöglichkeiten von größeren Projekten zu nutzen und sich dezentralen Energiesystemen anzuschließen. Schlussendlich bildet das Fundament der Bevölkerungsintegration unterschiedlichen Akteur*innen bestehend aus Planer*innen, Organisationen, ausgebildeten Expert*innen und Betreiber*innen einer Reallabor-Plattform.

7 Ausblick und Empfehlungen

Da dieses Konzept großes Potential für ein Demonstrationsvorhaben birgt, wird dieses in der FFG-Ausschreibung zu Energiewende-Reallaboren als Forschungsprojekt eingereicht.

Das Potential wird vor allem in folgenden Punkten gesehen:

- Ausbau dezentraler erneuerbarer Energienetze im ländlichen Raum unter Miteinbeziehung der lokalen Stakeholder und Bevölkerung, inklusive deren optimierter Planung, Implementierung und Betrieb
- Sanierungspotentiale erkennen und umsetzen
- Reallabor-Plattform für universellen Zugang zu Projekten inkl. Beteiligungsoptionen
- Einfache Skalierbarkeit und damit Ausrollung auf andere österreichische Region im ländlichen Raum

Dabei ergeben sich folgenden Herausforderungen und Risiken, die es in einem Folgeprojekt zu berücksichtigen gibt:

- Bevölkerungsintegration in einem umfangreichen Ausmaß, um Akzeptanz, Bewusstseinsbildung und aktive Mitarbeit der Bevölkerung zu gewährleisten
- Ganzheitlicher und standardisierter Umgang mit einer großen Menge an Daten
- Umsetzung von realen Optimierungsverfahren inkl. der Installation und dem optimierten Betrieb Erneuerbarer Energietechnologien
- Regulatorische Rahmenbedingungen für einen optimierten Betrieb von dezentralen erneuerbaren Energiesystemen

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Kernaspekte des REaL Projektes | 10 |
| Abbildung 2: Land- und forstwirtschaftliche Flächen der Gemeinden im REaL Labor für integrierte regionale und erneuerbare Energiesysteme im Vergleich zum Bundesland (NÖ) und nationalen Schnitt (AUT) | 11 |
| Abbildung 3: Altersstruktur und Sektorenverteilung (links) der durchgeführten Umfrage, Flächenverteilung in der REaL-Region (rechts), verglichen mit der Flächenverteilung Niederösterreichs und Österreichs auf Basis von Daten des Bundesamts für Eichung und Vermessung (BEV) im Jahr 2015 [3] | 14 |
| Abbildung 4: Bestand und Interesse von Erzeugungs- und Speichertechnologien aus der durchgeführten Umfrage | 15 |
| Abbildung 5: Interesse an Klima- und Umweltschutzthemen der durchgeführten Umfrage | 15 |
| Abbildung 6: Ergebnisse zu Treibstoffart, -verbrauch und wöchentliche zurückgelegte Strecke pro Person der durchgeführten Umfrage | 16 |
| Abbildung 7: Schematische Darstellung der Planungs- und Betriebsmethodik einer EEG | 18 |
| Abbildung 8: Weltweite Versicherungsschäden verursacht durch Naturkatastrophen von 1970 bis 2021 (in Milliarden US-Dollar) [10] | 19 |
| Abbildung 9: Regionaltypische Ansätze und Themenblöcke basierend auf der Energiekulisse, sowie die Vernetzung durch das REaL Labor als wissenschaftlicher „Keilriemen“ | 21 |
| Abbildung 10: Visualisierte Konzeption des Energy Farmings | 22 |
| Abbildung 11: Konzept der Datenakquisition mithilfe von personenbezogener Datenerhebung, sowie Datenbanken, Schnittstellen und Satellitendaten | 23 |
| Abbildung 12: Konzept einer digitalen Systemarchitektur zur ganzheitlichen Regelung von kommunalen und einzelnen Anlagen..... | 25 |
| Abbildung 13: Konzept zur Bevölkerungsintegration, Kommunikationsdesign und Schnittstellen zwischen den Akteuren | 28 |

