

EnerPHit für ein klimaresilientes St. Johann

Klimafahrplan der Klima-Pionierstadt St. Johann in Tirol

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 44/2025

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

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren:

Rainer Pfluger, Sascha Hammes, Andreas Frei (Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für
Energieeffizientes Bauen)

Hans Soder (Marktgemeinde St. Johann in Tirol)

Andreas Franze (Regio-Tech - Das Zentrum für Regionalentwicklung)

Wien, 2025. Stand: 2024

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

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

Rechtlicher Hinweis

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

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

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

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

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem FTI-Schwerpunkt „Klimaneutrale Stadt“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) und Klima- und Energiefonds (KLIEN). Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden Forschung, Entwicklung und Demonstration von Technologien und Innovationen gefördert, mit dem Ziel, einen essentiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden, Quartieren und Städten zu liefern. Gleichzeitig wird dazu beigetragen, die Lebens- und Aufenthaltsqualität sowie die wirtschaftliche Standortattraktivität in Österreich zu erhöhen. Hierfür sind die Forschungsprojekte angehalten, einen gesamtheitlichen Ansatz zu verfolgen und im Sinne einer integrierten Planung – wie auch der Berücksichtigung aller relevanten Bereiche wie Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung, Berücksichtigung von gebauter Infrastruktur, Mobilität und Digitalisierung – angewandte und bedarfsorientierte Fragestellungen zu adressieren.

Um die Wirkung des FTI-Schwerpunkts „Klimaneutrale Stadt“ zu erhöhen, ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Projektergebnissen ein elementarer Baustein. Durch Begleitmaßnahmen zu den Projekten – wie Kommunikation und Stakeholdermanagement – wird es ermöglicht, dass Projektergebnisse skaliert, multipliziert und „Von der Forschung in die Umsetzung“ begleitet werden. Daher werden alle Projekte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) frei zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1.	Bemerkung	10
2	Definition Klimaneutralität	11
3	Vision	12
4	Treibhausgas-Emissionen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol	14
5	Handlungsfelder zur Reduktion der Treibhausgase	16
5.1.	Gebäude	17
5.1.1	Ziel	17
5.1.2	Strategie	21
5.2.	Mobilität	30
5.2.1	Ziel	31
5.2.2	Strategie	32
5.3.	Energieversorgung	34
5.3.1	Ziel	36
5.3.2	Strategie	40
5.4.	Abfallwirtschaft	44
5.4.1	Ziel	45
5.4.2	Strategie	46
5.5.	Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Landwirtschaft	47
5.5.1	Ziel	47
5.5.2	Strategie	47
5.6.	Energieraumplanung und Stadtentwicklung	49
5.6.1	Ziel	52
5.6.2	Strategie	53
5.7.	Das Klimabewusstsein in der Bevölkerung	54
5.7.1	Ziel	55
5.7.2	Strategie	55
5.8.	Verwaltungsstrukturen und Kapazitäten	58
5.8.1	Ziel	58
5.8.2	Strategie	58
6	Risiko-Management	60

7	Umsetzungsplan _____	65
7.1.	Ziel-Szenario nach Handlungsfeld _____	67
7.2.	Übergeordnetes Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol _____	69
8	Schlusswort _____	71
9	Danksagung _____	72
10	Tabellenverzeichnis _____	73
11	Abbildungsverzeichnis _____	74
12	Referenzen _____	76

1 Einleitung

Um die Folgen des anthropogen verursachten Klimawandels zu reduzieren, ist es internationale Bestrebung, die Freisetzung von Treibhausgasen wie bspw. Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Methan (CH₄) zu reduzieren und gleichzeitig eine Anfälligkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber Auswirkungen derzeit nicht-reversibler klimatischer Veränderungen sicherzustellen [1]. Mit dem Pariser Abkommen haben sich 2015 mehrere Vertragsparteien dazu verpflichtet Anstrengungen zu unternehmen, um ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren und dadurch einen Anstieg des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen [2], [3]. Um die Ziele der Klimakonferenz sicherzustellen, erfolgte eine Überführung von Minderungsvorgaben in nationale Gesetzgebungen. So haben sich die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) darauf festgelegt, bis 2030 die Emission von Treibhausgasen um mindestens 40% zu reduzieren und gleichzeitig die Energieerzeugung aus regenerativen Quellen um mindestens 32% auszubauen [4].

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt derzeit in städtischen Gebieten [5]. In der europäischen Union sind es 72%. Zudem ergibt sich, dass die städtische Bevölkerung in den letzten 50 Jahren stetig gewachsen ist, während ländliche Regionen einen Rückgang der Bevölkerung verzeichnen. Stadt- und Bevölkerungsentwicklung agieren in einem Zusammenspiel mit Infrastruktur sowie der Ansässigkeit von Gewerbe- und Industriebetrieben. Daher überrascht es nicht, dass durch die Urbanisierung in Kombination mit energieintensiven Wirtschaftsaktivitäten Städte für etwa 70% der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind [6]. Städtische Gebiete nehmen demnach eine Schlüsselrolle in der Reduzierung des Klimawandels ein [5].

