

# **# Murau : Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen (Sondierung)**

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 66/2025

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:

Erich Fritz, Kurt Schauer (Holzwelt Murau)

Harald Kraxner (Biowärme Lachtal)

Stefan Stadlober, Kurt Woitischek (Murauer Stadtwerke GmbH)

Reinhold Stocker (Elektrowerk Schöder GmbH)

Gerd Hofer, Michael Grasser (Marktgemeinde Neumarkt Versorgungsbetriebsges. m.b.H.)

Alexander Trattner, Markus Sartory, Patrick Pertl, Martin Sagmeister, Fabian Radner  
(HyCentA)

Branislav Iglár, Philipp Ortmann, Yannick Wimmer; Tanja Tötzer, Romana Stollnberger,  
Johannes Kathan, Judith Kapeller, Gerhard Totschnig (AIT Austrian Institute of Technology)  
Wien, Murau 2025. Stand: Oktober 2022

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an [iii3@bmimi.gv.at](mailto: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](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.



## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                             |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung .....</b>                                                    | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>Abstract.....</b>                                                        | <b>12</b> |
| <b>3</b> | <b>Ausgangslage.....</b>                                                    | <b>14</b> |
| 3.1      | Die Rolle inneralpiner Regionen .....                                       | 14        |
| 3.2      | Startpunkt für das Reallabor .....                                          | 15        |
| 3.3      | Ziele.....                                                                  | 16        |
| <b>4</b> | <b>Projekthalt.....</b>                                                     | <b>18</b> |
| 4.1      | Die sechs Entwicklungsachsen für regionale Lösungen .....                   | 18        |
| 4.2      | Der Stakeholder-Prozess in Murau .....                                      | 20        |
| 4.3      | Abbildung der Energiekulisse und Erstellung der regionalen Roadmap.....     | 21        |
| 4.4      | Identifikation der Realtests und Ausarbeitung des Rollout-Konzepts.....     | 22        |
| 4.5      | Erarbeitung der wesentlichen Aspekte des Reallabors .....                   | 23        |
| 4.5.1    | Geschäftsmodellierung.....                                                  | 23        |
| 4.5.2    | Wissenstransfer .....                                                       | 24        |
| 4.5.3    | Testlogik des Reallabors .....                                              | 24        |
| 4.5.4    | Monitoringkonzept.....                                                      | 25        |
| 4.5.5    | Übertragbarkeit der Lösungen .....                                          | 26        |
| <b>5</b> | <b>Ergebnisse .....</b>                                                     | <b>27</b> |
| 5.1      | Energiekulisse in Murau – Analyse des Energiesystems.....                   | 27        |
| 5.1.1    | Status Quo des Stromsektors .....                                           | 27        |
| 5.1.2    | Status Quo des Wärmesektors .....                                           | 29        |
| 5.1.3    | Status Quo des Mobilitätssektors.....                                       | 30        |
| 5.2      | Handlungsoptionen und Ausbaupfade .....                                     | 31        |
| 5.2.1    | Solar-PV & Windzubau.....                                                   | 31        |
| 5.2.2    | Ausbaupfad zur Elektrifizierung der Mobilität .....                         | 33        |
| 5.2.3    | Ausbaupfad zur Dekarbonisierung der Wärme .....                             | 34        |
| 5.2.4    | Ausbaupfad Energieeffizienz .....                                           | 36        |
| 5.2.5    | Flexibilitäten im System.....                                               | 36        |
| 5.3      | Entwicklung der ersten Demoprojekte des Reallabors entlang der Roadmap..... | 36        |
| 5.3.1    | Erzeugung .....                                                             | 38        |
| 5.3.2    | Umwandlung .....                                                            | 38        |
| 5.3.3    | Laden/Tanken/Verteilen.....                                                 | 39        |
| 5.3.4    | Fahrzeuge .....                                                             | 39        |
| 5.3.5    | Speicherung .....                                                           | 40        |
| 5.3.6    | Informations-Kommunikation Technologie (IKT) .....                          | 40        |
| 5.4      | Murau 100% CO <sub>2</sub> -neutral.....                                    | 40        |

|          |                                                   |           |
|----------|---------------------------------------------------|-----------|
| 5.4.1    | Kurzfristig.....                                  | 41        |
| 5.4.2    | Mittelfristig .....                               | 42        |
| 5.4.3    | Langfristig .....                                 | 44        |
| 5.4.4    | Implikationen und Diskussion der Ergebnisse ..... | 44        |
| 5.5      | Systemlösung .....                                | 46        |
| 5.6      | Übertragbarkeit der Lösungen.....                 | 49        |
| 5.6.1    | Europaweite Übertragbarkeit.....                  | 49        |
| 5.6.2    | Nationale Übertragbarkeit.....                    | 51        |
| <b>6</b> | <b>Schlussfolgerungen .....</b>                   | <b>53</b> |
| <b>7</b> | <b>Ausblick und Empfehlungen .....</b>            | <b>54</b> |
| <b>8</b> | <b>Verzeichnisse .....</b>                        | <b>55</b> |





# 1 Kurzfassung

Während die Realisierung der Energiewende für jede Region für sich schon eine große Herausforderung ist, kommt auf inneralpine Regionen eine zentrale Aufgabe zu, ohne die zentrale gesamtpolitische Entwicklungsfragen in Europa nicht klimaneutral gelöst werden können: Die weitere Urbanisierung in Europa wird nur dann klimaneutral möglich sein, wenn die Energiefrage für Städte durch und mit den ländlichen Regionen gelöst wird. Mit der Wende von fossilen Energieträgern hin zu Erneuerbaren erhalten inneralpine Regionen für die Versorgung mit Erneuerbarer Energie dieselbe Rolle wie schon jetzt bei der Versorgung mit Trinkwasser oder gesunden Lebensmitteln. Daraus ergibt sich auch die Vision in Murau: *100% real-klimaneutral und bedarfsgerechte Energie-Exportregion für die Ballungsräume.*

Schon von Beginn an ist die Energie-Vision Murau einen klar Visions-orientierten Ansatz gegangen: Ausgehend von der Vision wurde und wird entlang von Entwicklungsachsen konsequent darauf geschaut, welche Schritte in Richtung Ziel zu setzen sind - jeweils mit den verfügbaren Möglichkeiten einer Region und seiner Akteure. Mit einem Reallabor kann Murau immer mehr zu einer Region werden, in der die Energiezukunft prototypisch für alle inneralpinen Regionen umgesetzt wird und uns in die Lage einer Exportregion versetzt: wir exportieren Umsetzungswissen, Planungswissen, ggf. sogar Technologiewissen und natürlich immer mehr bedarfsgerecht erneuerbar erzeugten Strom für andere Regionen – insbesondere Städte, die die Energiewende nicht in derselben Geschwindigkeit schaffen (können).

Das Ziel des Projekts war es die Strukturen für das spätere Reallabor Murau zu schaffen. Als Reallabor will man gemeinsam mit Partnern für inneralpine Regionen prototypisch zeigen, dass Klimaneutralität schon heute das ganze Jahr über möglich ist und Regionen zum verlässlichen Energieexporteur insbesondere für die Ballungsräume werden können. Das Reallabor Murau setzt auf die in der Region bereits realisierten Lösungen auf und entwickelt diese für die breite Umsetzung mit den regionalen Akteuren und überregionalen Technologiepartnern weiter. Ein weiterer wichtiger innovativer Aspekt liegt im Ansatz der sechs Entwicklungsachsen (Wärmewende, Stromwende, Mobilitätswende, tankbare erneuerbare Energie, klimaneutrale Betriebe und Menschen als Teil der Energiewende, entlang derer diese Vision umgesetzt werden soll.

Im Zuge des Projekts wurde ein Stakeholderprozess aufgesetzt, der einerseits die durch wissenschaftliche Partner eingebrachten Analysen und Ergebnisse diskutierte, andererseits der Aktivierung der Stakeholder diente. Die Stakeholder identifizierten zahlreiche Realtests (erste Demonstrationsprojekte), die in weiterer Folge entlang der Entwicklungspfade für das regionale Energiesystem verortet wurden und zu Leitprojekten zusammengefasst wurden. Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, kommende Herausforderungen der Dekarbonisierung zu bewältigen. Diese sind neben der Abkehr von fossilen Energieträgern die erwartete Elektrifizierung der Mobilität und der Wärmeversorgung.

Der Stromsektor ist in erster Linie von Erzeugungskapazität aus Wasserkraft dominiert. Derzeit beträgt die Stromproduktion rund 400 GWh/a und setzt sich aus etwa 325 GWh/a Wasserkraft, 65 GWh/a Wind sowie 10 GWh/a Solar-PV zusammen. Dabei ist ersichtlich, dass besonders im Bereich der Solar-PV Erzeugung noch starke Ausbaupotenziale vorliegen. Rein bilanziell kann der Bedarf auf Monatsebene zu jederzeit mit lokalen Ressourcen gedeckt werden. Jedoch kommt es vor allem in den

Monaten Jänner, Februar und März oft zu Stunden, in denen ein Bezug aus dem übergeordneten Netz notwendig wird. Die Bereitstellung von Wärme setzt sich in der Region Murau im Wesentlichen aus Biomasse, Heizöl und zu einem geringen Teil Wärmepumpen zusammen. Der Energiebedarf im Mobilitätssektor beträgt rund 220 GWh pro Jahr, wobei fast ausschließlich fossile Brennstoffe zum Einsatz kommen. Künftige Ausbaupfade werden sich hauptsächlich entlang folgender Technologieachsen entwickeln:

- Zubau von Solar-PV bzw. Wind Kapazitäten
- Elektrifizierung von Mobilität durch Elektromobilität
- Elektrifizierung von Wärme durch Wärmepumpen
- Batteriespeicher & Elektrolyse

Da die Kapazitäten hin zum übergeordneten Netz beschränkt sind und trotzdem ein stärkerer Zubau volatiler erneuerbarer Energieträger notwendig ist, wird vor allem Flexibilität im Energiesystem eine zunehmend wichtige Rolle bekommen. Hierbei wollen die Stakeholder in Murau vor allem auf die Sektorkopplung in Richtung Mobilität und Wärmebereitstellung setzen.

Zu unterstützenden Aufgaben gehörte neben Überlegungen zum künftigen Geschäftsmodell des Reallabors auch eine Übertragbarkeitsanalyse, Ansatz für Wissenstransfer, Testlogik für das Reallabor und eine Systemlösung. Diese leiten sich in Murau von einem Ansatz für die 100%-Versorgung des Energiesystems mit regionalen erneuerbaren Energieträgern, und das zu jeder Zeit im Jahr, ab. Es wurden innovative Ansätze entwickelt, um ein sogenanntes „100% erneuerbares Systemkraftwerk“ zu schaffen.

In weiterer Folge sollen diese Erkenntnisse genutzt werden, um das Reallabor in Murau zu gründen und erste (Leit-)Projekte einzureichen und umzusetzen. Das Sondierungsprojekt hat nicht nur neue wichtige Ergebnisse hervorgebracht. Es hat zusätzlich den Stakeholderprozess neu ausgerichtet und neue, für das Reallabor wesentliche, Organisationen mit in einen systemintegrierten Prozess geholt.

## 2 Abstract

While the realization of the energy transition is a major challenge for each region in itself, inner-Alpine regions face a key challenge, without which central, overall political development issues in Europe cannot be solved in a climate-neutral manner: Further urbanization in Europe will only be possible in a climate-neutral manner if the energy question for cities is solved by and together with rural regions. With the transition from fossil fuels to renewables, inner-Alpine regions are given the same role in the supply of renewable energy as they are now in the supply of drinking water or food. This also results in the vision in Murau: 100% real climate-neutral and needs-based energy export region for the metropolitan areas.

Right from the start, the energy vision for Murau has taken a clearly vision-oriented approach: Based on the vision, we have consistently looked at which steps to take towards the goal along development axes - each with the available possibilities of a region and its actors. With a living lab, Murau can increasingly become a region in which the energy future is implemented as a prototype for all inner-Alpine regions and puts us in the position of an export region: we export implementation knowledge, planning knowledge, possibly even technological knowledge and, of course, more and more electricity generated from renewable sources as needed for other regions – especially cities that cannot achieve the energy transition at the same speed.

The aim of the project was to create structures for the later living lab in Murau. As a lab, together with partners for inner-Alpine regions, one wants to show prototypically that climate neutrality is already possible all year round and that regions can become reliable energy exporters, especially for the metropolitan areas. The living lab Murau builds on the solutions already implemented in the region and develops them further for broad implementation with regional players and national technology partners. Another important innovative aspect lies in the approach of the six development axes (heat transition, electricity transition, mobility transition, renewable energy for mobility, climate-neutral companies and people as part of the energy transition, along which this vision is to be implemented.

In the course of the project, a stakeholder process was set up, which on the one hand discussed the analyzes and results brought in by scientific partners and on the other hand served to activate the stakeholders. The stakeholders identified numerous real tests (first demonstration projects), which were subsequently located along the development paths for the regional energy system and combined them into lead projects. The aim of these measures is to meet future challenges of decarbonization. In addition to turning away from fossil fuels, these include the expected electrification of mobility and heat supply.

The power sector is primarily dominated by hydroelectric generation capacity. Electricity production is currently around 400 GWh/a and consists of around 325 GWh/a hydropower, 65 GWh/a wind and 10 GWh/a solar PV. It is evident that there is still strong potential for expansion, especially in the area of solar PV generation. In terms of the balance sheet, monthly requirements can be covered at any time with local resources. However, especially in the months of January, February and March, there are often times when it is necessary to obtain electricity from the higher-level grid. The provision of heat in the Murau region consists essentially of biomass, heating oil and, to a lesser extent, heat pumps. The energy requirement in the mobility sector is around 220 GWh per year, with fossil fuels

being used almost exclusively. Future expansion paths will mainly develop along the following technology axes:

- Expansion of solar PV and wind capacities
- Electrification of mobility through electromobility
- Electrification of heat through heat pumps
- Battery storage & electrolysis

Since the capacities to the higher-level grid are limited and a greater expansion of volatile renewable energy sources is to be expected, the issue of flexibility will play an increasingly important role. The stakeholders in Murau want to focus primarily on sector coupling in the direction of mobility and heating.

In addition to considerations about the future business model of the real laboratory, the supporting tasks also included a transferability analysis, an approach to knowledge transfer, test logic for the living lab and an overall system solution. In Murau, this is derived from an approach for the 100% supply of the energy system with regional renewable energy sources at any time of the year. There are different approaches to creating a so-called “100% renewable system power plant”.

Subsequently, these findings are to be used to found the living lab in Murau and to submit the first (flagship) projects. The exploratory project not only produced interesting results. It has also realigned the stakeholder process and brought new organizations on board that are essential for the living lab at a later stage.

# 3 Ausgangslage

Hintergrund dieses Projekts sind die drei Ziele der bereits 2001 gemeinsam mit den regionalen Stakeholdern aufgesetzte, und immer wieder weiterentwickelte Energievision Murau, um Zukunft zu sichern und Lebensraum zu bewahren:

1. Murau ist energiesouverän bei Wärme und Strom mit der Kraft der Natur allem voran mit Wasser, Holz, Sonne und Wind.
2. Murau schafft zusätzliche regionale Wertschöpfung durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger und gesteigerter Effizienz im Umgang mit Energie.
3. Murau ist ein europäischer Energie-Leuchtturm und zeigt, wie die Energiewende gelingt!

Diese Ziele wurden ständig erweitert, angepasst und mit entsprechenden Entwicklungsachsen hinterlegt. Aufgrund der Entwicklungen bei fossilfreien Lösungen im Mobilitätsbereich und der Chance, diesen Sektor mit den regional verfügbaren Energieressourcen optimal verknüpfen zu können, wurden zwei Entwicklungsachsen hinzugefügt:

4. Wasserstoff-Region-Murau und
5. Elektro-Mobilitäts-Region-Murau.

Um eine Region als prototypisches Reallabor der Energiewende aufzubauen, ist es wichtig, dass die Region insgesamt bereit ist überhaupt innovative Lösungen und Ansätze integrieren zu können. Sehr häufig werden in Regionen von außen oder durch Einzelakteure Ideen und Pilotprojekte aufgepfropft, ohne das notwendige Fundament zu beachten. Doch dieses Fundament muss langsam wachsen, damit es die Spannung von wissenschaftlichen Ergebnissen überhaupt aufnehmen kann.

## 3.1 Die Rolle inneralpiner Regionen

Während die Realisierung der Energiewende für jede Region für sich schon eine große Herausforderung ist, kommt auf inneralpine Regionen eine zentrale Aufgabe zu, ohne die zentrale gesamtpolitische Entwicklungsfragen in Europa nicht klimaneutral gelöst werden können: Die weitere Urbanisierung in Europa wird nur dann klimaneutral möglich sein, wenn die Energiefrage für Städte durch und mit den ländlichen Regionen gelöst wird. Wie bei der Ernährung, bei nachwachsenden Rohstoffen und beim Trinkwasser lässt sich die hohe Bevölkerungsdichte von Städten nur durch die Versorgung durch das „Hinterland“ aufrechterhalten. Mit der Wende von fossilen Energieträgern hin zu Erneuerbaren erhalten damit inneralpine Regionen für die Versorgung mit Erneuerbarer Energie dieselbe Rolle wie schon jetzt bei der Versorgung mit Trinkwasser oder gesunden Lebensmitteln. Daraus ergibt sich auch die Vision in Murau: *100% real-klimaneutral und bedarfsgerechte Energie-Exportregion für die Ballungsräume.*

Das setzt allerdings voraus, dass diese Regionen schon rechtzeitig vorbereitet sind und die Energiewende bereits vor den Städten umgesetzt haben. Dazu müssen sie nicht nur als Region selbst bedarfsgerechte Energielösungen entwickeln, sondern auch so aufgestellt sein, dass sie die

bedarfsgerechte Mitversorgung der Städte gewährleisten können. Genau das ist die Kernfrage im Reallabor Murau.

## 3.2 Startpunkt für das Reallabor

Murau ist als Reallabor - d.h. als Modellregion für die Energiewende – besonders geeignet, weil

- Murau bereits zahlreiche innovative Energieerzeugungsanlagen umgesetzt hat.
- Murau bereits jetzt im Strombereich einen hohen Eigenversorgungsgrad von 325 Tagen im Jahr mit erneuerbaren Energien aufweist.
- Murau eine homogene Region ist, in der die Menschen sich kennen und die Akteure aller Bereiche sehr gut vernetzt sind
- Murau sich durch viele kleine wendige Unternehmen mit einer ausgewiesenen hohen handwerklichen Geschicklichkeit auszeichnet, die Innovationen auf kurzem Weg von der Theorie in die Praxis übersetzen.



Abbildung 1 Reallabor als nächster Schritt der bisherigen regionalen Prozesse in Murau

Schon von Beginn an ist die Energie-Vision Murau einen klar Visions-orientierten Ansatz gegangen: Ausgehend von der Vision wurde und wird entlang von Entwicklungsachsen konsequent darauf geschaut, welche Schritte in Richtung Ziel zu setzen sind - jeweils mit den verfügbaren Möglichkeiten einer Region und seiner Akteure.

Die Region Murau hat eine lange Tradition in einer breiten Beteiligung der regionalen Akteure in Energiefragen. Schon in den 90er Jahren wurde in der Region eine hohe Dichte an Biomasse-Nahwärme-Lösungen gemeinsam mit den Landwirten und Gemeinden geschaffen und nach der Jahrtausendwende in einem partizipativen Prozess die Energievision Murau erarbeitet und beschlossen. Für eine ländliche Region war das damals gemeinsam erarbeitete Ziel, nämlich innerhalb von zwei Jahrzehnten bei Wärme und Strom vollständig fossil-frei zu sein, ein echter Meilenstein. Rund um diesen kraftvollen Ausgangspunkt der Energievision-Murau wurden in weiterer Folge viele

pionierhafte Ansätze realisiert, die einen stetigen Weg hin zur Modellregion kennzeichnen. Während sich andere Regionen erst mühsam den Weg in Richtung klimaneutraler Region erarbeiten müssen - technisch, organisatorisch und sozial - setzt die Region Murau also bereits auf viele pionierhafte Anlagen und Pilotprojekte und entsprechende Prozesse in der Region auf. Unter anderem:

- Einen bereits 2003 begonnenen Beteiligungsprozess zur Energievision Murau;
- Klima- und Energiemodellregion mit starker und breiter Beteiligung (alle Gemeinden, Schulen, Installateure, Energieunternehmen, Energie-Camp);
- Höchste Dichte an Kraftwärmekopplung in Nahwärmenetzen in Österreich;
- Extrem hohe Dichte mit dezentralen erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen (Produktion ist 3-mal höher als der regionale Eigenbedarf);
- Studie zur Sektorkopplung Strom-Wasserstoff;
- Forschungsprojekt und Leaderprojekt zu netzdienlichen Regions-Stromspeicher inkl. Wasserstoff-Kompaktanlagen;
- Bereits realisierte Sektorkopplung Biomasse-Nahwärme und Industrie in der Brauerei Murau und dem LKH-Stolzalpe;
- Power-to-Heat-Lösungen im jahrelangen Realbetrieb;
- Sicherstellung der regionalen Black-Start-Fähigkeit durch das Kraftwerk Murau;
- Umsetzung der Breitbandoffensive als Schlüssel für die Energiewende;

Mit einem Reallabor kann Murau immer mehr zu einer Region werden, in der die Energiezukunft prototypisch für alle inneralpinen Regionen umgesetzt wird und uns in die Lage einer Exportregion versetzt: wir exportieren Umsetzungswissen, Planungswissen, ggf. sogar Technologiewissen und natürlich immer mehr bedarfsgerecht erneuerbar erzeugten Strom für andere Regionen – insbesondere Städte, die die Energiewende nicht in derselben Geschwindigkeit schaffen (können). Als volkswirtschaftlich zentralen Effekt, der in seiner Bedeutung über die Region selbst hinausweist, zeigen wir damit außerdem wie strukturschwache inneralpine Regionen mit der Energiewende zur Exportregion werden, indem erneuerbare Energie vom fluktuierenden „Problem“ zur ausfallssicheren, steuerbaren Größe für die Regionen mit Energiehunger wird.