Literaturverzeichnis

- [1] Photovoltaik Austria: Photovoltaik-Nutzung in der Landwirtschaft. Wien. 2020
- [2] BEST (2021) Microgrid Forschungslabor Wieselburg; Projektvideo; https://best-research.eu/content/de/kompetenzbereiche/microgrids/microgrid_forschungslabor_wieselburg (abgerufen am 22.11.2022, 14:00)
- [3] BEV (2015) Nationale Flächenanteile; Datenstand 2015; Bundesamt für Eichung und Vermessung
- [4] Statistik Austria: <https://www.statistik.at/> (Zugriff am 17.11.2022, 10:30)
- [5] <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html#> (abgerufen am 23.11.2022, 15:25)
- [6] <https://www.iee.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/netzplanung-und-netzbetrieb/netzstudien/pandaplan.html> (abgerufen am 23.11.2022, 11:15)
- [7] <https://gridintegration.lbl.gov/der-cam> (abgerufen am 23.11.2022, 13:00)
- [8] <https://xendee.com/> (abgerufen am 23.11.2022, 14:40)
- [9] Cosic A., Oberbauer Ch., Liedtke P., Stadler M., Zellinger M., Mansoor M., Gerards B., Poier H., Steinlechner M., Ayoub T. Mühlmann T.: OptEnGrid – Optimal integration of heat, electricity and gas systems to increase efficiency and reliability. Final report. Energy Research Program – 3rd Call, Wien. 2021.
- [10] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/241142/umfrage/versicherungsschaeden-von-naturkatastrophen-weltweit/> (abgerufen am 24.11.2022, 15:30)
- [11] <https://energiegemeinschaften.gv.at/downloads/finanzierung-erneuerbarer-energie-gemeinschaften/> (abgerufen am 23.11.2022, 9:45)
- [12] IRENA: Renewable Power Generation Costs in 2021; International Renewable Energy Agency; Abu Dhabi. 2022.
- [13] BMVIT: Photovoltaik in Gebäuden; IEA Task 7; Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Wien. 2003.
- [14] Photovoltaik Austria: Photovoltaik in der Landschaft; Planungsleitlinie für PV-Freiflächenanlagen mit Weitsicht für Umwelt und Raum. 2022

9 Anhang



Fragebogen zur Energiedatenerhebung und Potentialanalyse

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir durchleben gerade turbulente Zeiten und bekommen die Auswirkungen der Abhängigkeit von fossilen Energieimporten auf dramatische Weise zu spüren. Ihre Gemeinde hat im Vorfeld ein Forschungsprojekt mitinitiiert, um erneuerbare, nachhaltige und dezentrale Energietechnologien in der Region zu forcieren. Für diesen Zweck brauchen wir ihre Unterstützung! Mit diesem Fragebogen wirken Sie als Privatperson, Landwirt*innen oder Betriebsinhaber*innen aktiv mit, um den Energiehaushalt der Gemeinde und mögliche Potentiale zu erheben. Der Fragebogen richtet sich an Ihr Wohn- oder Betriebsgebäude und dessen Energieverbrauch, Ihre Mobilität und möglichen Initiativen in der Gemeinde. Bitte nehmen Sie sich zu Hause 10 bis 15 Minuten Zeit für den Fragebogen und senden Sie ihn mit dem vorfrankierten Umschlag zurück oder verwenden Sie die Online-Variante via QR-Code.

Vielen Dank fürs Mitmachen!

Wie ist Ihre Postleitzahl? _____

In welchen Lebensabschnitt befinden Sie sich?

- Unter 30. Zwischen 30. und 60. Über 60.



Welche Nutzung hat das betrachtete Gebäude?

| | | |
|------------------------------|--------------------------|---|
| Privater Haushalt (Eigentum) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Hauptwohnsitz <input type="checkbox"/> Einfamilienhaus <input type="checkbox"/> Nebenwohnsitz <input type="checkbox"/> Mehrfamilienhaus Anzahl der Personen: _____ |
| Privater Haushalt (Miete) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Hauptwohnsitz <input type="checkbox"/> Einfamilienhaus <input type="checkbox"/> Nebenwohnsitz <input type="checkbox"/> Mehrfamilienhaus Anzahl der Personen: _____ |
| Kleinunternehmen | <input type="checkbox"/> | |
| Mittel bis Großunternehmen | <input type="checkbox"/> | |
| Land- oder Forstwirtschaft | <input type="checkbox"/> | |

Beheizte Nutzfläche des Gebäudes (ca.): _____ (m²)

Ist ein Energieausweis für das Gebäude vorhanden?