In Lwasa et al., einem Bericht der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zum Klimawandel, führen die Autor:innen auf, dass der Beitrag städtischer Gebiete an den globalen Treibhausgasemissionen derzeit weiter zunimmt [7]. Ergänzend kommt hinzu, dass auch Städte stärker anfällig für Auswirkungen des Klimawandels sind [6]. Hier sind insbesondere verstärkte Hitzeentwicklungen im urban-verbauten Raum während der Sommertage zu nennen (heat island effect). In diesem Zusammenhang ergibt sich, dass die Auswirkungen des Klimawandels genderabhängig sind [8]. Frauen haben stärker mit den Folgen des Klimawandels zu kämpfen und weisen im Vergleich zu Männern eine höhere Sterberate bei Hitzewellen auf [8], [9].

Etwa die Hälfte der europäischen Städte sind derzeit nicht auf Kurs, um eine Sicherstellung der Ziele des Pariser Abkommens zu gewährleisten. Untersuchungen weisen hier eine Verdopplung der Aktivitäten aus, um die erforderlichen Beiträge zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu liefern [10]. Der Beitrag von Städten in der Bekämpfung des Klimawandels ist demnach noch unterrepräsentiert [11], [12]. Insbesondere kleinere Städte sind derzeit in der Kritik [10]. Um Städte in ihren Bestrebungen zu unterstützen und den damit verbundenen mehrschichtigen Wandel zu vollziehen, bedarf es gezielter Strategien. Ein Fahrplan zur Klimaneutralität stellt ein wesentliches Instrument für Städte dar, um Treibhausgasemissionen langfristig und systematisch überprüfbar zu reduzieren. Ein solcher Fahrplan umfasst dabei möglichst all jene notwendigen Schritte, um eine Stadt in einen Zustand der Netto-Null-

Emissionen zu überführen.

Vor dem Hintergrund einer Zunahme von ökologischen und ökonomischen Folgen des anthropogen verursachten Klimawandels, besteht zudem eine Dringlichkeit zum Handeln. Daher bedarf es umfassender und vor allem umsetzbarer und überprüfbarer Strategien, um das Ziel Klimaneutralität zu erreichen. Auch wenn regenerative Energiequellen sich weltweit als Schlüsselfaktor für die Förderung des Klimaschutzes herausgestellt haben [13], erweist sich mit dem Wechsel auf erneuerbare Energieträger eine Energieeffizienzsteigerung in allen Sektoren als ebenso wichtig. Daher setzt die europäische Union auf eine Verbesserung der Energieeffizienz um mindestens 32,5% gegenüber dem Normalbetrieb [14]. Demzufolge muss auch ein kommunaler Klimaneutralitätsfahrplan auf mehreren Ebenen ansetzen.

Klimaneutralitätsfahrpläne sollten Maßnahmen zur Identifikation von wesentlichen Treibhausgasemissionsquellen als auch konkrete Maßnahmen zu deren Reduzierung beinhalten. Dazu gehört insbesondere eine tiefgehende Analyse der Verfahren zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie in die Versorgungsnetze, dem Energieverbrauch der wesentlichen Akteure aus Industrie, Gewerbe und Wohnbauten, der Verkehrssysteme sowie der Abfallbewirtschaftungspraktiken der Stadt. Durch ein umfassendes Verständnis der wesentlichen Emissionsquellen können Maßnahmen in Fahrplänen priorisiert werden. Das IPCC betont neben der Nutzung erneuerbarer Energien und Energieeffizienzmaßnahmen insbesondere die Förderung von Verhaltensänderungen in der Bevölkerung [10]. Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen und zur Elektromobilität sowie die Einführung von Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft zur Minimierung von Abfällen reduzieren nicht nur die Emissionen, sondern verbessern auch die Luftqualität und damit die öffentliche Gesundheit und schaffen zudem eine lebenswertere städtische Umgebung. Trotz synergetischer Effekte zwischen Klimaschutzmaßnahmen und Methoden zur Reduzierung von Luftverschmutzung [15], [16], werden diese gemeinhin als unabhängige Herausforderungen betitelt und in unterschiedlichen politischen Instrumenten angegangen [17].