### 3.3 Ziele

Das übergeordnete Ziel ist es als Reallabor gemeinsam mit Partnern für inneralpine Regionen prototypisch zu zeigen, dass Klimaneutralität schon heute das ganze Jahr über möglich ist und Regionen zum verlässlichen Energieexporteur insbesondere für die Ballungsräume werden können.

Konkret werden mit diesem Sondierungsprojekt die Voraussetzungen für die Einreichung als Reallabor geschaffen, und zwar entlang eines Schalenmodells:

- Im Kern soll eine Murauer Energiegenossenschaft als zentraler Knoten und Drehscheibe als Trägerin des Reallabors aufgesetzt werden – eine Genossenschaft wird gewählt, weil wir dadurch eine maximale Offenheit bezüglich der Einbindung von zukünftigen Partnern haben. (Die Brauerei Murau ist als Genossenschaft geführt das Erfolgsbeispiel dafür.)

- In einem breiten Stakeholderprozess ist entlang der 6 Entwicklungsachsen eine Roadmap zur Umsetzung der Vision (100% real-klimaneutral und bedarfsgerechte Exportregion für die Ballungsräume) erarbeitet
- In der Partnerstruktur (Technologiepartner, Umsetzungspartner, Forschungspartner und Systempartner aus der Region und darüber hinaus) sind für jede der 6 Entwicklungsachsen 1-2 konkrete Demoprojekte geklärt, mit der das Reallabor in den Betrieb starten kann.
- Damit die Ergebnisse des Reallabors einen Mehrwert in der Region und darüber hinaus liefern können, ist der Wissenstransfer systematisch aufgestellt.

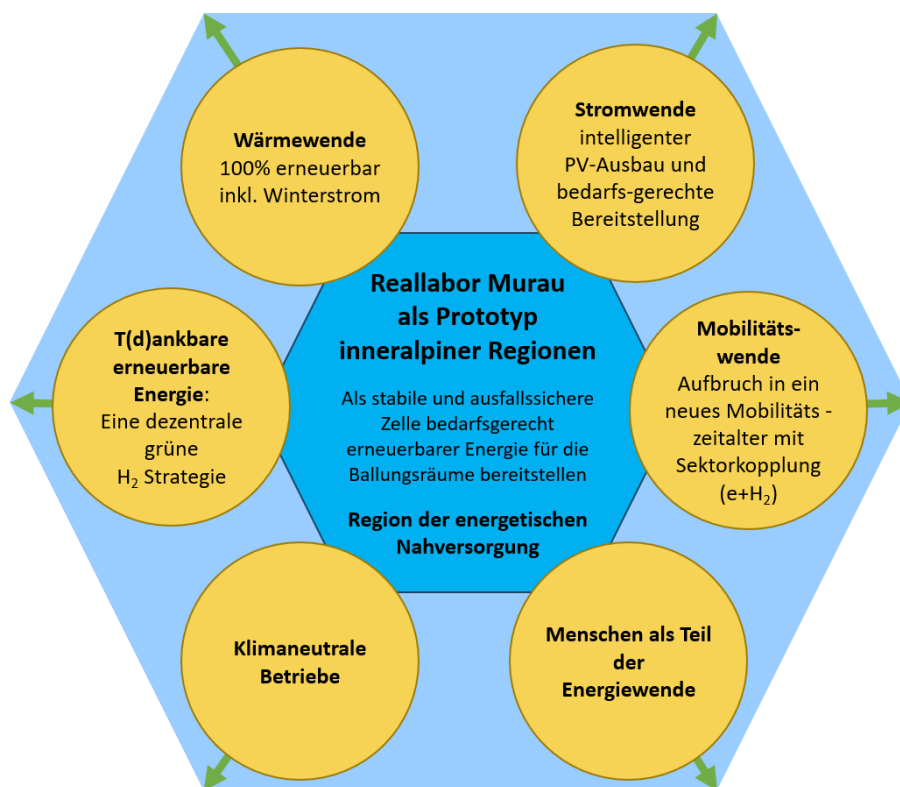


# 4 Projektinhalt

## 4.1 Die sechs Entwicklungsachsen für regionale Lösungen

Das Reallabor Murau setzt auf die in der Region bereits realisierten Lösungen auf und entwickelt diese für die breite Umsetzung mit den regionalen Akteuren und überregionalen Technologiepartnern weiter. Ein weiterer wichtiger innovativer Aspekt liegt im Ansatz der 6 Entwicklungsachsen, entlang derer diese Vision umgesetzt werden soll (siehe Abbildung 2). Darin wird das gesamte Energiemodell der Region in den Blick genommen - also auch Wärme, Mobilität, transportierbare Energieträger und klimaneutrale Unternehmen - denn erst in der Gesamtsicht und einem breiteren Ansatz von Sektorkopplung können die großen Energiefragen gelöst werden.

Abbildung 2 Der Rahmen für den Stakeholderprozess in Murau: Entwicklungsachsen für regionale Lösungen



Die Innovationskraft liegt in der Kombination bisheriger Projekte und Überlegungen rund um die Energievision Murau und dem geplanten Stakeholder-Prozess, um zur exportorientierten, klimaneutralen inneralpinen Region zu werden:

**Wärmewende - 100% erneuerbar inkl. Winterstrom:** Klimaneutralität verlangt auch eine Wärmewende und diese wird nur möglich sein, wenn wir 100% erneuerbaren Strom auch im Winter sicherstellen können (Wärmepumpen). Inneralpine Regionen können direkt auf gespeicherte Sonne in Form von Holz zugreifen und mit intelligenten Systemlösungen die Energiewende schaffen. Ansätze dazu sind z.B. mit angepassten Tarifmodellen ohne Mehrkosten mehr Biomasse-Winterstrom zu

erhalten oder die Erzeugung von hochwertigem Mikro-Hackgut als lagerbaren kostengünstigen erneuerbaren Energieträger aus den wachsenden PV-Strom-Überschüssen im Sommer durch Trocknung zu bekommen.

**Stromwende - intelligenter PV-Ausbau und bedarfsgerechte Bereitstellung:** Das Niederspannungsnetz ist mit allen Partnern und allen Ansätzen gesamtheitlich für die Stromwende nutzbar zu machen, sonst scheitern die ambitionierten PV Ausbauziele. Netzdienliche Anlagen in der Region flächendeckend dazu zu nutzen, und diese in Kombination mit Wasserstoff-Kompaktanlagen, neuen Flexibilitäten und Power to Heat Lösungen im Schwarm als regionaler Real-Integrator intelligent zu nutzen ist hier einer der Ansätze.

**Mobilitätswende:** Aufbruch in ein neues Mobilitätszeitalter mit Sektorkopplung (Strom und Wasserstoff): Die Mobilitätswende kann nicht nur in Städten erfolgen. Durch die E-Mobilität und die Möglichkeiten von dezentraler Wasserstoffherzeugung können erstmals die beiden Bereiche Strom und Mobilität miteinander auf Regionsebene verbunden und durch die intelligente Kopplung Vorteile für beide Systeme geschaffen werden. Themen sind hierbei durch Sektorkopplung das Stromnetz für seine wachsenden Anforderungen zu unterstützen und zu entlasten, und auch ganz neue Lösungen zu denken (Bsp. Klimaneutrale Antriebstechnologien in der Holzbringung).

**T(d)ankbare erneuerbare Energie - eine dezentrale grüne Wasserstoffstrategie:** Neben der wachsenden Bedeutung des Stromnetzes wird es auch in Zukunft Energieträger mit hoher Energiedichte geben müssen, die langfristig speicherbar und ohne Netz transportierbar und erneuerbar sind (z.B. für technische Anwendungen oder Spezialverkehre). Mit Wasserstoffkompaktanlagen sollen dezentrale Lösungen als Wasserstoffregion umgesetzt werden, die gleichzeitig das Stromnetz entlasten helfen. Die Bereitstellung von technischem Wasserstoff ist für die Produktionsprozesse und auch für viele Anwendungen in der Land- und Forstwirtschaft oder im Tourismus (z.B. Pistengeräte) wichtig.

**Klimaneutrale Betriebe:** Gerade die Wirtschaft konnte in den letzten Jahrzehnten keinen Rückgang der Treibhausgas-Emissionen schaffen. Mit den bereits umgesetzten regionalen Leuchtturmprojekten Umstellung auf einen erneuerbaren Brauprozess in der Brauerei Murau und 400 Höhenmeter Fernwärmesteigleitung LKH Stolzalpe sollen die schon jetzt verfügbaren Lösungen für andere Unternehmen nutzbar gemacht und weiterentwickelt werden, und so die Dekarbonisierung der Wirtschaft aus den Potentialen der Region heraus mitgestaltet werden. Es geht um klimaneutrale Lösungen für den Tourismus (Pistengeräte, Pendelspeicher für Speicherseen, klimaneutraler Tourismus) und für produzierende Betriebe (Umstellung auf Biomasse-Nahwärme statt Dampf, Umstellung des Fuhrparks, Betrieb als aktive flexible Last und Produzent von erneuerbarem Strom, Ersatz von Gas und Schweröl durch erneuerbaren Wasserstoff).

**Menschen als Teil der Energiewende:** Mit der Energiewende und der Digitalisierung wird es erstmals möglich, dass die Menschen wirklich Partner am realen Energiemarkt werden können. In der Region besteht sowohl mit einer starken Regionalentwicklung (Klima- und Energiemodellregion) die Beziehungsqualität als auch mit den Partnern allen voran mit der neuen Energiegenossenschaft Murauer GreenPower eGen die technische Möglichkeit Energiegemeinschaften ganz real für die Stärkung der Region aufzusetzen. Wir entwickeln Lösungen als Reallabor um die Häuser und Betriebe im umfassenden Sinne „energie-intelligent“ zu machen, bis hin zu einer regionalen-Energie-App, mit der jeder Betrieb und jeder Haushalt zeigen kann, was er für die Region beiträgt.

## 4.2 Der Stakeholder-Prozess in Murau

Zentraler Angelpunkt im Rahmen der Sondierung „Murau : Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen“ ist der Regionalentwicklungsverein Holzwelt Murau – dieser Verein hat seinen Wirkungsbereich im gesamten Bezirk Murau und ist ident mit dem Projektgebiet der gegenständlichen Sondierung. Die Tätigkeitsfelder des Vereins umfassen Klimaschutz, Energieeffizienz, Klimawandelanpassung, regionale Wirtschaft, Landwirtschaft, Tourismus, Ortskernentwicklung, Bildung & Jugend sowie Kunst & Kultur. Die Holzwelt Murau zählt über 100 Mitglieder aus Vertretern von Gemeinden, Energiewirtschaft, Wirtschaft, Landwirtschaft, Tourismus, Bildungseinrichtungen und Kulturschaffenden. Den Verein repräsentieren ein breit aufgestellter Vorstand aus den oben genannten Mitgliederspektrum welche als Steuerungsgruppe den Rahmen für die operativen Umsetzungsprojekte festlegen. Diese Umsetzungsprojekte werden von einem professionell organisierten operativen Management (Geschäftsführung und Projektleiter:innen) in die Umsetzung gebracht - die Einbindung von Stakeholdern ist dabei der zentrale Grundcharakter.

Für das Sondierungsprojekt Murau : Reallabor fungierte die Holzwelt Murau als Konsortialführer des Einreichkonsortiums aus weiteren 3 regionalen Unternehmenspartnern und zwei wissenschaftlichen Instituten. Schon im Einreichprozess dieser Sondierung erfolgte ein partizipativer Prozess mit den Stakeholdern aus der regionalen Energiewirtschaft und wurde dieser partizipative Ansatz konsequent weiterverfolgt und erweitert. Dementsprechend wurde ein breites Netzwerk von regionalen und überregional agierenden Akteuren und Unternehmen in den Stakeholderprozess eingebunden:

Zu Beginn des Sondierungsprojektes wurde im Rahmen einer Auftaktveranstaltung ein inhaltlicher und zeitlicher Fahrplan mit dem Konsortium festgelegt. Für den Stakeholderprozess waren 6 zentrale Entwicklungsachsen mit dem Ziel festgelegt, jede diese Entwicklungsachsen zu analysieren und sektorübergreifende Lösungsansätze für ein 100% erneuerbares Energiesystem herauszufiltern. Dazu wurden aus dem Netzwerk der Holzwelt Murau sowie der Konsortialpartner insgesamt über 80 Akteure eingebunden und entwicklungsachsenspezifische Stakeholderworkshops abgehalten.

Zu jeder der 6 Entwicklungsachsen wurde ein spezifischer Stakeholder-Einladungskreis definiert und zwei Stakeholderworkshops je Entwicklungsachse durchgeführt. Die Grundstrategie war dabei das Erarbeiten von neuen Systemlösungen je Entwicklungsachse, und zwar so, dass diese ein 100% erneuerbares Energiesystem unterstützen. In den ersten Workshops wurden mit potentiellen Stakeholdern aus der Energiewirtschaft und Technologiepartnern erste Ansätze entwickelt und diskutiert. Nach einer Reflexionsphase und Erörterung der Ergebnisse aus den ersten Workshops mit dem Konsortium wurde der Einladungskreis je Entwicklungsachse um potentielle Anwender und zukünftige Systempartner erweitert und je ein zweiter Themenworkshop durchgeführt. Ziele der zweiten Themenworkshops waren die Konkretisierung von Umsetzungsprojekten und die Einordnung in eine Zeitachse.

Abschließend fand am Projektende ein gemeinsames Stakeholderclosing statt, in welchem sämtliche Projektergebnisse allen am Stakeholderprozess Beteiligten vorgestellt wurde und die weiteren Schritte in Richtung Murau : Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen skizziert wurden.

Ein weiterer wichtiger Teil des Stakeholderprozesses waren Exkursionen und Expertengespräche. Diesbezüglich fand eine Exkursion zum Innovationslabor Act 4 Energy, eine Exkursion zur FH Salzburg Campus Kuchl Studiengang Smart Buildings statt. Expertengespräche wurden mit der Murauer GreenPower eGen, der Energie Steiermark, Elektrizitätswerk Mariahof, der Conversio Energie GmbH, ET König GmbH, KFZ Prodinger GmbH etc. durchgeführt.

Parallel dazu fanden während der Sondierungsphase Abstimmungsprozesse mit dem BMK, mit allen weiteren Sondierungsprojekten sowie deren Prozessbegleitern Avantsmart und B.A.U.M Consult statt: Qualifizierungsworkshops „100% erneuerbare Energie Reallabore“, Fachdialog „Die Energiewende proben – wie geht das?“, Teilnahme an Mission Innovation Week Austria, Teilnahme am Hackathon „Energiewende – Reallabore für ein klimaneutrales Österreich“.

### 4.3 Abbildung der Energiekulisse und Erstellung der regionalen Roadmap

Zur Analyse der energetischen Flüsse der Region Murau wurde ein statisches Modell auf stündlicher Ebene auf Basis der historischen Wetterjahre 2016-18 erstellt. Auf Basis der Wetter- sowie typischer Verbrauchsprofile wurden die Erzeugungs- und Verbrauchsmengen sowie die dadurch entstehenden Über- & Unterdeckungen bestimmt, die in Bezüge/Entnahmen aus dem übergeordneten Netz resultieren. Diese Bezüge/Entnahmen konnten mit Daten aus dem Vorprojekt ‚100% erneuerbares Pinzgau‘ aus dem Jahr 2019 abgeglichen werden, um das Modell zu validieren. Es zeigte sich, dass der stündliche ‚Backcast‘ die wesentlichen Bewegungen sinnvoll abbilden kann.

Diese Analyse berücksichtigt keinen optimalen Einsatz flexibler Erzeugungs-/Verbrauchseinheiten, wird jedoch dem Gleichzeitigkeitsfaktor im Hinblick auf Wärme- und EV-Profile auf einer stündlichen Ebene gerecht. Die Betrachtungsweise ist rein statisch und beinhaltet keine Einsatzoptimierung oder ähnliches. Dennoch können aus dieser statischen Analyse grundsätzliche Schlussfolgerungen über das Verhalten der Gesamtregion gezogen werden. Folgende Datenquellen wurden für das statische stündliche Modell herangezogen:

- **Erzeugung aus Wasserkraft.** Um die Erzeugung aus Wasserkraft zeitlich in hoher Auflösung abzubilden, wurde die durchschnittliche jährliche Erzeugung der Region mittels wöchentlicher Profile basierend auf Daten von [www.ehyd.gv.at](http://www.ehyd.gv.at) auf stündliche Erzeugung heruntergerechnet. Somit kann die regionale Erzeugung von rund 90 MW Wasserkraft abgebildet werden
- **Erzeugung aus Windkraft.** Die stündliche Winderzeugung des Tauernwindparks (rund 30 MW) wurde auf Basis von Wetter-Reanalyse Daten (<https://reanalysis.meteo.uni-bonn.de/?COSMO-REA6>) in Kombination mit einem repräsentativen Turbinentyp erstellt
- **Erzeugung aus Solar PV.** Die stündliche Solar-PV Erzeugung wurde auf Basis des PV-GIS-Tools ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)) unter Berücksichtigung eines PV-Moduls am Standort 47.114, 14.162, Azimut Ost, Süd, West zu gleichen Teilen, Neigung 35°, erstellt. Für die Berechnung des Systemkraftwerks Murau wurde der Mittelwert der über den Bezirk verteilten Standorte Stadl, Murau, Kaindorf, Krakau, Baierdorf, Krumegg und Scheifling herangezogen
- **Last allgemein.** Zur Abbildung des stündlichen Stromverbrauchs wurde eine 40-60 Kombination aus dem H0-Standardlastprofil für Haushalte und G0, dem Standardlastprofil für allgemeines Gewerbe gewählt, um den jährlichen Verbrauch von 120 GWh auf stündlicher Ebene darzustellen
- **Wärme.** Daten zum Raumwärmebedarf stammen von <https://energiemosaik.at>. Es wurden charakteristische Wärmekennzahlen auf die Anzahl Haushalte/Bevölkerung umgelegt, um den Gesamtbedarf für Wärme abzubilden
- **Mobilität.** Der Energieverbrauch aus dem Mobilitätssektor ergibt sich aus der Annahme einer durchschnittlichen Kilometerleistung von 11.200km/Jahr/PKW sowie eines

durchschnittlichen Verbrauchs von 7.1 l/100km (Umweltbundesamt, 2022). Ein Energiegehalt von 35.9 MJ/l ergibt einen Verbrauch von 66 kWh/100km. Für Elektromobilität liegt ein Verbrauch von 21 kWh/100km zugrunde. Zusätzlich wurde der KFZ-Bestand zum 31.12.2020 von Statistik Austria herangezogen.

- **Last aus Wärmepumpen.** Zur Darstellung der stündlichen Erzeugung aus Wärme wurde der Lastprofilgenerator für Wärmepumpen des AIT (<http://lastprofilgenerator.ait.ac.at/>) verwendet
- **Last aus Elektromobilität.** Zur Darstellung der Verbrauchsprofile aus Elektromobilität wurden mittels Lastprofilgenerator des AIT (<https://ev-lastprofil.ait.ac.at/>) Lastprofile für die NUTS3 Region AT226 (Westliche Obersteiermark) erstellt, ohne Berücksichtigung von preisgesteuertem Laden.