- Ja Wie hoch ist die Energiekennzahl (EKZ): _____ (kWh/m²a)
- Nein: Wann wurde das Gebäude errichtet (Baujahr)? (Mehrfachnennung möglich)
- vor 1950 1950 – 1960 1961 – 1970
 1971 – 1980 1981 – 1990 1991 – 2000
 2001 – 2011 ab 2011

und welche Bauweise hat das Gebäude und welche Baumaterialien wurden für die Außenwände vorwiegend benutzt? (Mehrfachnennung möglich)

- Massiv Mischbauweise Leichtbauweise
 Ziegel (_____ cm) Massivholz Holzriegel
 Andere Bauweise bzw. -materialien: _____



Welche thermischen Maßnahmen sind im Gebäude bereits vorhanden oder in Planung?
Wann werden die geplanten Maßnahmen in etwa fertiggestellt sein? (Mehrfachnennung möglich)

| Maßnahmen | Bestand: | Planung (Jahr): |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|
| Außenwand-Dämmung | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Zwei- oder dreifach verglaste Fenster | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Gedämmte Obergeschoßdecke | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Gedämmtes Dach | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Gedämmte Kellerdecke | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Heizsystem auf Fußboden- od. Wandheizung | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| Wärmerückgewinnung durch Wohnraumlüftung (WRL) | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Ja (____) |
| <input type="checkbox"/> Sonstige geplante Maßnahmen: _____ | | |

Stehen Technik- und Lagerräume für Technologien im Gebäude zur Verfügung und wenn ja, wie groß sind diese? (grobe Abschätzung genügt)

| | | |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|
| Technikraum vorhanden (z.B. für Stromspeicher) | <input type="checkbox"/> Ja | Fläche (ca.): _____ (m ²) |
| Lagerraum vorhanden (z.B. für Pelletstank) | <input type="checkbox"/> Ja | Fläche (ca.): _____ (m ²) |

Sind (noch) Dach- oder Fassadenflächen für Solaranlagen vorhanden? (Eine grobe Abschätzung genügt und Hilfestellungen finden Sie in den Fußnoten)

| Flächen für Solaranlagen | Fläche (ca. m ²) | Neigung (F/N/S) ¹ | Ausrichtung (S/W/O) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Dachfläche 1: | | | |
| Dachfläche 2: | | | |
| Fassadenfläche: | | | |
| Freifläche: | | | |

Wie wird Wärme (oder auch Kälte) im Gebäude abgeben? (Mehrfachnennung möglich)

| | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Heizkörper | <input type="checkbox"/> Elektrospeicherofen |
| <input type="checkbox"/> Niedertemperatur (z.B. Fußbodenheizung) | <input type="checkbox"/> Wohnraumlüftung |
| <input type="checkbox"/> Kachelofen | <input type="checkbox"/> Bauteilaktivierung |
| <input type="checkbox"/> Kaminofen | <input type="checkbox"/> Sonstiges |

Wie viel Strom wird jährlich benötigt?² (grobe Abschätzung genügt)

Strombezug vom Netz (ca.): _____ (kWh) | Ja, Smartmeter vorhanden

¹ F = Flache Neigung (z.B. Flachdach 0° und 20°) | N = Normal (20° bis 40°) | S = Steil (über 40°)

² Am besten sehen Sie in der Stromabrechnung und in den Gemeindeabgaben nach.

Welche Technologien existieren bereits im Gebäude (E) und wann wurden sie errichtet? Für welche Technologien besteht ein Interesse (I)? Wie hoch liegt ca. der Verbrauch bzw. wie viel wird erzeugt und welche Leistung besitzen die Technologien?

| Status | Technologie | Jährlicher Verbrauch bzw. Erzeugung | Leistung |
|---|---|-------------------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Heizölkessel | Liter | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Gastherme | m ³ | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Flüssiggaskessel | kg | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Nah- & Fernwärme | kWh _{th} | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Scheitholzessel <input type="checkbox"/> Halb-Automatisch <input type="checkbox"/> Manuell | Srm ³ | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Hackschnitzelkessel | Srm | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Pelletsessel | kg | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Einzelfeuerungsstätten ⁴ <input type="checkbox"/> Heizung <input type="checkbox"/> WW ⁵ | Srm kg | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Wärmepumpe <input type="checkbox"/> WW <input type="checkbox"/> Außenluft <input type="checkbox"/> Heizung <input type="checkbox"/> Erdreich <input type="checkbox"/> Kühlung <input type="checkbox"/> Grundwasser | kWh _{el} | kW _{th} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Elektrischer Heizstab <input type="checkbox"/> WW <input type="checkbox"/> Heizung | kWh _{el} | kW _{el} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Infrarot oder Stromheizung | kWh _{el} | kW _{el} |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Photovoltaik <input type="checkbox"/> Volleinspeiser <input type="checkbox"/> Überschusseinspeiser | kWh _{el} | kW _p |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Solarthermie-Anlage <input type="checkbox"/> WW <input type="checkbox"/> Heizung | kWh _{th} | m ² |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung | | m ³ /h |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Kälteanlage <input type="checkbox"/> Kühlung <input type="checkbox"/> Heizung | kWh _{el} | kW _{el} |