## 4.4 Identifikation der Realtests und Ausarbeitung des Rollout-Konzepts

Ausgehend vom notwendigen Umbau des Stromsystems als Backbone der zukünftigen Energieversorgung werden Fragen der Sektorkopplung zu Wärme und Mobilität mit konkret umsetzbaren regionalen Lösungen adressiert - prototypisch für inneralpinen Regionen. Die übergeordnete Fragestellung lautete dabei:

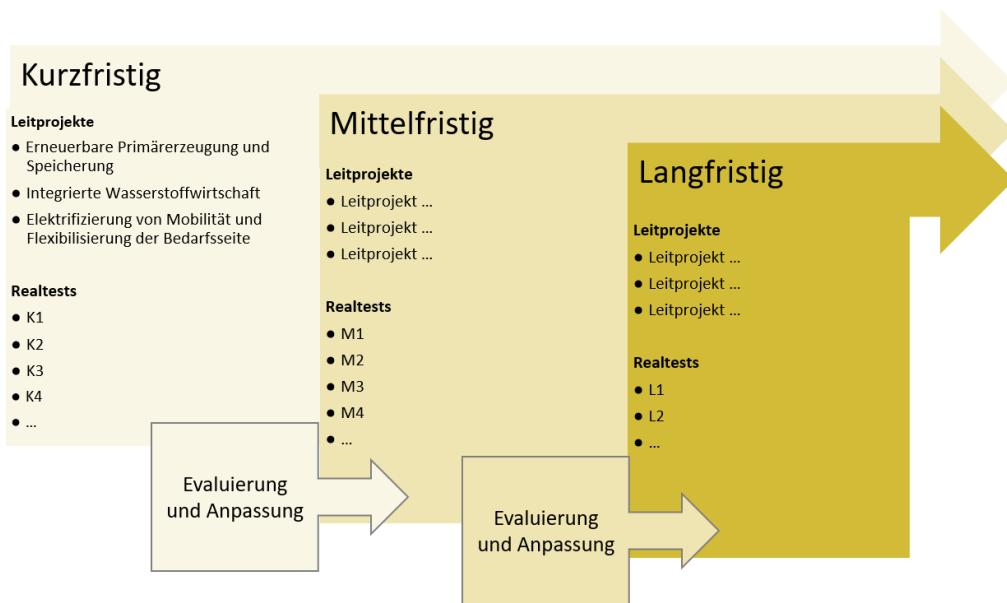
**Mit welchen Maßnahmen kann die Region Murau, prototypisch für inneralpine Regionen, am effektivsten zur Energiewende und damit zur nachhaltigen Dekarbonisierung beitragen?**

Die Realtests wurden sowohl thematisch als auch zeitlich geclustert, um einen Überblick über die Zusammenhänge und die mögliche zeitliche Rollout Abfolge zu schaffen. Außerdem werden kurzfristig umsetzbare Realtests in drei Leitprojekte zusammengefasst. Die Leitprojekte stellen konkrete erste Schritte für eine zukunftsfitte Region Murau dar, als Initialzündung bzw. Kondensationskeim für alle weiteren Maßnahmen. Für mittel und langfristige Realtests sollen in der Folge weitere Leitprojekte folgen, die darauf aufbauen und erst zu definieren sind.

Die zeitliche Gliederung der Realtests in kurz- mittel- und langfristige Umsetzbarkeit soll auch die Basis für das vorgeschlagene Rollout Konzept bilden. Hierbei ist zu beachten, dass die einzelnen Phasen keinesfalls getrennt voneinander zu betrachten sind. Obwohl z.B. die Leitprojekte und die zugehörigen Realtests natürlich in sich geschlossene Projekte mit definiertem Umsetzungszeitraum sind, so bauen diese in zeitlicher Abfolge doch oftmals aufeinander auf. Es ist daher von entscheidender Bedeutung die laufenden und geplanten Realtests stetig zu re-evaluieren und gegebenenfalls anzupassen.

In den Umsetzungszeiträumen „Mittelfristig“ bzw. „Langfristig“ werden die zweite bzw. dritte Generation an Leitprojekten umzusetzen sein, welche denselben organisatorischen Charakter (die Clusterung in weitere Leitprojekte) besitzen werden. Diese Leitprojekte sind zum Startzeitpunkt der initialen Leitprojekte aber noch nicht ausdefiniert, da sie sich erst aus der Evaluierung und Anpassung der vorangegangenen Realtests und Leitprojekte ergeben sollen. Je nach erzielten Ergebnissen und gewonnen Erkenntnissen im Reallabor-Setting sind auch Änderungen an den geplanten Realtests möglich und wahrscheinlich. Diese zeitliche Abfolge der einzelnen Schritte des Rollout Konzepts sind in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

Abbildung 3: Zeitlicher Ablauf der verschiedenen Phasen des Rollout Konzepts.<sup>1</sup>



Für ein breites Rollout der vorgeschlagenen Konzepte ist eine erfolgreiche Realisierung der initialen Leitprojekte entscheidend, als Kick-off für ein Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen.

## 4.5 Erarbeitung der wesentlichen Aspekte des Reallabors

Um ein umfassendes Konzept eines langfristig angelegten Reallabors zu schaffen, wurde zusätzlich ein Geschäftsmodell, das dem Reallabor zugrunde liegen soll, erarbeitet, eine Übertragbarkeitsanalyse und Umweltanalyse (Stakeholder-Mapping) durchgeführt, sowie eine Test-Logik, die das Reallabor auszeichnet, definiert.

### 4.5.1 Geschäftsmodellierung

Die Gestaltung des Geschäftsmodells für das Reallabor kann unterschiedliche Wege gehen. Im Grunde handelt es sich um ein organisatorisches Gebilde, das in der Region verankert ist und Innovationen testet und vorantreibt, wovon sowohl die am Reallabor beteiligten Personen und/oder Institutionen profitieren, als auch die Region selbst, da es wie ein Magnet Innovationen in die Region hineinzieht. Verschiedene Stakeholder in der Region, aber auch außerhalb sind an den Aktivitäten des Reallabors beteiligt oder haben Interesse an dessen Ergebnissen. Deshalb muss das Geschäftsmodell aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden und die Vorteile sollten für unterschiedliche Stakeholder-Gruppen sichtbar sein. Gleichwohl wird das Reallabor über die Laufzeit seine Funktionsweise und seinen Umfang ändern. Somit soll auch das Geschäftsmodell flexibel gestaltet sein und ein anvisiertes Wachstum mittragen. Für die Ausgestaltung kann auf bestehenden ähnlichen Modellen aufgesetzt werden, da man auch davon ausgehen kann, dass die hierfür zur Verfügung gestellte Förderung auf existierenden Förderinstrumenten aufbaut.

<sup>1</sup> Leitprojekte in den Phasen „Mittelfristig“ und „Langfristig“ sind zum Startzeitpunkt der initialen Leitprojekte noch nicht ausdefiniert, da sie sich erst aus der Evaluierung und Anpassung der vorangegangenen Realtests und Leitprojekte ergeben sollen.

Das Geschäftsmodell muss dabei so ausgelegt sein, dass es beim relevanten Kundensegment einen Wert generiert. Hierbei ist es wichtig, dass das Reallabor, da es sich in bestehenden Innovationsökosystemen bewegen wird, in diese Strukturen eingepasst wird und hier gewisse Lücken identifiziert und diese, sofern sie sich in seinem Tätigkeitsbereich befinden, auch aktiv nutzt. Da die Energiewirtschaft und -infrastruktur derzeit vor großen Herausforderungen steht und sich einer Transformation unterziehen wird, ist mit einem vermehrten Auftreten solcher Lücken bzw. mit erhöhtem Innovationsbedarf seitens der bestehenden Akteure zu rechnen. Grundsätzlich besteht bereits jetzt der Bedarf an Lösungen, die sowohl technologische, wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Entwicklungen miteinander vereinen und Barrieren in der Umsetzung, die durch die Anpassung neuer Technologien in bestehende Systeme entstehen, möglichst vermeiden. Dies ist insbesondere bei höheren Technologiereifegraden relevant, wo eine Technologie oder ein System noch nicht die Marktreife erlangt hat jedoch Versuche unter Laborbedingungen oder in geschützter Umgebung bereits abgeschlossen sind.

#### **4.5.2 Wissenstransfer**

Das Reallabor zielt darauf ab, Akteur:innen zu vernetzen, Umsetzungen zu beschleunigen und soll als Multiplikator vorhandenes und neues Wissen an die richtige Zielgruppe bringen. Im Rahmen des Wissenstransfers werden Erkenntnisse und lessons learned aus der Region sowie von anderen/ähnlichen Projekten gesammelt, ggf. aufbereitet und an einen breiten überregionalen Stakeholderkreis verteilt, sodass Projekte rasch ausgerollt und skaliert werden können.

Das gesammelte Wissen wird zielgruppengerecht in Wissenstransfer-Formaten und Unterlagen aufbereitet. Der Wissenstransfer soll über analoge und digitale Kanäle, über ein aktives zugehen auf relevante Stakeholder, Workshops, Webseiten, Podcasts, Blogs, Videos, etc. erfolgen.

Für einen gelungenen Wissenstransfer ist es erforderlich, die Schlüsselakteur:innen in der Region zu kennen, ihre möglichen Rollen einzuschätzen und zu hinterfragen, in welcher Art und Weise sie eingebunden werden können.

Als zweiten Teil des Stakeholdermappings wurden den einzelnen Gruppen nun mögliche Rollen zugewiesen und aufgeschlüsselt, wie die Institutionen aktiviert/mobilisiert werden können bzw. über welche Kanäle/Kommunikationsmittel sie erreicht werden können, da unterschiedliche Medien für verschiedene Ziele/Botschaften geeignet sind.

#### **4.5.3 Testlogik des Reallabors**

Zur Konzipierung der Testlogik für das # Murau : Reallabor kann auf Erfahrungen aus den deutschen SINTEG (Schaufenster Intelligente Energie) Reallaboren zurückgegriffen werden. Als großflächige Praxistests für die Energieversorgung der Zukunft und die Digitalisierung des Energiesektors arbeiteten vom Jahr 2016 bis zum Jahr 2020 in fünf Modellregionen, sogenannten Schaufenstern, über 300 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Kommunen zusammen, um Musterlösungen für die zukünftige Energieversorgung zu erarbeitet und zu testen (BMWK, 2022). Die Praxistests in den SINTEG Reallabore haben dazu gedient, zu erproben, welche Technologien und Geschäftsmodelle sich in der Praxis bewähren und welche Akteure erforderlich sind, um die Energiewende in die Umsetzung zu bringen. Die Reallabore waren dabei eine Art Validierungsumgebung für die innovativen Lösungen. Die Praxistests in den Reallaboren haben zur Weiterentwicklung von Prototypen geführt und dabei

geholfen, Hindernisse für eine großflächige Skalierung zu identifizieren und die Übertragbarkeit zu verbessern (Widl, et al., 2022).

Folgende Schlüsse können für das # Murau : Reallabor aus den SINTEG Reallaboren gezogen werden:

- Bereits im Aufsetzen und Design der Realtests sollte auf ein ausgewogenes Portfolio geachtet werden. Konkret werden Sektorkopplung und das Gesamtenergiesystem im Fokus sein.
- Nicht alle Lösungen werden in der realen Umgebung gleich erfolgreich sein, es wird Hindernisse, Anpassungen und Verzögerungen geben. Daher ist es empfehlenswert mehrere Lösungen mit unterschiedlichem Reifegrad in der Testumgebung zu erproben.
- Die Vorteile der Realtests liegen darin, dass die Realität in ihrer vollen Komplexität abgebildet wird. Dies kann jedoch nur dann erfasst und genutzt werden, wenn die Realtests entsprechend begleitet werden und aus Erfolgen wie auch Fehlern gelernt wird.
- Eine große Herausforderung bei Realtests ist oft die Validierung. Die reale Umgebung bietet zwar einen idealen Experimentierraum, um neue Technologien in der vollen Komplexität der Realität zu testen, jedoch muss gerade bei realen Eingriffen in eine kritische Infrastruktur wie dem Energiesystem eher vorsichtig und mit Bedacht vorgegangen werden. Daher ist es notwendig, die Realtests mit Simulationen zu koppeln.
- In den Simulationen kann eine radikalere Transformation des Energiesystems, eine testweise Übertragung auf andere Regionen oder die Zukunft in Form von Szenarien dargestellt werden. Außerdem bieten Simulationen die Möglichkeit, quasi Laborbedingungen zu schaffen und die Rahmenbedingungen zu kontrollieren, was in der realen Umgebung vorab nicht möglich ist.
- Auch eine Kopplung von simulierten Umgebungsbedingungen (technisch, wirtschaftlich) mit dem realen Betrieb („Hardware-in-the-Loop“) ist sinnvoll, da dies eine Verknüpfung von Realität und Szenarien ermöglicht (Widl, et al., 2022). Mit Hilfe der Hardware-in-the-Loop Methode können reale Betriebsdaten in die Simulationen einfließen und so eine simulierte Testumgebung gekoppelt mit Echtzeitdaten schaffen.

#### **4.5.4 Monitoringkonzept**

Jedenfalls wird ein Evaluierungs- und Monitoringkonzept als ein wesentlicher Bestandteil des Reallabors gesehen. Grundlage für das Konzept ist die Energiestrategie und -vision der Region Murau. Die schrittweise Umsetzung der Strategie erfordert einerseits einen Überprüfungsmechanismus, ob die gesetzten Maßnahmen ihre Wirkung entfalten, darüber hinaus ist es von wesentlicher Bedeutung für die Replikation der Maßnahmen, in dem bekannt wird, inwiefern die Maßnahmen der Erreichung der Ziele beitragen und mit welchen Auswirkungen bei weiteren Implementierungen zu rechnen ist. Das Konzept unterstützt also die Implementierung sowohl auf der Projektebene als auch auf regionaler Ebene zur weiteren Entwicklung der Strategie eines „100% erneuerbaren Systemkraftwerks“.

Die Sammlung von Daten erfordert das Einhalten von rechtlichen und vertraglichen Schutzprinzipien, die im Konzept von Anfang an Berücksichtigung finden müssen, u.a. die Datenschutzgrundverordnung, Vertraulichkeitsvereinbarungen und Open-Science-Prinzipien. Diese Prinzipien sind nicht nur vom Reallabor selbst zu beachten, sondern auch in Form von Vorgaben an Partner-Organisationen des Reallabors und Projektmitarbeitende weiterzugeben. Für die Weitergabe der Daten ist ein Standardisierungsprozess notwendig, der sicherstellt, dass Daten im geeigneten Format übertragen werden und zusammenführbar bzw. auswertbar sind. Auch ein Ansatz für das Füllen von Datenlücken sollte vorhanden sein, da die Datenquantität und -qualität bei den Vorhaben deutlich schwanken kann.



Für die Auswertung der Daten ist ein einheitlicher Indikatoren-Set auszuarbeiten, der sich an den quantitativen Zielen der Region orientiert und idealerweise auch eine gewisse Kompatibilität zu anderen Indikatoren-Systemen aufweist, damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und ihre weitere Verwendung sichergestellt werden kann.

#### **4.5.5 Übertragbarkeit der Lösungen**

Für die Analyse der Übertragbarkeit wurden zwei Blickwinkel genommen: einerseits die Potentiale in Europa, andererseits ähnliche Regionen innerhalb Österreichs.

Der ländlich strukturierte Bezirk Murau verfügt durch seine geographische inneralpine Lage<sup>2</sup> südlich des Alpenhauptkammes über großes Potenzial an den natürlichen Ressourcen Biomasse, Wasser, Sonne und Wind. Die Gemeinde Murau liegt auf einer Seehöhe von etwa 800 m.

Die räumliche Analyse wurde auf zwei Ebenen durchgeführt: europaweit und national. Die europaweite Analyse auf NUTS 3 Ebene<sup>3</sup> diente zur Übersicht über Regionen, die in weiterer Folge betrachtet werden sollten. National wurde die Analyse detaillierter durchgeführt und einzelne Gemeinden betrachtet, um so ein nationales Replikationspotential zu bekommen. Damit konnte außerdem eine Priorisierung geschaffen werden, welche Regionen welchen Beitrag zu einem klimaneutralen Österreich leisten könnten.

---

<sup>2</sup> Darunter versteht man grundsätzlich die Gebirgsregionen, welche sich zwischen den Nordalpen und den Südalpen befinden.

(<http://www.alpenbergwetter.com/de/bergwetterlexikon/inneralpin.php#:~:text=Darunter%20versteht%20man%20grunds%C3%A4tzlich%20die,inneralpiner%22%20ist%20es%20zu%20bezeichnen>)

<sup>3</sup> „Nomenclature des unités territoriales statistiques“: Systematik zur Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten der amtlichen Statistik in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union.

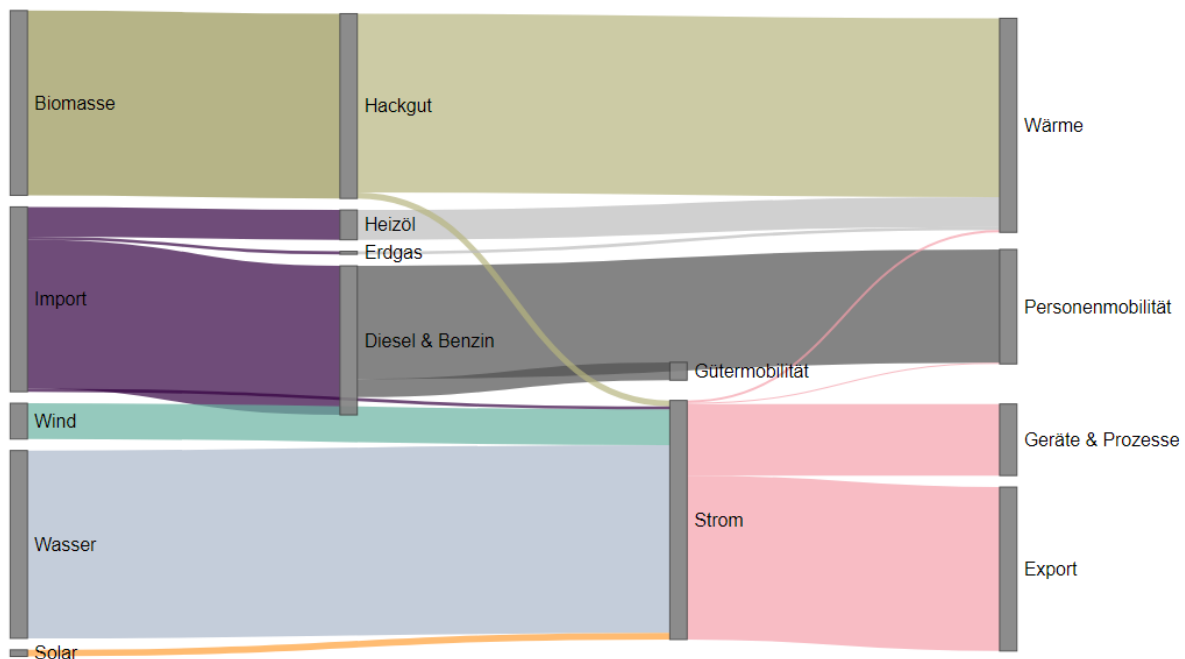
# 5 Ergebnisse

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Ergebnisse des Sondierungsprojekts zusammen. Dazu zählen das Status Quo des Energiesystems von Murau, die Handlungsoptionen und Ausbaupfade (jeweils Sektor- unterteilt), die Identifikation erster Demoprojekte, ihre Rolle im 100%-dekarbonisierten Energiesystem, die übergeordnete Systemlösung und Ergebnisse der Übertragbarkeitsanalyse.

## 5.1 Energiekulisse in Murau – Analyse des Energiesystems

Zur Darstellung der derzeitigen Energiesituation in seiner Gesamtheit wurde ein Energieflussdiagramm erstellt (Abbildung 4). Es soll dazu beitragen, die wesentlichen Bewegungen und Energieflüsse zu veranschaulichen und begreifbar zu machen. Vor allem zur späteren Diskussion der zu ergreifenden Maßnahmen leistet das Energieflussdiagramm einen wichtigen Beitrag zur Priorisierung und Einordnung, da es ermöglicht, die effektivsten Stellschrauben für die Dekarbonisierung zu identifizieren.

Abbildung 4: Energieflussdiagramm Region Murau - Status Quo



Die gesamte Energieaufbringung des Bezirks beträgt etwa 900 GWh pro Jahr. Dieses Aufkommen teilt sich im Wesentlichen in Stromerzeugung (400 GWh/a), Importe von fossilen Brennstoffen (280 GWh/a) sowie Wärmeerzeugung aus Biomasse (200 GWh/a).

### 5.1.1 Status Quo des Stromsektors

Der Stromsektor ist in erster Linie von Erzeugungskapazität aus Wasserkraft dominiert. Tabelle 1 fasst die bestehenden Erzeugungskapazitäten der Region zusammen. Derzeit beträgt die Stromproduktion

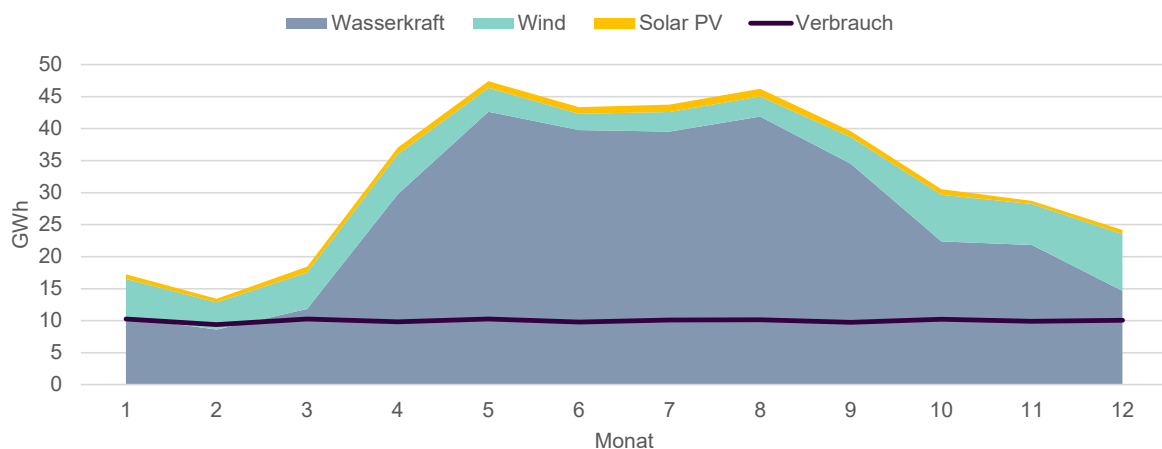
rund 400 GWh/a und setzt sich aus etwa 325 GWh/a Wasserkraft, 65 GWh/a Wind sowie 10 GWh/a Solar-PV zusammen. Dabei ist ersichtlich, dass besonders im Bereich der Solar-PV Erzeugung noch starke Ausbaupotenziale vorliegen. Der Strombedarf der Region beträgt etwa 120 GWh/a, die jährliche Stromerzeugung übersteigt daher den Verbrauch deutlich.

Tabelle 1: Erzeugungskapazitäten in der Region Murau (2020) (Holzwelt Murau, 2022)

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| <b>Wasserkraft</b>  | 88.5 MW              |
| <b>Biomasse KWK</b> | 2.2 MW <sub>el</sub> |
| <b>Biomasse HKW</b> | 41 MW <sub>th</sub>  |
| <b>Solar-PV</b>     | 12.6 MW              |
| <b>Wind</b>         | 32 MW                |

Abbildung 5 zeigt das Zusammenspiel von Strom-Erzeugung und Verbrauch in der Region auf einer monatlichen Ebene. Rein bilanziell kann der Bedarf auf Monatsebene zu jederzeit mit lokalen Ressourcen gedeckt werden. Jedoch kommt es vor allem in den Monaten Jänner, Februar und März oft zu Stunden, in denen ein Bezug aus dem übergeordneten Netz notwendig wird.

Abbildung 5: Monatliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Status Quo<sup>4</sup>

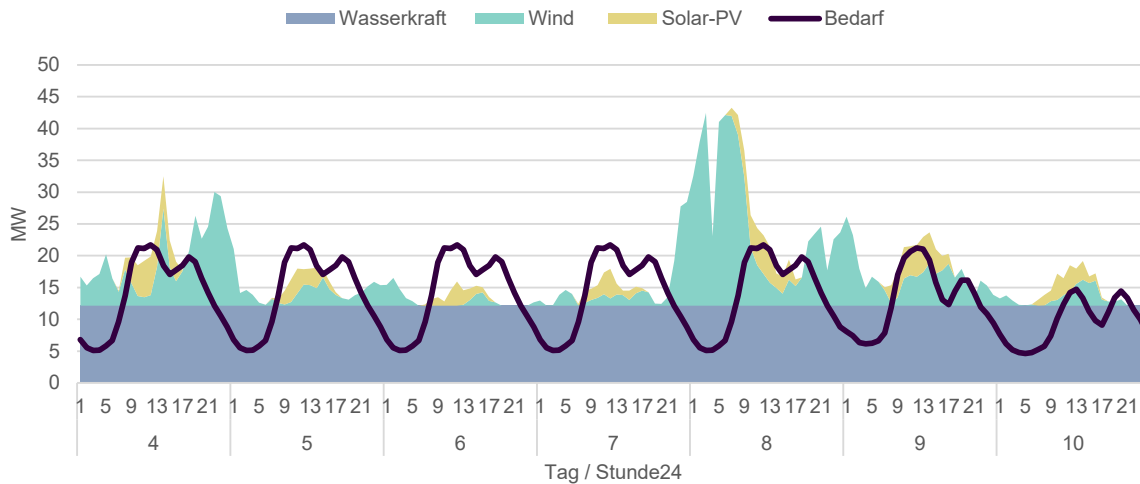


Deutlich wird dies in einer stündlichen Betrachtung einiger Wintermonate, wie in Abbildung 6 exemplarisch für die KW 10 im März 2018 dargestellt. Erzeugung aus Wasserkraft ist typischerweise sehr niedrig während der Wintermonate, jedoch wird deutlich, dass vor allem mit Wind ein weiterer großer Teil des Strombedarfs abgedeckt werden kann. Dennoch ergeben sich einige Lücken, die nicht aus eigener Erzeugung gedeckt werden können. Das schlägt sich in Form der Stromimporte nieder, die

<sup>4</sup> Zur Analyse der Interaktionen im Stromsektor wurde ein statisches (ohne optimalen bzw. kostenminimierenden Einsatz von Erzeugung oder Verbrauch) Modell auf stündlicher Ebene erstellt. Es werden für drei historische Wetterjahre (2016-2018) die stündlichen Erzeugungstypen aus verschiedenen Datenquellen (siehe Kapitel 8) kombiniert, um das stündliche Verhalten unter verschiedenen Ausbauszenarien analysieren zu können.

sich im Status Quo in einer Größenordnung von 5 GWh bewegen und in erster Linie auf die Wintermonate Jänner und Februar entfallen, wo wenig Erzeugung aus Wasserkraft stattfindet.

Abbildung 6: Stündliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Status Quo<sup>5</sup>

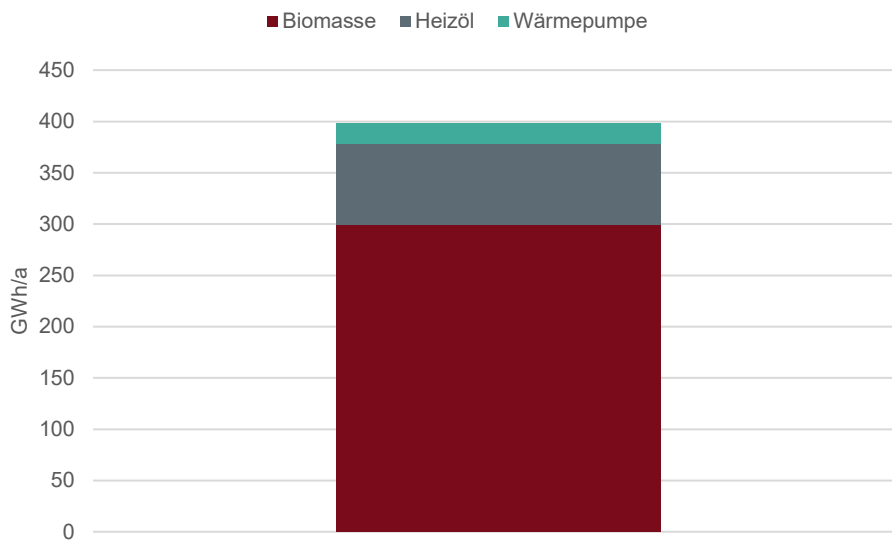


### 5.1.2 Status Quo des Wärmesektors

Die Bereitstellung von Wärme in der Region Murau setzt sich im Wesentlichen aus Biomasse, Heizöl und zu einem geringen Teil Wärmepumpen zusammen. Der gesamte Bedarf für Raumwärme beträgt etwa 400 GWh, was bei einer gesamten Wohnfläche im Bezirk von 1.630.100 m<sup>2</sup> einem spezifischen Verbrauch von rund 200 kWh/m<sup>2</sup>/a entspricht (Abart-Heriszt L, 2022). Die alpine Lage und die damit verbundenen niedrigeren Temperaturen sowie geringe Besiedlungsdichte ergeben tendenziell einen erhöhten Wärmebedarf. In Bezug auf die Aufteilung auf Energieträger wurde in Abstimmung mit den Stakeholdern und auf Basis einer Wärmebedarfserhebung der Holzwelt Murau die Annahme von 75% Biomasse, 20% Heizöl und 5% Wärmepumpen zu Grunde gelegt. Zusammenfassend dargestellt sind diese Informationen in Abbildung 7.

<sup>5</sup> Die Abbildung zeigt die modellierte stündliche Interaktion zwischen Bedarf und erneuerbaren Kapazitäten im Bezirk Murau für die KW 10 im Jahr 2018 (4-10. März). Exkl. Bedarf für EV und Wärmepumpen

Abbildung 7: Wärmebedarf nach Quelle (Abart-Heriszt L, 2022)<sup>6</sup>



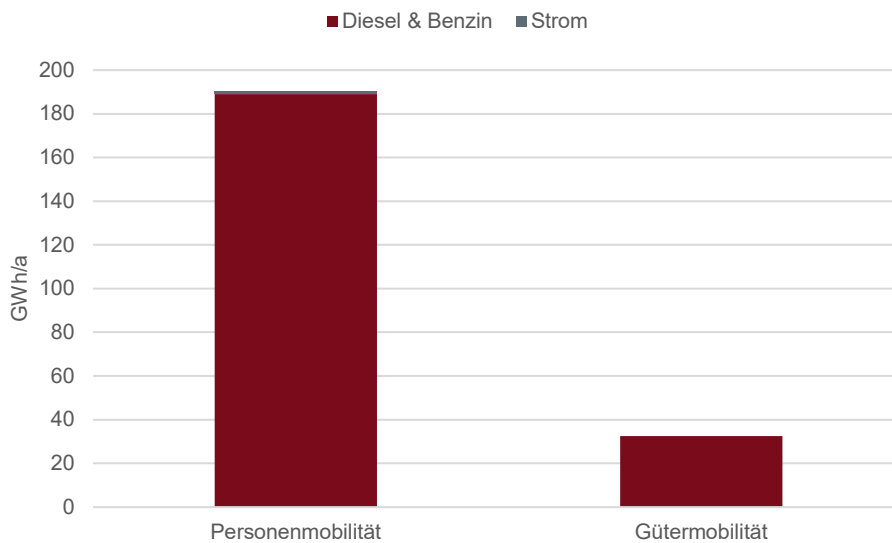
### 5.1.3 Status Quo des Mobilitätssektors

In der Region Murau ergibt sich ein Energiebedarf im Mobilitätssektor von rund 220 GWh pro Jahr. Gemäß Abbildung 8 entfallen rund 190 GWh davon auf die Personenmobilität und etwa 30 GWh auf die Gütermobilität (Abart-Heriszt L, 2022).

Legt man dabei einen Durchschnittsverbrauch von 0,66 kWh/km für Diesel & Benzin, 0,21 kWh/km für Elektrofahrzeuge sowie eine durchschnittliche PKW-Besetzung von 1,14 zugrunde (Umweltbundesamt, 2022), ergibt sich eine Kilometerleistung von rund 12.000 km pro Einwohner und Jahr. Laut KFZ-Bestand Statistik Austria sind im Bezirk Murau rund 75 Elektro-PKW sowie etwa 200 Hybrid-PKW gemeldet. Im Vergleich zu etwa 10.000 Benzin sowie 12.000 Diesel-PKW kann der Strombedarf von Elektrofahrzeugen als äußerst gering (~ 1GWh) eingeschätzt werden.

<sup>6</sup> Gesamtbedarf Aufteilung der Energieträger in Abstimmung mit den Projektpartnern

Abbildung 8: Energiebedarf nach Energieträger im Mobilitätssektor, Status Quo



## 5.2 Handlungsoptionen und Ausbaupfade

Im Folgenden sollen verschiedene Ausbaupfade beschrieben und charakterisiert werden. Im Wesentlichen kann das Szenario anhand folgender Maßnahmen beschrieben werden

- Zubau von Solar-PV bzw. Wind Kapazitäten
- Elektrifizierung von Mobilität durch Elektromobilität
- Elektrifizierung von Wärme durch Wärmepumpen
- Batteriespeicher & Elektrolyse

### 5.2.1 Solar-PV & Windzubau

Aufgrund des großen Flächenangebots in der Region Murau bietet der Ausbau von Solar PV eine große Chance zur Erzeugung von regenerativer Energie. Die Realtests in der kurzen Frist K1 adressiert den Ausbau von Solar-PV. Laut Photovoltaic Geographical Information System (PV-GIS)<sup>7</sup> kann im Raum Murau mit einem Kapazitätsfaktor von rund 12% (etwa 1.000 Volllaststunden) gerechnet werden. Ein Zubau von etwa 200-250 MW würde daher eine zusätzliche Erzeugung von rund 200-250 GWh bedeuten, was den derzeitigen Strombedarf von rund 120 GWh bilanziell bei weitem übersteigt.

Notwendige Voraussetzung zur sinnvollen Nutzung zusätzlicher erneuerbarer Erzeugung ist daher entweder eine hinreichende Exportkapazität, eine Speichermöglichkeit oder die intelligente Erhöhung des Eigenbedarfs.

Der Tauernwindpark mit einer derzeitigen Kapazität von 32 MW weist einen Kapazitätsfaktor von 22% auf. Entsprechend der Diskussionen mit den Stakeholdern im Rahmen des laufenden Sondierungsprojekts konnte ein weiteres Potenzial von etwa 90 MW definiert werden. Somit würde

<sup>7</sup> [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

ein weiterer Ausbau an ähnlichen Standorten auf insgesamt 120 MW in einer zusätzlichen Erzeugung von etwa 170 GWh resultieren.

Abbildung 9 zeigt die in Abstimmung mit den Projektpartnern gewählten Ausbaupfade für Wind-, Solar- & Wasserkraft für die im Zuge der Roadmap vorgenommenen Analyse.

Abbildung 9: RES-Ausbaupfade für die Analyse im Zuge der Roadmap

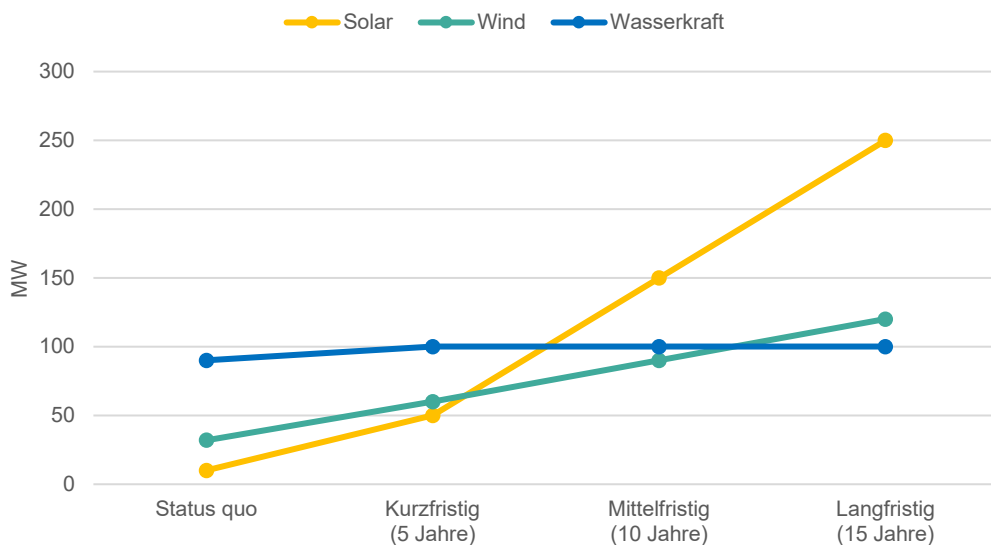
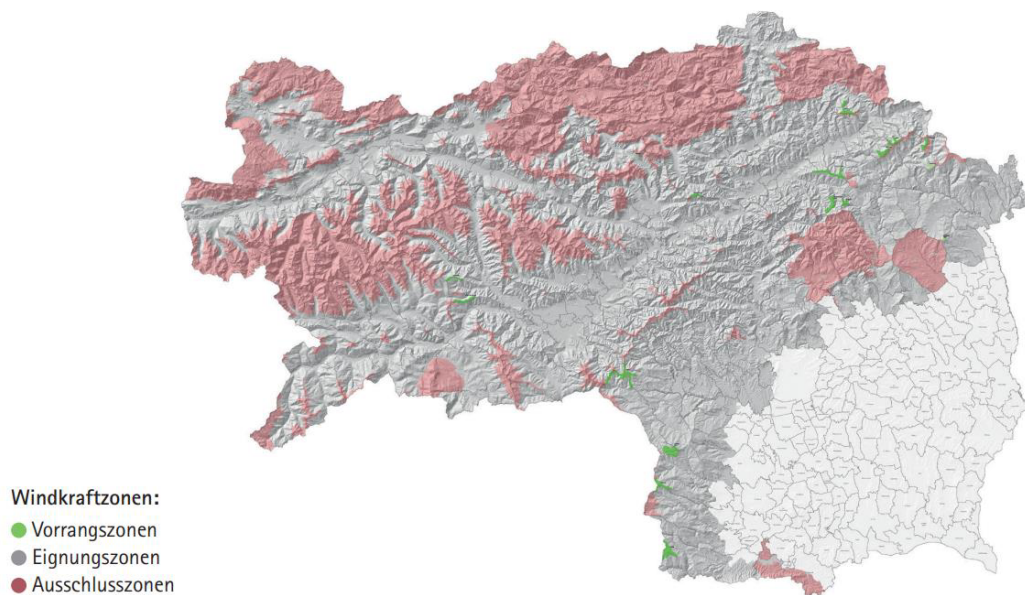


Abbildung 10 zeigt die laut Land Steiermark definierte Windkraftzonen im gesamten Landesgebiet, die derzeit (Stand 2019) bestehenden Windparks. In fast allen sogenannten Vorrangzonen sind bereits bestehende Windparks verortet. Die Gesamtkapazität der Windparks in der Steiermark beträgt rund 500 MW, wobei auf den Bezirk Murau 32 MW entfallen. Der lokale Tauernwindpark (Oberzeiring I-III) fällt in Bezug auf den Standort in den Nachbarbezirk, jedoch ist er an das Netzgebiet des Bezirks Murau angeschlossen, wodurch eine Zurechnung legitim wird. Darüber hinaus bestehen noch keine Windparks im Bezirk, was jedoch weniger auf meteorologisch/geographische Gegebenheiten als vielmehr auf soziale und politische Faktoren zurückzuführen ist. In vielen Fällen wird Windkraft als unvereinbar mit touristischen Interessen gesehen. Allerdings kann Wind, wie oben gezeigt, vor allem im Hinblick auf den Strombedarf im Winter einen wesentlichen Beitrag zur Deckung des Strombedarfs leisten.

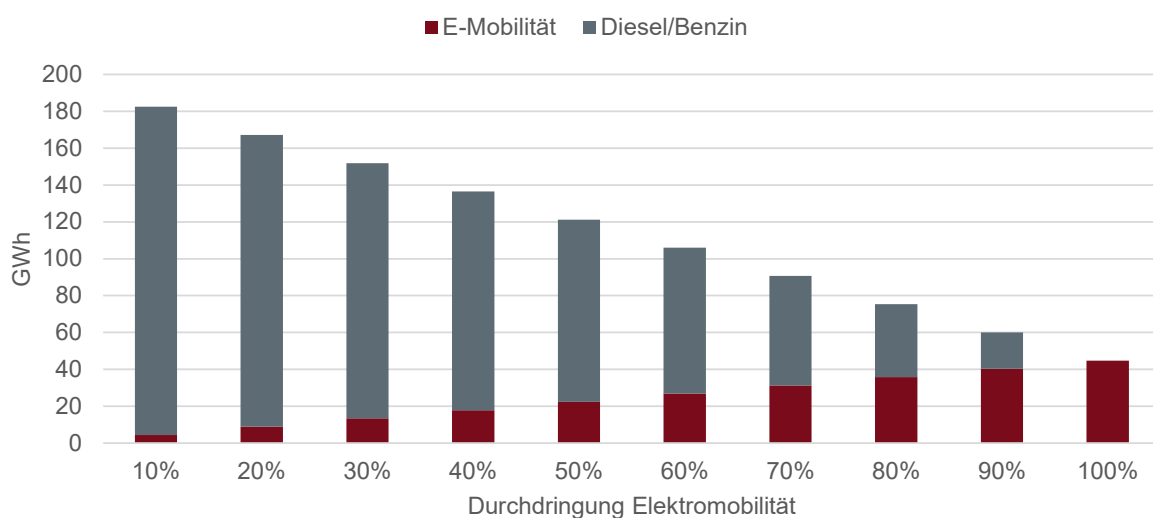
Abbildung 10: Windkraftzonen in der Steiermark (LandSteiermark, 2020)



### 5.2.2 Ausbaupfad zur Elektrifizierung der Mobilität

Abbildung 11 zeigt die Auswirkung der Elektrifizierung des Personenverkehrs auf die Gesamtenergiebilanz. Im Status Quo bei einem Anteil Verbrennungsmotoren von annähernd 100% ergeben sich Energieimporte fossiler Natur von rund 180 GWh. Durch die günstige Effizienz in der Elektromobilität (21 kWh/100km elektrisch im Vergleich zu 66 kWh/100km Diesel (Umweltbundesamt, 2022)) ergibt sich mit zunehmender Elektrifizierung ein insgesamt sinkender Energieverbrauch für die Personenmobilität. Eine Durchdringung von 70% (d.h. 70% der Gesamtkilometerleistung werden elektrisch bewältigt) reduziert den Gesamtenergiebedarf auf rund die Hälfte.

Abbildung 11: Elektrifizierung von Mobilität – Auswirkungen der Elektromobilität auf den Gesamtenergieeinsatz





Natürlich stellt diese Darstellung eine vereinfachte Betrachtungsweise dar. Eine detailliertere Analyse erfordert die Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit sowie eine exakte Auflösung in ein stündliches Profil. Der stündliche Strombedarf wurde mit Hilfe des Lastprofilgenerators (<https://ev-lastprofil.ait.ac.at/>) in das Modell aufgenommen. Unter Berücksichtigung der Pendlerströme zwischen NUTS3 Regionen, des Wetters und einer preisgesteuerten Ladung können Ladeprofile in stündlicher Auflösung generiert werden.