| Status | Speichermedien | Kapazität oder Volumen |
|---|---------------------------------------|------------------------|
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Stromspeicher | kWh |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Warmwasserspeicher (WW) | Liter |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Pufferspeicher ⁶ (Heizung) | Liter |
| <input type="checkbox"/> E () <input type="checkbox"/> I | Kombination (Heizung+WW) | Liter |

³ Srm = Schüttraummeter

⁴ Zu Einzelfeuerungsstätten gehören Kamin- und Kachelöfen, Tischherd, usw. Die Wärmemenge kann auch in Kilogramm (z.B. für Briketts, Pellets) angegeben werden. Bitte die falsche Einheit durchstreichen (z.B. ~~Srm~~).

⁵ WW = Warmwasser

⁶ Diese Technologie speichert Heizwärme von Solaranlagen, etc. und wird auch als „Boiler“ bezeichnet.

Wieviele Fahrzeuge (oder für Betriebe: Fahrzeugtypen) befinden sich in Verwendung und wie werden diese angetrieben? Wie hoch ist der durchschnittliche Verbrauch und wie viele Kilometer fährt man damit im Jahr?

| Fahrzeug | Fahrzeug 1 | Fahrzeug 2 | Fahrzeug 3 | Fahrzeug 4 |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Diesel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Benzin | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Elektro | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hybrid | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verbrauch (Liter oder kWh pro 100km) | | | | |
| Jahreskilometer (km) | | | | |

Wieviele Kilometer legen die Personen in Ihrem Haushalt wöchentlich zurück?

| Person im Haushalt | Entfernung mit jeweiligem Verkehrsmittel (ca. km) | | | |
|--------------------|---|------------|---------|--------|
| | Fahrzeug | Öffentlich | Fahrrad | Zu Fuß |
| Person 1 | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Person 2 | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Person 3 | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Person 4 | _____ | _____ | _____ | _____ |

Welche Motivation zum Klima- und Umweltschutz sowie Energieunabhängigkeit besteht?

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Ja | Interesse an einer Fernwärmeanschluss bzw. -zusammenschluss? |
| <input type="checkbox"/> Ja | Interesse an Energiegemeinschaften ⁷ ? (<input type="checkbox"/> Ja, sind mir bereits ein Begriff) |
| <input type="checkbox"/> Ja | Interesse an Mitfinanzierungsmöglichkeiten bei größeren Energieprojekten oder Gemeinschaftsanlagen? (Bürgerbeteiligungsaktionen oder Crowdfunding) |
| <input type="checkbox"/> Ja | Interesse an Fahrgemeinschaften? |
| <input type="checkbox"/> Ja | Interesse an Echtzeit-Monitoring für den eigenen Verbrauch bzw. die Erzeugung? |

Nur für Betriebe: Gibt es relevante und zeitlich-verschiebbare Stromverbraucher? Wenn ja, welche Leistungen haben sie, wie viel Strom wird gebraucht, wie lange könne man sie zeitlich verschieben und welchen minimalen Teillastbereich haben sie?

| Beschreibung | Verbraucher 1 | Verbraucher 2 | Verbraucher 3 | Verbraucher 4 |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Leistung (ca. kW) | | | | |
| Energie (ca kWh) | | | | |
| Verschiebbarkeit (ca. h) | | | | |
| Min. Teillastbereich (%) | | | | |

Vielen Dank, dass Sie sich Zeit für die Beantwortung des Fragebogens genommen haben. Sie tragen wesentlich dazu bei, das Klima und die Umwelt zu schützen.

Mit besten Grüßen, Ihr Kompetenzzentrum für Bioenergie und nachhaltige Technologien!
(Bioenergy and Sustainable Technologies - BEST GmbH)

⁷ Weitere Informationen zu Energiegemeinschaften finden Sie unter: <https://energiegemeinschaften.gv.at/>