Bei einer 100% Elektrifizierung des Personenverkehrs bewegt sich der daraus resultierende Strombedarf (rund 40 GWh) in einer Größenordnung von rund 30% in Bezug auf den derzeitigen gesamten Stromverbrauch. Für die Abbildung der Energiekulisse zu zukünftigen Zeitpunkten wurde der in Tabelle 2 Elektrifizierungspfad umgesetzt. Realtests K5 und K6 widmen sich genau dieser Problematik und tragen dazu bei, den elektrischen Anteil der Personenkilometer zu erhöhen.

Tabelle 2: Pfad für die Elektrifizierung der Personenmobilität

|                                  | Kurzfristig<br>(5 Jahre) | Mittelfristig<br>(10 Jahre) | Langfristig<br>(15 Jahre) |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Elektrifizierung Personenverkehr | 20%                      | 60%                         | 80%                       |

### 5.2.3 Ausbaupfad zur Dekarbonisierung der Wärme

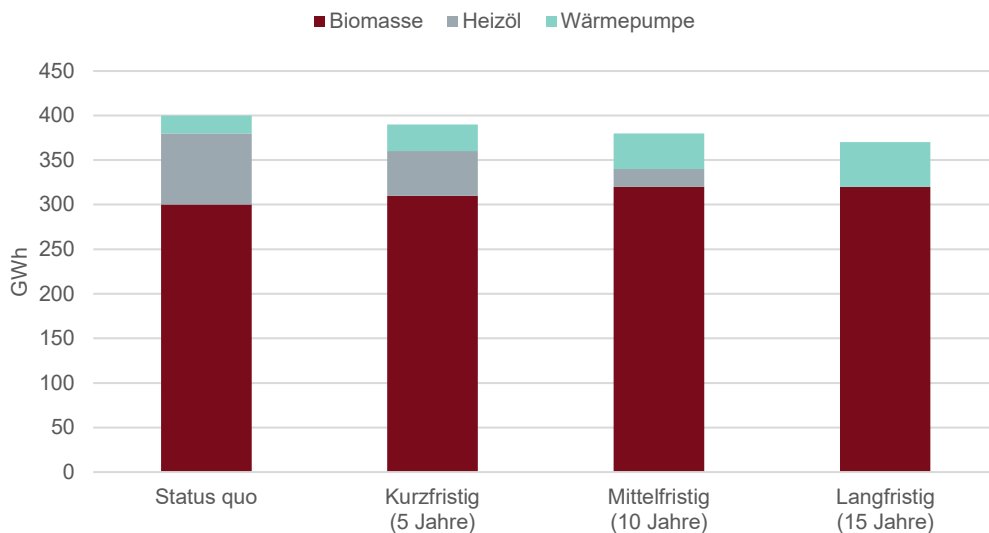
Analog zur Elektrifizierung der Mobilität lässt sich das Bild hinsichtlich Elektrifizierung der Wärme darstellen. Derzeit wird etwa 75% des gesamten Energiebedarfs für Wärme aus Biomasse bereitgestellt, weitere 25% aus Heizöl. Der Anteil an Erdgas ist aufgrund einer sehr kleinen Zahl an Inselanlagen als sehr gering anzusetzen. Abbildung 12 zeigt den geplanten Dekarbonisierungspfad für die Wärmebereitstellung. Zur Dekarbonisierung des Wärmebedarfs sind im Wesentlichen die folgenden drei Maßnahmen angedacht:

- **Reduktion des Wärmebedarfs durch thermische Sanierung:** Für die vorliegende Analyse wurde eine Reduktion um 7,5% von 400 GWh auf 370 GWh angenommen. Dies entspricht der geplanten Reduktion des Primärenergiebedarfs im Einklang mit der Energiestrategie des Landes Steiermark
- **Ausbau des Biomasse-Beitrags in der Fernwärme:** Der Beitrag durch Biomasse wurde für die Analyse von 300 GWh auf langfristig 320 GWh erhöht, entsprechend dem Realtest K3
- **Einsatz von Wärmepumpen:** Der Beitrag von Wärmepumpen wurde von derzeit rund 20 GWh auf langfristig 50 GWh erhöht. Unter Annahme eines COP (Coefficient of Performace) von rund 3 bedeutet dies einen zusätzlichen Strombedarf von rund 15 GWh.

Tatsächlich ist der COP technologie-abhängig (Erdwärme-, Wasser- oder Luftwärmepumpe) und variiert im Zeit- und Temperaturverlauf. Bei niedrigeren Temperaturen kann im ungünstigsten Fall wenig Umgebungswärme genutzt werden, womit der COP gegen 1 absinkt. An Wintertagen mit niedrigen Temperaturen steigt somit auch der Strombedarf für Wärmepumpen, da weniger Umgebungsenergie genutzt werden kann. Die erneuerbare Bereitstellung zu diesen Zeiten bleibt – im Hinblick auf den von Wasserkraft dominierten Erzeugungsmix der Region – daher eine große Herausforderung.

Wie groß der zusätzliche Strombedarf in den jeweiligen Wintermonaten aufgrund der Elektrifizierung der Wärme tatsächlich ist, wurde im Zuge einer statischen stündlichen Analyse des Energiesystems Murau quantifiziert.

Abbildung 12: Pfad zur Dekarbonisierung der Wärme



Wie in Abbildung 12 ersichtlich, werden rund 300 GWh/a des Wärmebedarfs über Biomasse, in der Regel aus Holz bestehend, gedeckt. Grundsätzlich stellt Biomasse eine nachwachsende Ressource dar. Bei einem großflächigen Einsatz ergibt sich jedoch die Frage nach dem indirekten Flächenbedarf sowie der alternativen Verwendungsmöglichkeit dieser Fläche.

Setzt man eine Effizienz von rund 80% für Biomasseheizkessel voraus, entspricht das einem Primärenergiebedarf von etwa 380 GWh. Wie eingangs erwähnt, ist der Bezirk Murau durch großen Waldreichtum gekennzeichnet. Laut Energiemosaik (Abart-Heriszt L, 2022) beträgt die Alm- & Waldfläche etwa 90.000 ha. Um den derzeitigen Wärmeenergiebedarf zu decken, werden rund 23.000 ha benötigt<sup>8</sup>, was wiederum einem Viertel der gesamten Waldfläche entspricht. Bei der Deckung des gesamten Wärmebedarfs aus Biomasse/Holz, würde der indirekte Flächenbedarf sogar ein Drittel des Waldbestandes betragen.

Im Rahmen des ‚Fit-for-55 Pakets‘ sind die Mitgliedstaaten angehalten, den Abbau von Treibhausgasen durch natürliche Senken zu verbessern. Die europäische Waldstrategie (Europäische Kommission, 2021) spricht in diesem Zusammenhang von einer ‚kaskadischen Nutzung‘ und möchte dezidiert eine möglichst langlebige Nutzung von Holzprodukten fördern. Nur durch eine möglichst langlebige Nutzung kann Holz Kohlenstoff binden und seiner Funktion als natürliche CO<sub>2</sub>-Senke gerecht werden.

Würde dieselbe Menge Holz (jährlich rund 185.000 m<sup>3</sup>) einer langlebigen Nutzung zugeführt werden, könnte genau diese Waldfläche dazu beitragen (unter Annahme, dass je 1 m<sup>3</sup> Holz jeweils 1 t<sub>CO2</sub> bindet), etwa 185.000 t<sub>CO2</sub> jährlich aus der Atmosphäre zu ziehen.

<sup>8</sup> Ausgehend von einem jährlichen Zuwachs von 8 Vorratsfestmetern/ha, einer Energiedichte von 4 kWh/kg und einem spezifischen Gewicht von 0.5 kg/l für Brennholz

#### **5.2.4 Ausbaupfad Energieeffizienz**

Die Klima- und Energiestrategie des Landes Steiermark (LandSteiermark, 2020) sieht eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 30% bezogen auf das Ergebnis eines linear steigenden Trends aus dem Jahr 2005 vor. Der Zielwert liegt somit 8% unter dem Wert von rund 180 PJ aus dem Jahr 2015.

Für die Region Murau sollte analog ein gewisses Einsparungspotenzial im Primärenergiebedarf angenommen werden. Fraglich ist jedoch, welcher Sektor diese Reduktion des Energiebedarfs realisieren kann. Trotz steigender Energieeffizienz im Bereich der Stromanwendungen ist weiterhin mit einem steigenden Bedarf des Energieträgers Strom zu rechnen. Für die Wärmebereitstellung im Gebäudesektor gibt es mehrere Faktoren. Steigende Temperaturen im Zuge des Klimawandels sowie die thermische Sanierung von Gebäuden tragen zu einer Reduktion des Energiebedarfs dar. Wenngleich auch die Zunahme der spezifischen Wohnfläche je Einwohner steigen könnte, ist es plausibel anzunehmen, dass im Gebäudesektor hinsichtlich Wärmebereitstellung durchaus mit Reduktionspotenzialen gerechnet werden kann.

#### **5.2.5 Flexibilitäten im System**

Parallel zum Ausbau von erneuerbaren Kapazitäten sollte die Bereitstellung von Flexibilitäten im Stromsystem forciert werden, um Gleichzeitigkeit in Verbrauch und Erzeugung zu gewährleisten. Gleich mehrere Murauer Realtests adressieren genau dieses Thema und tragen zu einer höheren Flexibilität im System bei. Mittelfristig ist auch der Aufbau eines regionalen Aggregators vorgesehen, der die flexiblen Kapazitäten an den relevanten Märkten platzieren kann und somit die Markteintrittsbarriere für lokale flexible Verbraucher oder Erzeuger verringert.

### **5.3 Entwicklung der ersten Demoprojekte des Reallabors entlang der Roadmap**

Im Rahmen des Sondierungsprojekts „# Murau : Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen“ wurden eine Reihe von Realtests identifiziert. Sämtliche Realtests finden (per Definition) in kleinerem Maßstab statt, dienen jedoch als systematische Demonstration von speziellen Lösungskonzepten. Tatsächlich stellen Realtests aber eine effektive Möglichkeit dar, die Probleme zu adressieren und gezielt Lösungen zu testen.

Die folgenden Realtests wurden im Zuge der Diskussionen durch Stakeholder identifiziert. Tabelle 3 zeigt eine Kategorisierung der identifizierten Realtests und listet den jeweiligen Anwendungsbereich auf. Die wichtigste, daher in folgender Tabelle auch farblich hervorgehobene, Unterteilung ist jene nach dem Umsetzungszeitraum. Je nach Realtest ist der mögliche bzw. sinnvollste Zeitpunkt für eine Umsetzung etwas unterschiedlich. Ist eine Umsetzung in den nächsten 5 Jahren möglich/zweckmäßig so wird dieser Realtest als „kurzfristig“ umsetzbar bezeichnet, in den nächsten 10 Jahren als „mittelfristig“. „Langfristig“ bedingt einen Umsetzungshorizont von ca. 15 Jahren.

Tabelle 3: Geclusterte Realtests

| No  | Name                                                                            | Entwicklungsachse                                       | Kategorie                                                     | Zeitraum Umsetzung |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| K1  | Großflächen-PV-Anlagen (20MWp)                                                  | Stromwende                                              | Erzeugung                                                     | Kurzfristig        |
| K2  | Batteriespeicher (mehrere MWh)                                                  | Stromwende                                              | Speicherung                                                   | Kurzfristig        |
| K3  | Mehr Biomasse in der Fernwärme                                                  | Wärmewende                                              | Erzeugung                                                     | Kurzfristig        |
| K4  | Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge                                               | Stromwende<br>Mobilitätswende<br>Klimaneutrale Betriebe | Laden/Tanken/Verteilen, Sektorkopplung                        | Kurzfristig        |
| K5  | Car-Pooling: Reduktion der Personenkilometer bei PKWs                           | Mobilitätswende                                         | Fahrzeuge                                                     | Kurzfristig        |
| K6  | Öffis elektrisch                                                                | Mobilitätswende                                         | Fahrzeuge, Sektorkopplung                                     | Kurzfristig        |
| K7  | Power-to-Heat im Fernwärmenetz                                                  | Wärmewende<br>Stromwende                                | Umwandlung, Sektorkopplung                                    | Kurzfristig        |
| K8  | Wind-Ausbau                                                                     | Stromwende                                              | Erzeugung                                                     | Kurzfristig        |
| K9  | Wärmepumpen Gewerbe & Haushalte                                                 | Wärmewende<br>Klimaneutrale Betriebe                    | Umwandlung, Sektorkopplung                                    | Kurzfristig        |
| K10 | Testflotte H <sub>2</sub>                                                       | Tankbare Energie<br>Klimaneutrale Betriebe              | Fahrzeuge, Sektorkopplung                                     | Kurzfristig        |
| K11 | Ausrollung Smart Meter                                                          | Stromwende                                              | IKT                                                           | Kurzfristig        |
| K12 | Elektrolyse (1MW) + Betankungsinfrastruktur                                     | Tankbare Energie<br>Stromwende                          | Umwandlung, Sektorkop., Speicherung<br>Laden/Tanken/Verteilen | Kurzfristig        |
| K13 | Optimierung Eigenbedarf: Energiegemeinschaften & demand side response           | Menschen und Energiewende                               | IKT, Sektorkopplung                                           | Kurzfristig        |
| M1  | Regionaler Aggregator                                                           | Menschen und Energiewende                               | IKT                                                           | Mittelfristig      |
| M2  | Elektrolyse (5MW)                                                               | Tankbare Energie                                        | Umwandlung, Sektorkopplung<br>Speicherung                     | Mittelfristig      |
| M3  | Wärmeauskopplung Elektrolyse                                                    | Tankbare Energie<br>Wärmewende                          | Umwandlung, Sektorkopplung                                    | Mittelfristig      |
| M4  | H <sub>2</sub> für Schwerverkehr                                                | Tankbare Energie<br>Mobilitätswende                     | Laden/Tanken/Verteilen                                        | Mittelfristig      |
| M5  | Langzeit-H <sub>2</sub> -Speicher + Rückverstromung                             | Stromwende                                              | Speicherung                                                   | Mittelfristig      |
| M6  | H <sub>2</sub> -Kleinspeicher + Elektrolyse + Rückverstromen auf Gewerbeebe     | Klimaneutrale Betriebe                                  | Speicherung<br>Umwandlung                                     | Mittelfristig      |
| M7  | Öffis H <sub>2</sub> -Flotte, weitere Spezialfahrzeuge H <sub>2</sub>           | Mobilitätswende                                         | Fahrzeuge                                                     | Mittelfristig      |
| L1  | H <sub>2</sub> -Kleinspeicher + Elektrolyse + Rückverstromen auf Haushaltsebene | Stromwende                                              | Umwandlung<br>Speicherung                                     | Langfristig        |
| L2  | Large-scale H <sub>2</sub> -Export                                              | Tankbare Energie                                        | Laden/Tanken/Verteilen                                        | Langfristig        |
| L3  | Trocknungsanlage Strabag umrüsten                                               | Wärmewende                                              | Umwandlung, Sektorkop.                                        | Langfristig        |

### 5.3.1 Erzeugung

Im Sinne einer nachhaltigen Energiewirtschaft ist es entscheidend, dass die bisherige Energieerzeugung basierend auf fossilen Energieträgern möglichst vollständig ersetzt wird. Das Rückgrat für diese Entwicklung bilden nachhaltige Energieerzeugungsanlagen wie PV-Anlagen und Wind für Strom bzw. Biomasse für Wärme.

Diese drei Punkte werden auch durch die Realtests, die im Rahmen des Sondierungsprojekts adressiert.

Biomasse ist ein lokal vorkommender nachwachsender Rohstoff in der Region, auch gibt es bereits 45 lokale Biomasse-Heizkraftwerke. Eine Projektidee für die Erzeugung regionaler Pellets aus Waldhackgut wurde entwickelt, welche sich gut dafür eignet den Anteil an Biomasse im Fernwärmenetz und in den Haushalten zu erhöhen. Da im Wesentlichen alle dafür nötigen Komponenten vorhanden sind, wäre dieses Projekt auch sehr kurzfristig umsetzbar (K3).

Stromseitig sind PV und Wind jene erneuerbaren Technologien, die den Umstieg weg von fossilen Energieträgern vorantreiben werden. Der Bezirk Murau ist bereits am Tauernwindpark beteiligt, welcher weiter ausgebaut werden soll (K8). Auch sollen mehrere Großflächen PV Anlagen errichtet werden, vorgesehen ist im ersten Schritt 20 MWp (K1), welche aber im Laufe der Zeit weiterwachsen sollte. Überschüsse aus diesen Anlagen sollen in einem anderen Realtest in Wasserstoff umgewandelt werden (siehe Umwandlung und Laden/Tanken/Verteilen).

### 5.3.2 Umwandlung

Die Umwandlung verschiedener Energieformen für bessere Sektorkopplung und Speicherung ist ein weiterer wesentlicher Faktor für eine gelungene Energiewende. Wie bereits erwähnt soll in einem Realtest die Umwandlung von Überschussstrom in Wasserstoff mittels Elektrolyseur in Kombination mit einer Betankungsinfrastruktur realisiert werden (K12). Kurzfristig soll dabei ein 1 MW Elektrolyseur zum Einsatz kommen, mittelfristig kann aber (so auch die PV Anlagen weiter ausgebaut werden) auf 5 MW aufgestockt werden (M1). Dies ist auch die Basis um Wasserstoff als Saisonalen Speicher einzusetzen (siehe dazu Speicherung).

Der mengenmäßig größere Sektor ist jedoch die Wärmeenergie. Hier sollen Flexibilitäten genutzt werden in dem Power-to-Heat Konzepte im Fernwärmenetze erprobt werden (K7, M6), auch die Ausrollung von Wärmepumpen als Ersatz der fossilen Ölheizungen in Haushalten und Gewerbebetrieben soll weiter vorangetrieben werden (K9). All diese Lösungen sollten bereits kurzfristig (bzw. im Falle von M6 mittelfristig) umsetzbar sein. Ebenso scheint der Einsatz von Elektrolyse in Kombination mit H<sub>2</sub> Langzeitspeicherung und Rückverstromung auf Gewerbeebene (K16) kurzfristig erprobbar.

Mittelfristig ist der Realtest M1 (5 MW Elektrolyseur) angedacht, welcher außerdem um eine Wärmerückgewinnung ergänzt werden soll, um das doch beträchtliche Wärmeaufkommen des Elektrolyseurs nutzbar zu machen (M2).

Elektrolyse in Kombination mit H<sub>2</sub> Langzeitspeicherung und Rückverstromung auch auf Haushaltsebene einzusetzen ist aus heutiger Sicht noch relativ teuer, weshalb noch etwas bessere Markreife der

Produkte abgewartet werden sollte, daher die Umsetzung im Langfrist-Bereich (L1). Ein weiteres konkretes Projekt, welches im Rahmen eines Realtests durchgeführt werden soll, ist die Umstellung der Trocknungsanlage der Firma Strabag von derzeit Erdgas auf H<sub>2</sub> (L3). Aufgrund der benötigten H<sub>2</sub> Mengen ist der Umsetzungshorizont dieses Realtests auch eher langfristig zu sehen.

### 5.3.3 Laden/Tanken/Verteilen

Realtests wie K12 (1 MW Elektrolyseur mit Betankungsanlage) und deren weiterer Ausbau (M2) werden Wasserstoffüberschüsse erzeugen, die entweder für Mobilitätsanwendungen verwendet werden sollen (siehe Fahrzeuge) oder gespeichert (siehe Speicherung). Die Betankungsinfrastruktur soll für den Schwerverkehr zugänglich gemacht werden, um den Transitverkehr ökologischer zu gestalten (M3). Für einen großangelegten Export von Wasserstoff aus der Region (L2) müssen zuerst die Kapazitäten geschaffen werden und die Erneuerbare Erzeugung als auch die Elektrolysekapazitäten deutlich über die Volumen der kurz und mittelfristigen Realtests erhöht werden. Die Umsetzung dieses Realtests ist somit eher langfristig zu sehen.

Ein weiterer großer Hebel zur Dekarbonisierung der Mobilität ist die Batterie betriebene Elektromobilität. Die Ausrollung von (intelligenter und mit den Netzen kommunizierender) E-Ladeinfrastruktur im Bezirk, bzw. auch in den Betrieben in der Region können den Prozess vorantreiben (K4). Auch die Ökologisierung ausgewählter öffentlicher Busverbindungen stellt einen wesentlichen Faktor dar (siehe Fahrzeuge).

### 5.3.4 Fahrzeuge

Während für die Individualmobilität und für kürzere Busstrecken die rein Batterie betriebene Elektromobilität vorteilhaft erscheint (deutlich verringerte Energieintensität pro gefahrenem Kilometer im Vergleich zu Verbrennern zum Nachteil einer verringerten Reichweite<sup>9</sup>), so ist aufgrund der Topologie des Bezirks Murau für einige Use-Cases (z.B. Busse mit längeren Strecken) Wasserstoff der Energieträger der Wahl. Der öffentliche Verkehr soll daher zuerst, wo möglich, durch elektrisch betriebene Busse (ev. auch Taxis) bedient werden (K6), wo dies nicht möglich bzw. zweckmäßig ist sollen H<sub>2</sub> Busse dazustoßen. Während Busse und eine H<sub>2</sub> LKW-Testflotte (K10) kurzfristig umsetzbar erscheinen, so ist die mögliche Umrüstung von Spezialfahrzeugen wie Traktoren, Müllfahrzeuge oder Pistenraupen eher als mittelfristig zu sehen (M7), da die Marktreife hier noch nicht ausreichend gegeben ist. Auch ist es empfehlenswert, mittelfristig zu evaluieren, ob diese Anwendung nicht bereits über reine Batteriefahrzeuge gedeckt werden können, wenn die Batteriekapazitäten in den kommenden Jahren noch weiter steigen.

Rasch umsetzbar wären Car-pooling Konzepte zur Reduktion der Personenkilometer (K5). Dieser Realtest zeichnet sich durch besonders schnelle Umsetzbarkeit aus, da keine Umrüstungen oder Neuanschaffungen von Fahrzeugen nötig sind, sondern auf die bestehende Fahrzeugflotte abgezielt wird.

---

<sup>9</sup> Durchschnittsverbrauch von 0,66 kWh/km für Diesel & Benzin, 0,21 kWh/km für Elektrofahrzeuge laut Umweltbundesamt, Juni 2022.

### 5.3.5 Speicherung

Für die Speicherung von Überschüssen für spätere Verwendung wird prinzipiell unterschieden, ob es sich um kurzfristige Speicherung (Stunden bis max. Tage), oder langfristige Speicherung (Wochen bzw. Monate zum Ausgleich saisonaler Schwankungen) handelt. Für die kurzfristige Stromspeicherung ist aufgrund der Wirkungsgrade der Batteriespeicher zu bevorzugen. Zur Netzstabilisierung und zum Ausgleich kurzzeitiger Schwankungen ist ein solcher Speicher in der Größe von mehreren MWh auch kurzfristig als Realtest umsetzbar (K2).

Die regionalen Voraussetzungen in Murau erlauben prinzipiell auch die Umsetzung eines thermischen Langzeit-Großspeicher zur saisonalen Speicherung (heat-pit). Ein solcher Speicher eignet sich hervorragend für die Speicherung von Überschüssen, insbesondere mittels Sektorkopplung über Power-to Heat.

Viele Gebäude im Nahwärmenetz haben einen Optimierungsbedarf bzgl. der Reduktion von Rücklauftemperaturen. Hohe Rücklauftemperaturen sind eine signifikante Barriere für die Integration von Geo- und Solarthermie, Wärmepumpen, Abwärme und Saisonspeicher. Die Optimierung und Transformation bestehender Nahwärmenetze hin zu niedrigeren Rücklauftemperaturen (Anergienetz) soll dadurch mittelfristig ebenfalls angestrebt werden (M1). Die Temperaturniveaus in einem Anergienetz eignen sich auch hervorragend, um den saisonalen Wärmespeicher effizient in ein solches System zu integrieren.

In Zusammenhang mit den Wasserstoff-zentrierten Realtests (M2 und L2) bietet sich auch die Erprobung von H<sub>2</sub> als saisonaler Speicher in Kombination mit Rückverstromung an (M5). Da auch hier die H<sub>2</sub> Kapazitäten erst geschaffen werden müssen, ist dieser Realtest mittelfristig zu sehen.

### 5.3.6 Informations-Kommunikation Technologie (IKT)

Als „Reallabor“ ist die Ausrollung von Smart-Metern, um eine möglichst hohe Durchdringungsrate in einzelnen Teilregionen zu erhalten, besonders zielführend und sollte daher unbedingt verfolgt werden (K11), zumal auch dies kurzfristig umsetzbar ist und die Datenbasis für weitere Aktivitäten im IKT Bereich bildet.

Eine solche Ausrollung bildet die Grundlage für eine regionale Bedarfsoptimierung (demand side response), welche gegebenenfalls auch durch Energiegemeinschaften ausgestaltet werden kann (K13).

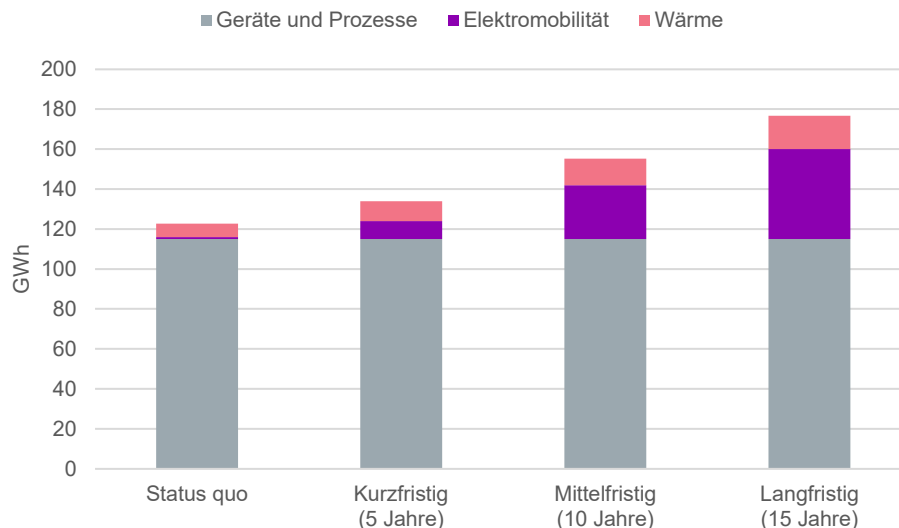
Ziel sollte die Schaffung eines „regionalen Aggregators“ (M1) sein. Die Region Murau kann mit diesem Schritt als regionales, virtuelles Kraftwerk zu betrachten, welches erlaubt, gezielt Leistungen auf vorhandenen Spot- und Regelenenergiemärkten anzubieten. Ein regionaler Aggregator könnte bisher nicht sichtbares Flexibilitätspotenzial für den Markt zugänglich machen und Anreize zur Flexibilisierung der Nachfrage schaffen.

## 5.4 Murau 100% CO<sub>2</sub>-neutral

Im Rahmen der Sondierung wurden verschiedene Ausbaupfade für die Dekarbonisierung von Wärme und Mobilität definiert. Dies bedeutet in einem ersten Schritt zusätzlichen Strombedarf. Die Höhe

dieses zusätzlichen Strombedarfs ist in Abbildung 13 dargestellt. Der Strombedarf für Geräte und Prozesse (rund 115 GWh) wurde als konstant angenommen.

Abbildung 13: Entwicklung des zukünftigen Strombedarfs nach Bedarfskategorie<sup>10</sup> (Holzwelt Murau, 2022)



In der langfristigen Betrachtung, d.h. bei vollständiger Elektrifizierung des Personenverkehrs sowie einem Beitrag der Wärmepumpen zur Wärmeversorgung von 15%, ist mit einer Steigerung des Strombedarfs von annähernd 50% zu rechnen. Ein paralleler Ausbau von erneuerbaren Kapazitäten inklusive der dann für ein erneuerbares Energiesystem erforderlichen Speicherkapazitäten ist daher von entscheidender Bedeutung.

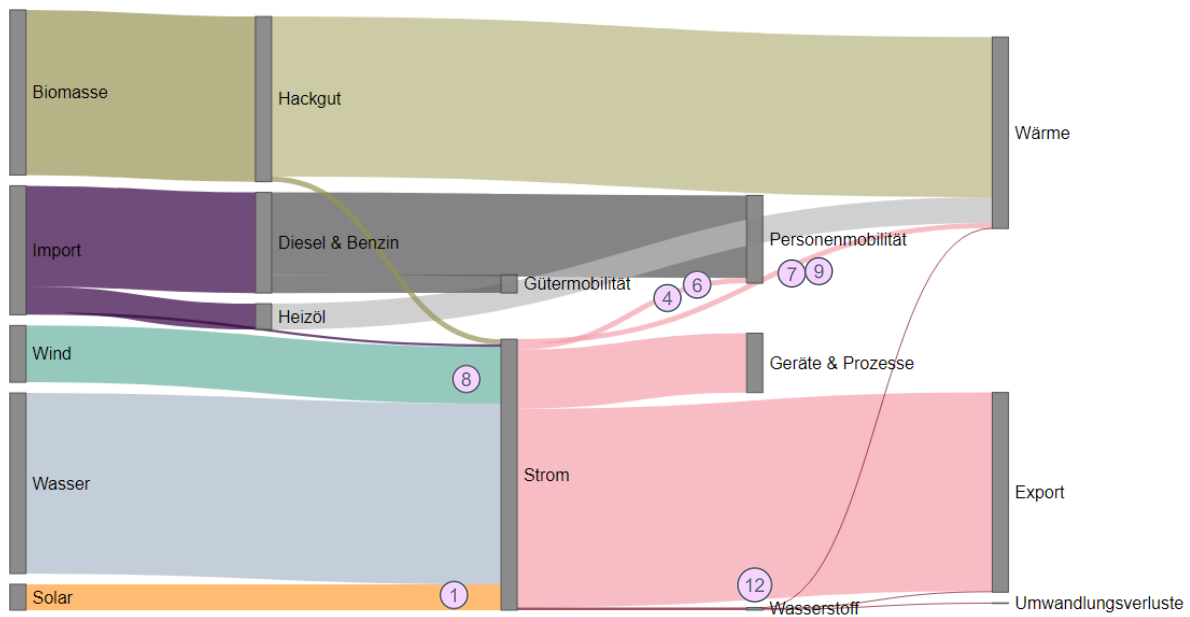
#### 5.4.1 Kurzfristig

Abbildung 14 zeigt das Energieflussbild inklusive kurzfristig implementierbarer Realtests. Es zeigt sich deutlich, dass Strom als Energieträger eine zentrale Rolle einnimmt. Dies ergibt sich zum einen durch den Zubau regenerativer Erzeugungsanlagen (Wasserkraft auf 100 MW, Wind auf 60 MW, Solar PV auf 50 MW) und zum anderen aus der Elektrifizierung von Mobilität (20%) und Wärme (rund 10%). Dies entspricht den kurzfristig umsetzbaren Realtests K1, K4, K6, K7, K8, K9 und K12. Vor allem in Bezug auf den Energieverbrauch in der Personenmobilität zeigen sich bereits starke Rückgänge, ohne im Gegenzug den Stromverbrauch signifikant zu erhöhen.

<sup>10</sup> Derzeitiger Strombedarf - [www.energieregionmurau.at](http://www.energieregionmurau.at), Elektromobilität – spezifischer Stromverbrauch von 21 kWh / 100km kombiniert mit einer Elektrifizierung von 20% (kurzfristig), 60% (mittelfristig), 100% (langfristig)



Abbildung 14: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive kurzfristiger Realtests



#### 5.4.2 Mittelfristig

In der mittleren Frist (~ 10 Jahre) erhöht sich der Ausbau erneuerbarer Kapazitäten weiter (150 MW Solar-PV, 90 MW Wind). Des Weiteren erfolgen rund 15% der Wärmebereitstellung via Wärmepumpen und der Personenverkehr ist zu etwa 60% elektrifiziert. Als Pufferkapazität wurde mit 5 MW/15 MWh Batterie- sowie 5 MW Elektrolysekapazität gerechnet (siehe Realtest M2). Der Elektrolyseoutput<sup>11</sup> beträgt etwa 15 GWh Wasserstoff (siehe Realtest L2), welcher wiederum Einsatz im Schwerverkehr bzw. der Gütermobilität (siehe Realtest M4) findet. Darüber hinaus werden etwa 5 GWh als Wärmeoutput (siehe Realtest M3) genutzt.

<sup>11</sup> Angenommene Effizienz der Elektrolyse beträgt 70%, wobei weitere 15% der Energie in Form von Wärmeabnahme genutzt werden können. Die Elektrolyse wird in den Monaten April bis Oktober (einschließlich) betrieben.

Abbildung 15: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive mittelfristiger Realtests

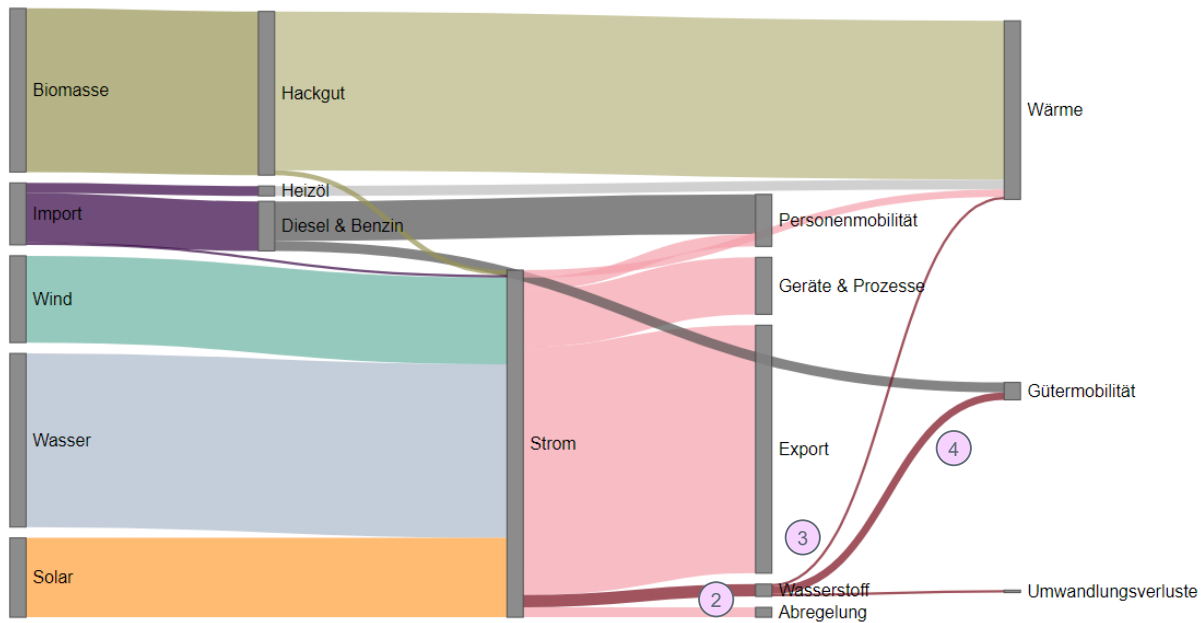
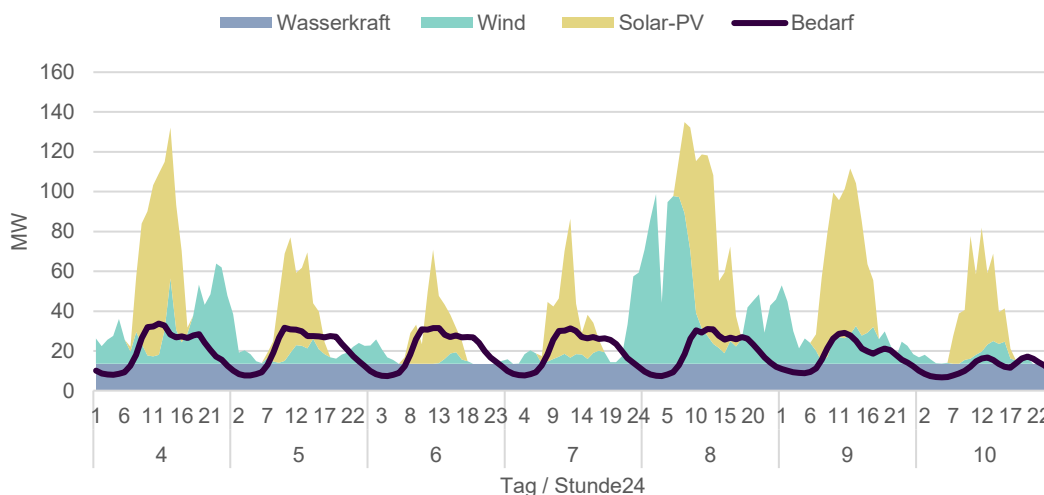


Abbildung 16 zeigt die stündliche Strombilanz in der Region Murau im mittelfristigen Ausbauszenario für die gleiche Woche (KW 10, historisches Wetterjahr 2018). Es wird klar ersichtlich, dass sich durch den zunehmenden Ausbau von Solar-PV und Wind deutlich mehr Volatilität sowie überschüssende Erzeugung ergibt, die den Bedarf in einigen Stunden stark übersteigt. Andererseits ergeben sich nach wie vor viele Stunden mit Erzeugungslücken, in denen der lokale Bedarf (ohne EV- & Wärmepumpen) nicht mit regionaler Erzeugung zu decken ist und daher mit Speicherkapazitäten unterschiedlicher Speichertechnologien befriedigt werden muss.

Abbildung 16: Stündliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Mittelfristig<sup>12</sup>

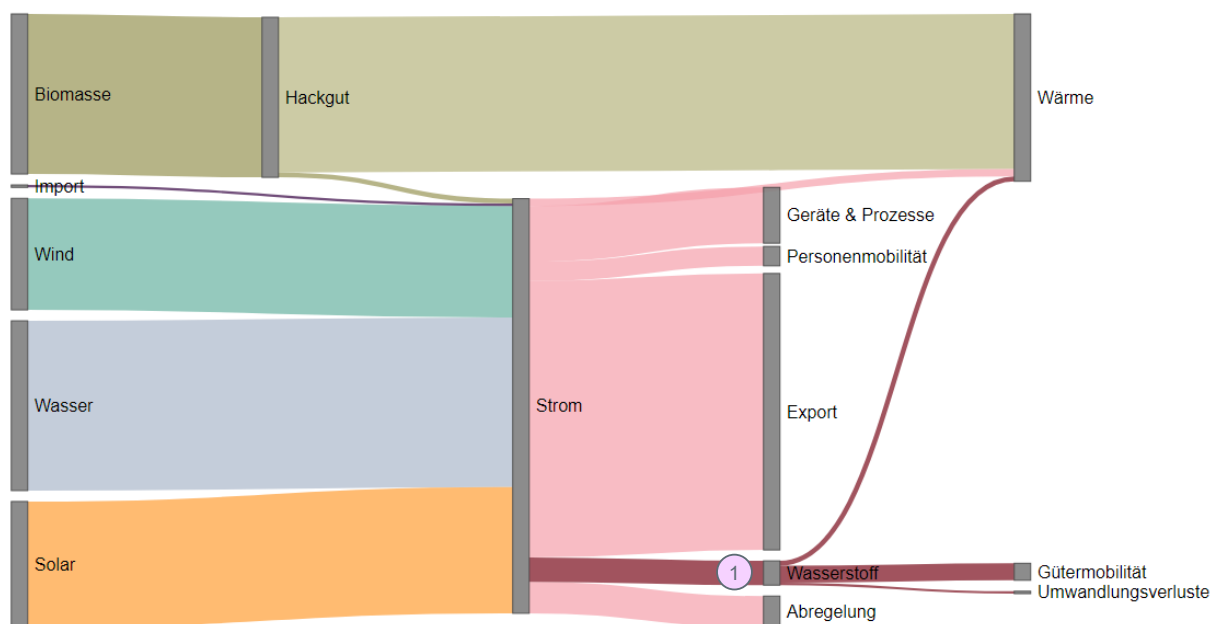


<sup>12</sup> Die Abbildung zeigt die modellierte stündliche Interaktion zwischen Bedarf und erneuerbaren Kapazitäten im Bezirk Murau für die KW 10 im Jahr 2018 (4-10. März). Bedarf inkl. Laden für Elektromobilität, Wärmepumpen, Elektrolyse und Speichereinsatz.

### 5.4.3 Langfristig

Langfristig (~15 Jahre) sind die erneuerbaren Kapazitäten auf 250 MW Solar-PV sowie 120 MW Wind ausgebaut. Trotz einer vollständigen Elektrifizierung der Personenmobilität (resultierend in einer zusätzlichen Stromnachfrage von 40 GWh) sowie einer teilweisen Elektrifizierung der Wärmebereitstellung (15 GWh Strom, etwa 45 GWh Wärme) verdoppeln sich die Stromexporte aus der Region auf nahezu 570 GWh. Die Speicherkapazitäten in Form von Li-Io Batterien von 10 MW/30 MWh minimieren die Abschaltungen aufgrund eingeschränkter Exportkapazitäten auf rund 65 GWh. Mittels Elektrolysekapazität von 10 MW<sup>13</sup> werden etwa 35 GWh Wasserstoff (Realtest L1) für den Gütertransport sowie 5 GWh Wärme bereitgestellt (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive langfristiger Realtests



### 5.4.4 Implikationen und Diskussion der Ergebnisse

Die derzeitige Export-/Importkapazität der Region Murau mit seinen Umspannwerken Teufenbach und Bodendorf beträgt rund 100 MW. Unter Annahme einer geringfügigen Kapazitätserweiterung wird in dieser Analyse zukünftig von 120 MW ausgegangen. Daraus ergibt sich die Frage, inwiefern der reine Zubau von Erneuerbaren Kapazitäten – ohne die Berücksichtigung etwaiger Speichermöglichkeiten oder Lastverschiebungen – die Abschaltungen beeinflusst.

Tabelle 4 zeigt eine Sensitivitätsanalyse der Abschaltungen in Bezug auf den Ausbau von Solar-PV und Windkapazitäten. Zum einen zeigt sich, dass Abschaltungen wesentlich sensibler auf den Ausbau von Solar-PV als auf zusätzliche Windkapazitäten reagieren. Während Abschaltungen bei einem Solarausbau auf 250 MW auf etwa 130 GWh steigen, ergeben sich Abschaltungen von 38 GWh bei einem Windausbau auf 230 MW. Je nach Ausbaustufe können sich jedoch kombiniert Abschaltungen

<sup>13</sup> Angenommene Effizienz der Elektrolyse beträgt 70%, wobei weitere 15% der Energie in Form von Wärmeabnahme genutzt werden können. Die Elektrolyse wird in den Monaten April bis Oktober (einschließlich) betrieben.

von 80-160 GWh ergeben, sofern die Solar Kapazität größer als 200 MW und Wind die Kapazität von 80 MW übersteigt.

Abgesehen vom Netzausbau, ergeben sich folgende Maßnahmen zur Reduktion von Abschaltungen:

- **Speichereinsatz (Lithium-Ionen):** Durch Peak-Shaving können kleinteilige Speicher – auch auf Haushaltsebene – dazu beitragen, Leistungsspitzen zu glätten und dadurch Abschaltungen zu verhindern
- **Steigerung des Eigenverbrauchs:** Gezielte Lastverschiebung und flexible Nachfrage (auf Industrie-, oder Haushaltsebene) kann dazu beitragen, den Eigenverbrauch zu erhöhen und so einen Export ins übergeordnete Netz zu verhindern
- **Power-to-Heat:** Wärmebereitstellung kann, vor allem in den Sommermonaten bzw. unter Zuhilfenahme von thermischen Speichern, zur Bereitstellung von Warmwasser beitragen

Tabelle 4: Auswirkungen des RES-Ausbaus auf Abschaltungen

| Abschaltungen [GWh]  |     | Wind Kapazität [MW] |    |    |     |     |
|----------------------|-----|---------------------|----|----|-----|-----|
|                      |     | 30                  | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Solar Kapazität [MW] | 50  | 0                   | 0  | 4  | 14  | 34  |
|                      | 100 | 1                   | 2  | 7  | 20  | 43  |
|                      | 150 | 8                   | 12 | 20 | 35  | 60  |
|                      | 200 | 25                  | 31 | 42 | 60  | 87  |
|                      | 250 | 51                  | 60 | 73 | 93  | 121 |

Tabelle 5 zeigt die Auswirkungen der zunehmenden Elektrifizierung von Mobilität und Wärme auf den Bezug von Strom aus dem übergeordneten Netz. Angenommen ist dazu ein Ausbau von Solar-PV bzw. Windkapazitäten auf 250 MW bzw. 120 MW. Der Bezug findet überwiegend in den Wintermonaten mit Unterdeckung statt, dennoch vergrößert sich mit zunehmender Elektrifizierung der Stromimport nur minimal. Je nach Ausprägung der Wärmepumpen steigt bei einer 100% Elektrifizierung des Verkehrs der Strombezug nur um rund 2-3GWh.

Im Wesentlichen äußert sich eine verstärkte Elektrifizierung des Personenverkehrs in einer Reduktion der Exportmengen. Der zusätzliche Bedarf durch Elektromobilität (rund 50 GWh) wird überwiegend aus einer Reduktion der Exportmengen gedeckt. Eine zusätzliche Elektrifizierung der Wärme durch Wärmepumpen (etwa 15 GWh bei 25% Durchdringung) resultiert ebenfalls in einer Reduktion der Exporte im selben Ausmaß, in wenigen Stunden in zusätzlichen Bezügen aus dem übergeordneten Netz.

Tabelle 5: Auswirkung der Elektrifizierung von Mobilität/Wärme auf Bezug aus dem übergeordneten Netz

| Stromimporte [GWh]    |      | Durch Wärmepumpen gedeckter Heizbedarf |     |     |     |     |
|-----------------------|------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                       |      | 5%                                     | 10% | 15% | 20% | 25% |
| Elektro-<br>mobilität | 20%  | 0.6                                    | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.2 |
|                       | 40%  | 0.8                                    | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 |
|                       | 60%  | 1.2                                    | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.0 |
|                       | 80%  | 1.5                                    | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.5 |
|                       | 100% | 2.0                                    | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 3.1 |

## 5.5 Systemlösung

Die Fragestellung, die am Anfang des Sondierungsprojekts stand, lautete:

*Wie kann man die Region Murau zu einer Exportregion für bedarfsgerechte erneuerbare Energie machen?*

Bereits derzeit versorgen alpine Regionen Österreich mit Energie. In Zukunft wird diese Aufgabe einem gewissen Wandel unterzogen sein. Einerseits rechnet man mit einem zunehmenden Strombedarf aufgrund der Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors, andererseits wird bedingt durch die zunehmende Urbanisierung der Energiebedarf städtischer Zentren bei gleichbleibend vorhandenen Ressourcen wachsen. Dies stellt nicht nur Agglomerationen vor Herausforderungen, sondern auch ländliche Gebiete, die in Zukunft städtische Zentren mit Ressourcen verstärkt versorgen müssen. Gleichzeitig bedeuten diese Trends auch eine Chance für strukturschwächere Regionen, da man durch den Aufbau der Exportkraft lokale Wertschöpfung fördert. Deshalb hat sich die Region Murau zum Ziel gesetzt, einen strategischen Weg einzuschlagen, um in Zukunft von diesen Trends nicht negativ beeinflusst oder überrascht zu werden, sondern sie vielmehr als Chance zu nutzen, um die Region weiterzuentwickeln und zukunftssicher zu machen. Um diese Fragestellung herum wurde die Idee eines Reallabors in Murau aufgebaut, das in ein komplexeres Geflecht aus Innovationsmaßnahmen und -strukturen eingebunden ist und hierbei eine zentrale Rolle spielt. Abbildung 18 zeigt schematisch den Ansatz des Reallabors, die Funktionsweise und seine übergeordneten Ziele.

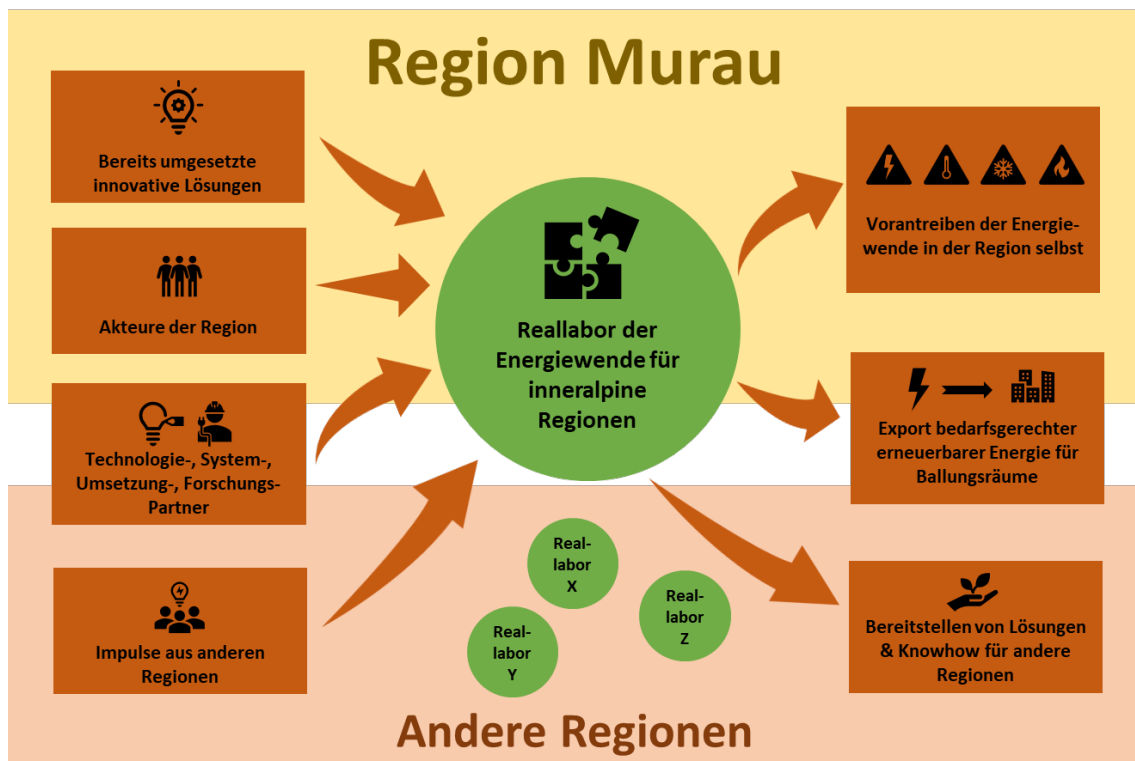


Abbildung 18 Murauer Ansatz für das Reallabor

Im Zentrum des Ansatzes stehen also zwei Kernfragen:

1. Wie kann die Region aus lokalen erneuerbaren Energiequellen in Zukunft versorgt werden?
2. Wie kann die Region langfristig bedarfsgerecht urbane Zentren mit Energie versorgen?

Die Antwort auf diese Fragen muss in temporaler Dimension erfolgen, da zum einen die Umsetzungshorizonte zeitlich versetzt angelegt sind, zum anderen ist auf der Bedarfsseite bedingt durch die Energiewende mit starken Veränderungen (z.B. Zunahme des Stromverbrauchs, Bedarf an erneuerbaren Gasen) zu rechnen. Über die Zeit und einige realisierte Projekte und Initiativen, wurde klar, dass die Region eine systemische Lösung im Energiesektor braucht, die sicherstellt, dass:

- Der Engpass an Stromversorgung (in den Wintermonaten muss über eine gewisse Zeitspanne Strom in die Region importiert werden) überwunden werden muss, wenn die Region aus lokalen erneuerbaren Energiequellen das ganze Jahr über versorgt werden will;
- Die Zunahme an Strombedarf durch die Elektrifizierung der Mobilität und Wärme proaktiv im Voraus in der Energieversorgungsstrategie Einklang finden muss;
- Lokale Wertschöpfung in einer ländlichen Region mit abnehmenden demographischen Werten (i.e. Abnahme der Bevölkerungszahl) sichergestellt wird;
- Energie-Exportkraft der Region zumindest erhalten bleibt, jedoch im Idealfall so ausgebaut wird, dass der zunehmende Energiebedarf städtischer Regionen bedarfsgerecht gedeckt wird.

Als im Jahr 2021 Emmanuel Macron seine Vision Frankreich 2030 vor Studenten und Unternehmen mit (unter anderem) der Idee dezentraler Mikro-Kernkraftwerke präsentierte<sup>14</sup>, kam den Murauer Akteuren im Reallabor die Idee eines Systemkraftwerks, das ausschließlich aus dezentralen erneuerbaren Energiequellen besteht, jedoch Strom gleicher Leistung (120MW) liefern kann. Diese Idee wurde im Projekt anschließend ausgearbeitet, um die Potentiale festzustellen und den Energiepreis, zu dem Strom aus einem derartigen Kraftwerksverbund bereitgestellt werden kann. Die genaue Auslegung und die zu installierenden Kapazitäten müssen für bedarfsgerechte Bereitstellung in einem eigenen Projekt ausgearbeitet werden. Im Rahmen der Sondierung handelte es sich vielmehr um eine Art Machbarkeitsstudie und Potentialerhebung innerhalb der Region Murau als ein theoretisches Experiment.

### Fragestellung

Die Fragestellung wurde als ein Optimierungsproblem gelöst. Dies hatte es zum Ziel den kostenminimierenden Kraftwerkseinsatz sowie einen optimalen Kapazitätsmix zu ermitteln, um 120 MW Leistung im Jahr 2030 aus dem Bezirk Murau ins übergeordnete Stromnetz zu liefern. Dazu wurden zwei Fragestellungen aufgestellt:

1. Welche Kraftwerkstypen in welchen Größen sind notwendig, um den konstanten Export von 120 MW für das ganze Jahr bereitstellen zu können?
2. Wie hoch sind die Stromgestehungskosten für diese 120 MW Bandstromlieferung?

### Szenarien-Berechnung

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden drei Szenarien aufgestellt und berechnet:

1. Murau Lokal: Wind mit 120 MW limitiert, Wasserkraft ist um 10 MW auf 98,5 MW und 375 GWh RAV ausgebaut, PV nach Bedarf. Speicherung von H<sub>2</sub> erfolgt in lokalen Röhrenspeichern und die Rückverstromung in H<sub>2</sub>-Gasmotoren
2. H<sub>2</sub>-Großtechnik: Wie *Murau Lokal* aber die Speicherung von H<sub>2</sub> erfolgt in Salzkavernen und die Rückverstromung in großen GuD-Anlagen. Theoretisches Vergleichsszenario: der Wasserstoff müsste als Strom oder über eine H<sub>2</sub>-Pipeline zu einem großen Wasserstoffspeicher in einem Salzstock transportiert werden
3. Nur Wind und PV: Ohne Wasserkraft und mit unlimitiertem Wind und Solar Potenzial. Theoretisches Szenario zur Analyse, wie wichtig die Wasserkraft für die Ergebnisse ist. Hier ist auch die Annahme die Speicherung von H<sub>2</sub> erfolgt in Salzkavernen und die Rückverstromung in großen GuD-Anlagen

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei Szenarien sind in Tabelle 6 dargestellt. Für die Erzeugung wird vor allem Photovoltaik, Wind und Wasserkraft eingesetzt. Für die bedarfsgerechte Bereitstellung im System werden Lithium-Ionen-Stromspeicher genutzt bzw. auf die Rückverstromung von Wasserstoff gesetzt.

---

<sup>14</sup> <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/insight-innovation-warum-frankreich-auf-mini-atomkraftwerke-setzt/27795164.html>

Tabelle 6 Installierte Kapazitäten in den drei Szenarien des Murauer Systemkraftwerks

| Erzeugung / Verbrauch [GWh] | Murau Lokal | H2 Großtechnik | Nur PV und Wind |
|-----------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Wind Erz                    | 183         | 233            | 385             |
| PV Erz                      | 720         | 671            | 1039            |
| Wasserkraft Erz             | 333         | 364            | 0               |
| Biomasse KWK Erz            | 66          | 66             | 0               |
| Li-Io Stromaufnahme         | 323         | 315            | 536             |
| Li-Io Rückspeisung          | 262         | 255            | 434             |
| Elektrolyseur Stromaufnahme | -102        | -176           | -260            |
| H2 Rückverstromung          | 34          | 75             | 111             |
| Stromnachfrage Bezirk Murau | 119         | 119            | 119             |
| Stromexport                 | 1054        | 1054           | 1054            |

Abbildung 19 zeigt die aus den Szenarien resultierenden Strompreise (in diesem Fall die mittleren Stromgestehungskosten). Diese bewegen sich in einer Größenordnung von rund 100 €/MWh. Die Ergebnisse zeigen, dass Grundlastbereitstellung zu kompetitiven Stromkosten möglich ist.

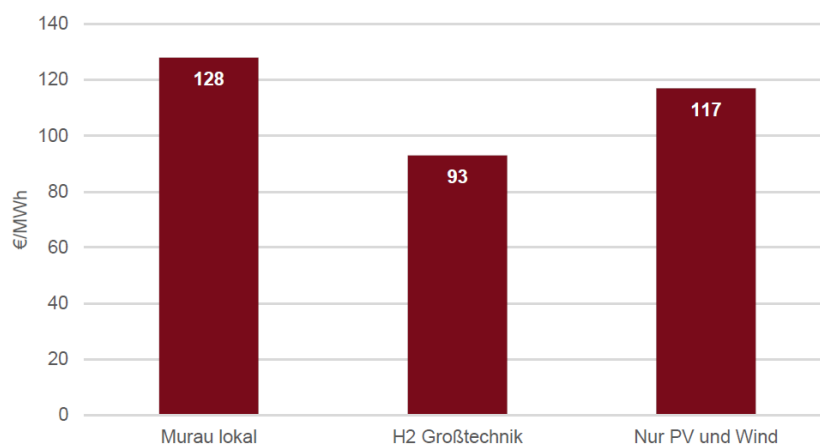


Abbildung 19 Grundlast-Strompreis für die verschiedenen Szenarien

## 5.6 Übertragbarkeit der Lösungen

Das nachfolgende Kapitel bietet eine räumliche Analyse des Übertragbarkeitspotentials der für Murau relevanten Aspekte. Es wurden hierbei zwei Blickwinkel genommen: einerseits die Potentiale in Europa (Kapitel 5.6.1), andererseits ähnliche Regionen innerhalb Österreichs (Kapitel 5.6.2).

### 5.6.1 Europaweite Übertragbarkeit

Aus dem Geodatensatz mit allen europäischen NUTS 3 Regionen wurde nach folgenden Kriterien gefiltert, um Gebiete zu filtern, die ähnliche Charakteristika aufweisen wie die Gemeinde Murau:



- **Bevölkerungsdichte NUTS 3** (Eurostat, 2022):  $20 \leq x \leq 45$  EW/km<sup>2</sup>, ähnlich wie Murau, wobei in der NUTS 3 Region „Westliche Obersteiermark“, in der die Gemeinde Murau eingegliedert ist, 33 EW/km<sup>2</sup> leben
- **Seehöhe** (Daten aus Digitalem Geländemodell) (NASA, 2022):  $\geq 800$  m
- **Heiz- und Kühlgradtage** (www.europakarte.org, 2022)

Europa liegt überwiegend in einer warm-gemäßigten Klimazone, die regionalen Unterschiede spielen jedoch eine maßgebliche Rolle für die zukünftige Energieplanung. Westliche Regionen in Mitteleuropa werden vom maritimen Klima beeinflusst, das milde Wintermonate und relativ kühle Sommermonate mit sich bringt. Das Klima im Süden und Osten hingegen ist aufgrund der Entfernung zum Meer vorwiegend kontinental geprägt. Jene erwärmen sich im Frühling/Sommer schneller, kühlen aber im Herbst/Winter auch schnell wieder ab, was höhere Temperaturschwankungen zur Folge hat. (Nemitz, 2022) (www.europakarte.org, 2022) In dieser Analyse werden sowohl Heizgradtage (HGT) als auch Kühlgradtage (KGT) herangezogen und mit den zuvor ausgewählten NUTS 3 Regionen verschnitten (siehe Abbildung 20).

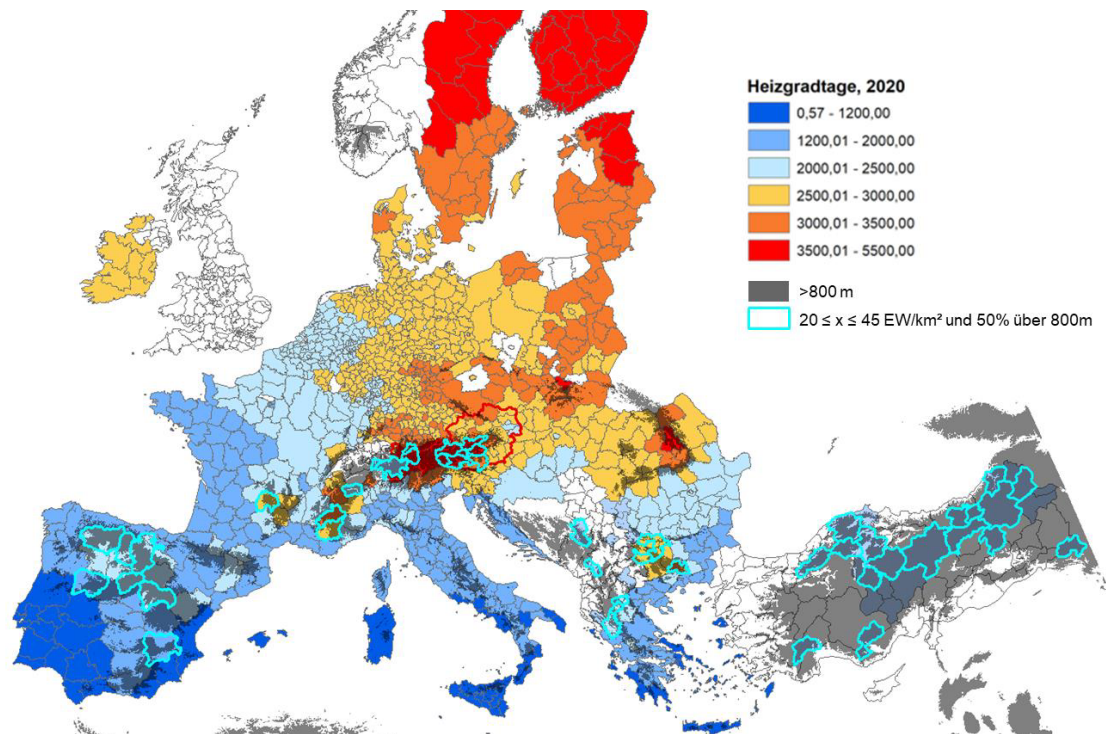
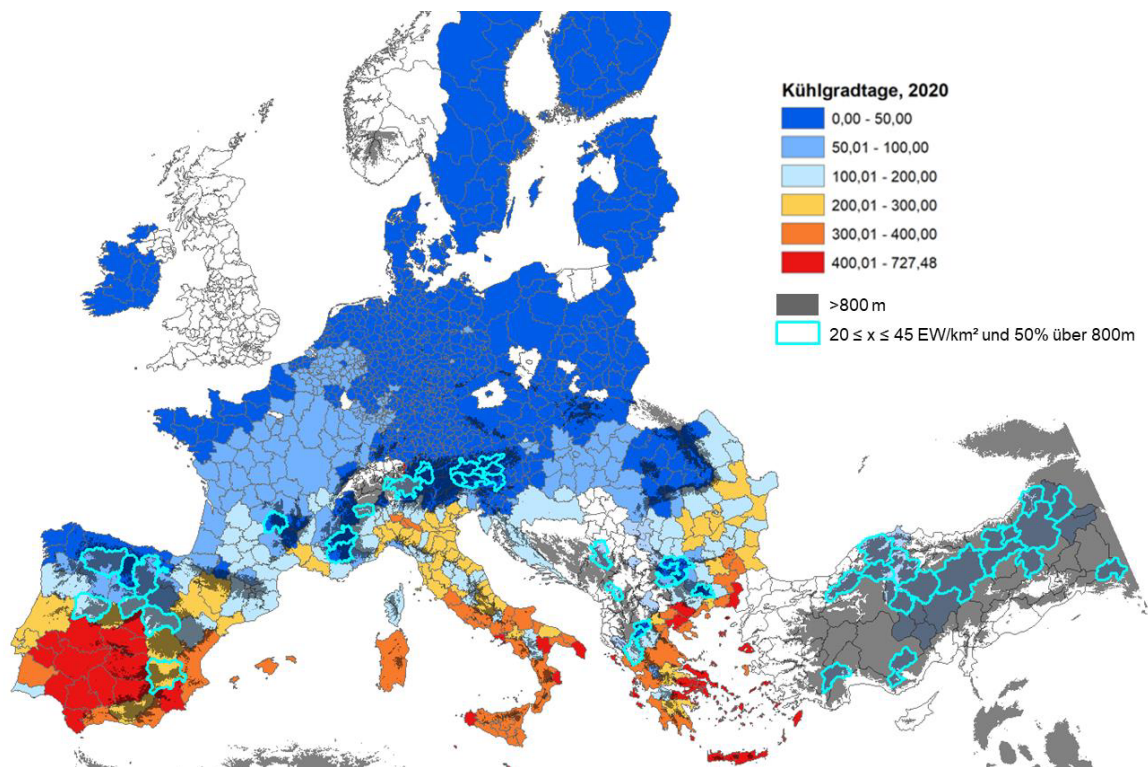


Abbildung 20: Heizgradtage Europa inkl. Filter zur Bevölkerungsdichte

Bei den Kühlgradtagen ergibt sich folgendes Bild, wobei die Westliche Obersteiermark aus europäischer Sicht mit 0,16 KGT weit unter dem Durchschnitt liegt, aus österreichischer Sicht jedoch den bereits zuvor identifizierten ähnlich alpinen Regionen gleicht (siehe Abbildung 21).

Abbildung 21: Kühlgradtage Europa inkl. Filter zur Bevölkerungsdichte



### 5.6.2 Nationale Übertragbarkeit

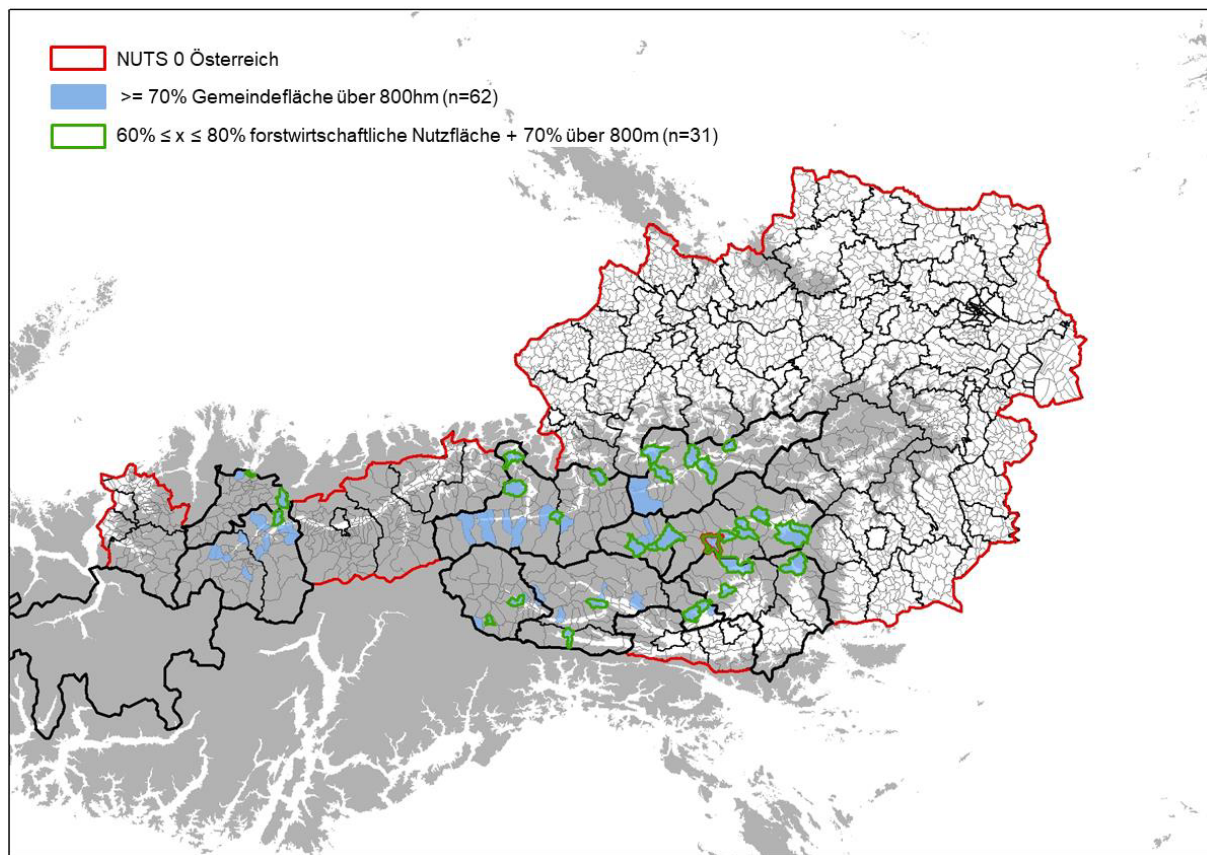
Um eine detailliertere Auswahl an ähnlichen Regionen zu erhalten, wurden für die nationale Auswertung, ähnlich der Methodik für die europaweite Übertragbarkeit, nach zusätzlichen Kriterien gefiltert:

- **Bevölkerungsdichte NUTS 3** (Eurostat, 2022):  $20 \leq x \leq 45 \text{ EW/km}^2$ , ähnlich wie Murau, wobei in der NUTS 3 Region „Westliche Obersteiermark“, in der die Gemeinde Murau eingegliedert ist,  $33 \text{ EW/km}^2$  leben
- **Bevölkerungsdichte LAU<sup>15</sup>**:  $30 \leq x \leq 60 \text{ EW/km}^2$ , ähnlich wie Murau, wobei in der Gemeinde Murau  $46 \text{ EW/km}^2$  leben
- **Seehöhe** (Daten aus Digitalem Geländemodell) (NASA, 2022):  $\geq 800 \text{ m}$

**Anteil forstwirtschaftliche Nutzfläche** (Abart-Heriszt L, 2022),  $60\% \leq x \leq 80\%$ , 71% Murau

<sup>15</sup> „Local administrative units“: Kommunen, Stand 1.Jänner 2020, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/lau>

Abbildung 22 Visualisierung der Daten nach den Kriterien: Seehöhe, Bevölkerungsdichte und Anteil forstwirtschaftlicher Fläche in Österreich



Zusammenfassend ergibt die Analyse der ähnlichen Regionen folgendes:

- ...31 Gemeinden aller 2095 österreichischen **Gemeinden**<sup>16</sup> nach ausgewählten Kriterien ähnlich sind wie die Gemeinde Murau, was einem Anteil von 1,5% entspricht.
- Umgelegt auf die **Einwohner** leben in den gefilterten Regionen 75.247 Personen und demnach 0,8% der österreichischen Gesamtbevölkerung von 8.901.064.

Betrachtet man die **Fläche** sind 1835 km<sup>2</sup> von den insgesamt 83.944 km<sup>2</sup> ähnlich der Gemeinde Murau, was einem Anteil von 2,2% entspricht.

<sup>16</sup> Stand 1.1.2020

## 6 Schlussfolgerungen

Im gegenständlichen Sondierungsprojekt „# Murau : Reallabor der Energiewende für inneralpine Regionen“ wurde ein Energiesystem-orientierter Ansatz entwickelt. Ausgehend von einer jetzt schon hohen erneuerbaren Energieerzeugung verbunden mit dem Ziel den Ausbau noch weiter voran zu treiben stößt die Region zunehmend an die Herausforderung diese Energie entsprechend zu nutzen und anderen Regionen zur Verfügung zu stellen. Die identifizierte zentrale Erkenntnis ist das zukünftige Erfordernis der bedarfsgerechten Energiebereitstellung. Hier ist der primäre Ansatz der Region Murau Lösungen zu entwickeln, die einerseits den weiteren Ausbau der Erneuerbaren trotz Energieverteilungsrestriktionen allen voran der limitierten Stromnetzkapazitäten sicherstellen zu können und andererseits auf die Bedürfnisse der regionalen und überregionalen Nutzerseite eingehen zu können. Ein massiver (und auch notwendiger) Ausbau der Erneuerbaren bedingt parallel die Sektorkopplung, die Speicherung und effiziente Verteilung erneuerbarer Energie, ansonsten werden die ländlichen inneralpinen Regionen die Energie aufgrund der Netzrestriktionen nicht liefern können und ist der Ausstieg aus den fossilen und atomaren Energiequellen in der Realität nicht möglich – eine rein bilanzielle Betrachtung ist für den Ausstieg zu wenig.

Murau kommt gerade als eine der ersten Regionen an einem Punkt, wo ein weiterer Ausbau trotz der natürlichen Potenziale ohne neuer innovativer Lösungen für ein bedarfsgerechtes Bereitstellen von Energie nicht möglich ist. Dieses Phänomen wird in Zukunft aber kein Einzelfall bleiben, alle inneralpinen Regionen werden früher oder später diese Herausforderungen meistern müssen – in Murau sollen die Lösungen prototypisch entwickelt, umgesetzt und für die Skalierung vorbereitet werden damit sie dann, wenn zunehmend Erzeugung und Netzinfrastruktur auseinanderklaffen, zur Verfügung stehen.

Dazu wurden im Stakeholderprozess Demoprojekte entlang der skizzierten Roadmap definiert, welche in den unterschiedlichen Sektoren Strom, Wärme, T(d)ankbare erneuerbare Energie, E-Mobilität, Betriebe, Menschen als Teil der Energiewende sektorübergreifend wirken und in Summe ein dezentrales aber digital vernetztes erneuerbares Systemkraftwerk ergeben, welches in der Lage ist, eigentlich nur fluktuierend erzeugbare erneuerbare Energie bedarfsgerecht bereit stellen zu können.

Diese definierten Demoprojekte sowie das System und die digitale Infrastruktur des „100% erneuerbaren Systemkraftwerks“ sollen nun im Rahmen eines Reallabors in Angriff genommen und schrittweise umgesetzt werden. Das bisherige Konsortium wird dabei um weitere Partner aus Wirtschaft und Privaten erweitert denn, und auch das ist eine zentrale Erkenntnis, um die genannten Herausforderungen meistern zu können, braucht es nicht nur die Energiewirtschaft alleine, sondern das gesamte Spektrum der Stakeholder.

# 7 Ausblick und Empfehlungen

Das Energiesystem der Zukunft muss und wird ein 100% Erneuerbares sein. Grundsätzlich stehen genug erneuerbare Ressourcen zur Versorgung aller Sektoren; Haushalte, Individualmobilität, öffentliche Mobilität, Frachtverkehr sowie Gewerbe und Industrie; zur Verfügung. Alleine die Einstrahlung der Sonne macht im Verhältnis zum derzeitigen weltweiten Energieverbrauch quer über alle Sektoren ein tausendfaches aus.

Zwei übergeordnete Ziele müssen für den Umbau weg vom fossilen Zeitalter erfüllt werden:

- Die Nutzung der natürlichen Ressourcen in all ihren Arten sowie deren Umwandlung in die benötigten Energieträger und
- Die bedarfsgerechte Energiebereitstellung

Für beide Fragestellungen braucht es Antworten. Die Lösungen werden komplex und je nach örtlichen Rahmenbedingungen unterschiedlich sein. In Murau wurden prototypische Lösungen für ein bedarfsgerechtes erneuerbares Energiesystem in inneralpinen Regionen definiert. Im weiterführenden Reallabor ist es notwendig systemgetriebene Lösungen im Detail zu planen, zu simulieren, umzusetzen, zu monitoren, anzupassen und deren Skalierung so vorzubereiten, dass sie in anderen ähnlich gelagerten Regionen ebenfalls einsetzbar sind. Dabei geht es selbstverständlich um technische Lösungen, sie müssen aber ganz stark um sozioökonomische Aspekte erweitert werden – ein erneuerbares Energiesystem wird zukünftig nicht mehr einer zentralen Logik mit hierarchischen Strukturen folgen sondern ein dezentrales, intelligentes und vor allem demokratisches System sein. Mit anderen Worten wird die Herausforderungen nicht nur die Energiewirtschaft alleine stemmen können sondern es müssen alle Stakeholder bis hin zu den Privaten daran arbeiten.

Konkret für Murau müssen in den Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen bereits entwickelte Einzellösungen in ein reales Energiesystem integriert werden sowie das Zusammenspiel der unterschiedlichen (Einzel)Lösungen erforscht werden um das „100% erneuerbare Systemkraftwerk“ mit seinen unterschiedlichen Komponenten umsetzen zu können.

Murau ist seit Anfang der 1990er Jahre Vorreiter beim Einsatz von erneuerbarer Energie. Hier entstanden die ersten Biomasseheizwerke und erfolgte ein massiver Ausbau der Kleinwasserkraft. Zur Jahrtausendwende wurde erstmals die Energievision Murau entwickelt und durch Beschlüsse in den kommunalen Gremien manifestiert. Diese Vision wird seither ständig weiterentwickelt und vertieft. Durch diese Erfahrungen bei den Akteuren vor Ort (Regionalentwicklungsverein Holzwelt Murau, 5 Netzbetreiber, 45 Biomasseheizwerkbetreiber, Elektroinstallateure, Hackschnitzellogistiker, Kleinwasserkraftwerksbetreiber, PV-Großflächenanlagenbetreiber etc.) und die kontinuierliche Zusammenarbeit mit den Forschungsinstituten AIT und HyCentA ist der Nährboden und damit das Potential für die in diesem Projekt definierten Vorhaben ideal. Zusätzlich haben die Akteure und die Region den Willen Risiken einzugehen und Herausforderungen zu meistern, dies beweisen die zahlreichen innovativen Umsetzungsprojekte der jüngeren Geschichte.

# 8 Verzeichnisse

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1 Reallabor als nächster Schritt der bisherigen regionalen Prozesse in Murau .....                                                     | 15 |
| Abbildung 2 Der Rahmen für den Stakeholderprozess in Murau: Entwicklungsachsen für regionale Lösungen .....                                      | 18 |
| Abbildung 3: Zeitlicher Ablauf der verschiedenen Phasen des Rollout Konzepts.....                                                                | 23 |
| Abbildung 4: Energieflussdiagramm Region Murau - Status Quo .....                                                                                | 27 |
| Abbildung 5: Monatliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Status Quo .....                                                                | 28 |
| Abbildung 6: Stündliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Status Quo .....                                                                | 29 |
| Abbildung 7: Wärmebedarf nach Quelle (Abart-Heriszt L, 2022) .....                                                                               | 30 |
| Abbildung 8: Energiebedarf nach Energieträger im Mobilitätssektor, Status Quo.....                                                               | 31 |
| Abbildung 9: RES-Ausbaupfade für die Analyse im Zuge der Roadmap.....                                                                            | 32 |
| Abbildung 10: Windkraftzonen in der Steiermark (LandSteiermark, 2020).....                                                                       | 33 |
| Abbildung 11: Elektrifizierung von Mobilität – Auswirkungen der Elektromobilität auf den Gesamtenergieeinsatz.....                               | 33 |
| Abbildung 12: Pfad zur Dekarbonisierung der Wärme .....                                                                                          | 35 |
| Abbildung 13: Entwicklung des zukünftigen Strombedarfs nach Bedarfskategorie (Holzwelt Murau, 2022).....                                         | 41 |
| Abbildung 14: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive kurzfristiger Realtests.....                                                         | 42 |
| Abbildung 15: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive mittelfristiger Realtests .....                                                      | 43 |
| Abbildung 16: Stündliche Bilanz der Stromerzeugung Region Murau – Mittelfristig .....                                                            | 43 |
| Abbildung 17: Energieflussdiagramm Region Murau – inklusive langfristiger Realtests .....                                                        | 44 |
| Abbildung 18 Murauer Ansatz für das Reallabor .....                                                                                              | 47 |
| Abbildung 19 Grundlast-Strompreis für die verschiedenen Szenarien .....                                                                          | 49 |
| Abbildung 20: Heizgradtage Europa inkl. Filter zur Bevölkerungsdichte .....                                                                      | 50 |
| Abbildung 21: Kühlgradtage Europa inkl. Filter zur Bevölkerungsdichte .....                                                                      | 51 |
| Abbildung 22 Visualisierung der Daten nach den Kriterien: Seehöhe, Bevölkerungsdichte und Anteil forstwirtschaftlicher Fläche in Österreich..... | 52 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Erzeugungskapazitäten in der Region Murau (2020) (Holzwelt Murau, 2022) .....                   | 28 |
| Tabelle 2: Pfad für die Elektrifizierung der Personenmobilität .....                                       | 34 |
| Tabelle 3: Geclusterte Realtests.....                                                                      | 37 |
| Tabelle 4: Auswirkungen des RES-Ausbaus auf Abschaltungen .....                                            | 45 |
| Tabelle 5: Auswirkung der Elektrifizierung von Mobilität/Wärme auf Bezug aus dem übergeordneten Netz ..... | 46 |
| Tabelle 6 Installierte Kapazitäten in den drei Szenarien des Murauer Systemkraftwerks .....                | 49 |



## Literaturverzeichnis

- Abart-Heriszt L, R. S. (2022). *Energiemosaik Austria. Österreichweite Visualisierung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf Gemeindeebene*. Von [www.energiemosaik.at](http://www.energiemosaik.at) abgerufen
- AIT Austrian Institute of Technology. (Oktober 2022). Lastprofilgenerator Wärmepumpen in Österreich. Wien, Wien, Österreich. Von <http://lastprofilgenerator.ait.ac.at/> abgerufen
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH. (Oktober 2022). Lastprofilgenerator Elektrofahrzeuge in Österreich. Wien, Wien, Österreich. Von <https://ev-lastprofil.ait.ac.at/> abgerufen
- BMWK. (2022). *Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz*. Von SINTEG: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/sinteg/> abgerufen
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. (Oktober 2022). WebGIS-Applikation eHYD. Von [www.ehyd.gv.at](http://www.ehyd.gv.at) abgerufen
- Europäische Kommission. (2021). *Neue EU-Waldstrategie für 2030*. Brüssel.
- Europäische Kommission. (Oktober 2022). Photovoltaic Geographical Information System. Von [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) abgerufen
- Eurostat. (Oktober 2022). Population density by NUTS 3 region. Von [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/demo\\_r\\_d3dens](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/demo_r_d3dens) abgerufen
- Holzwelt Murau. (Oktober 2022). *Energieregion Murau*. Von [www.energieregionmurau.at](http://www.energieregionmurau.at) abgerufen
- LandSteiermark. (2020). *Energiebericht 2019*. Graz.
- NASA. (Oktober 2022). Daten zur Seehöhe.
- Nemitz, R. (Oktober 2022). Klima und Wetter in Europa. Von <https://www.wetter-atlas.de/klima/europa.php> abgerufen
- Umweltbundesamt. (Juni 2022). Emissionskennzahlen Mobilität.
- Universität Bonn, Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung. (Oktober 2022). COSMO Regional Reanalysis. Von <https://reanalysis.meteo.uni-bonn.de/?COSMO-REA6> abgerufen
- Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung (IRUB). (Oktober 2022). Von <https://energiemosaik.at> abgerufen
- Widl, E., Kupzog, F., Tötzer, T., Iglar, B., Schmidt, R.-R., & Gahleitner, B. (2022). *Pionier für Reallabore*. Berlin: BMWK.
- [www.europakarte.org](http://www.europakarte.org). (Oktober 2022). Das Klima in Europa. Von <https://www.europakarte.org/klima/> abgerufen

## Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Erklärung                                                                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AIT       | AIT Austrian Institute of Technology                                                                        |
| COP       | Coefficient of performance, (dt. Leistungsziffer)                                                           |
| EV        | Electric Vehicle (dt. Elektrofahrzeug)                                                                      |
| EW        | Einwohner:in                                                                                                |
| GIS       | Geographische Informationssysteme                                                                           |
| GuD       | Gas und Dampf                                                                                               |
| HGT       | Heizgradtage                                                                                                |
| HKW       | Heizkraftwerk                                                                                               |
| KEM       | Klima- und Energiemodellregion                                                                              |
| KG        | Kühlgradtage                                                                                                |
| KWK       | Kraft-Wärme-Kopplung                                                                                        |
| LKH       | Landeskrankenhaus                                                                                           |
| NUTS      | Nomenclature des unités territoriales statistiques, (dt. Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik) |
| PV        | Photovoltaik                                                                                                |