Ergänzend erweist sich als wichtig, dass ein Klimaneutralitätsfahrplan Aspekte der sozialen Gerechtigkeit berücksichtigt. Denn Klimafolgen wie extreme Wetterereignisse (bspw. Hitzewellen) und schlechte Luftqualität sind nicht nur genderspezifisch, sondern wirken sich auch unterschiedlich auf einzelne Bevölkerungsgruppen aus. Indem Städte Maßnahmen priorisieren, die die Widerstandsfähigkeit dieser Gruppen stärken, können soziale Gerechtigkeit und Inklusion gefördert werden. Hierzu können die Förderung des öffentlichen Nahverkehrs (bspw. kostenlose Nutzung wie in Luxemburg [18]) und der Bau energieeffizienter, erschwinglicher Wohnungen (bspw. [19]) gezählt werden, die Energiekosten senken und gleichzeitig die Lebensbedingungen für Personen mit niedrigem Einkommen verbessern. Die Gewährleistung sozialer Gerechtigkeit erweist sich in Strategien zur Klimaneutralität zudem dahingehend als wichtig, dass ein notwendiges Maß an öffentlicher Unterstützung erreicht wird, welche wiederum bedeutsam ist für langfristige Nachhaltigkeitsziele, die nur begrenzt im Einflussbereich der Stadt stehen, wie bspw. der private Wohnbau im Allgemeinen, der Sanierung von Privatgebäuden sowie der Umstellung deren Heizsysteme.

Ein Klimaneutralitätsfahrplan stellt nicht nur ein technisches Dokument für die repräsentativen und operativen Institutionen von Kommunen dar, sondern auch ein Instrument, um die Bevölkerung zu informieren und in den Transformationsprozess einzubinden, und dadurch zu notwendigen Verhaltensänderungen hin zu klimafreundlichen Entscheidungen zu motivieren. Denn das öffentliche Bewusstsein und die Beteiligung der Bevölkerung erweisen sich als wesentlich für den Erfolg von Klimaschutzmaßnahmen. Aufklärungskampagnen, öffentliche Konsultationen und partizipative Entscheidungsprozesse sollen in diesem Zusammenhang sicherstellen, dass der Klimaneutralitätsfahrplan einerseits die Werte und Bestrebungen der Gemeinschaft widerspiegelt und andererseits der Bevölkerung verständlich übergeordnete Entwicklungsmaßnahmen präsentiert und den erforderlichen Handlungsspielraum der Bevölkerung transparent darstellt. Denn informierte Bürger:innen können zielführender im Transformationsprozess unterstützen.

Darüber hinaus erkennen viele Städte die Notwendigkeit über nationale Verpflichtungen hinauszugehen, um Auswirkungen des Klimawandels auf die Bevölkerung und Luftverschmutzungen zu reduzieren. Dies mündet meist in der Festlegung eigener ehrgeiziger Klimaziele. Im besten Fall resultieren diese in Leuchtturmprojekte, welche andere Kommunen inspirieren und dazu beitragen, internationale Ziele wie das Pariser Abkommen sicherzustellen. Als Beispiel kann an dieser Stelle der Fahrplan der spanischen Hauptstadt Madrid genannt werden, welche bis 2030 eine Reduzierung der Treibhausgase von 65% und eine vollständige Dekarbonisierung bis 2050 erreichen möchte [20].

Salvia et al. führen eine vergleichende Analyse von Minderungszielen von 327 europäischen Städten durch (25% der Bevölkerung der EU). 25% der bewerteten Städte streben dabei Klimaneutralität an. Die Autoren identifizieren Abhängigkeiten zwischen Zielsetzung, Stadtgröße, Land und Mitgliedschaften in Klimanetzwerken. So ergeben sich bspw. in manchen Nationen gesetzliche Verpflichtungen zur Erstellung von Klimafahrplänen (bspw. werden in Schweden alle Kommunen und in Italien Städte mit mehr als 50.000 Einwohner:innen zur Erstellung dieser Fahrpläne verpflichtet). Die Bevölkerungsgröße hat einen signifikanten Einfluss auf die Höhe des Minderungsziels. Kleinstädte von weniger als 50.000 Einwohner:innen waren in der Studie unterrepräsentiert [10]. Dabei zeigt sich, dass in Österreich Kleinstädte von weniger als 50.000 Einwohner:innen und mehr als 5.000 etwa 30% der Gesamtbevölkerung Österreichs abdecken [21]. Daher erweist sich eine Notwendigkeit für Kleinstädte stärker an Klimaschutzmaßnahmen zu partizipieren.

Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol möchte diesem Beispiel folgend im FuE-Dienstleistungsprojekt „EnerPHit-for-2040“ [22] im Rahmen des Programms „Leuchttürme für resiliente Städte 2040“ (Ausschreibung 2022) einen Fahrplan zur Klimaneutralität bis 2040 erstellen. „Leuchttürme für resiliente Städte 2040“ ist ein Programm des Klima- und Energiefonds und wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG abgewickelt.

St. Johann in Tirol verfügt über gute Voraussetzungen, um das Ziel Klimaneutralität realistisch umzusetzen. Hierzu zählt ein global tätiges Industrieunternehmen zur Herstellung von Holzwerkstoffen, welches überschüssige Prozessabwärme in ein umfangreiches Fernwärmenetz der Marktgemeinde St. Johann in Tirol einspeist (siehe Abbildung 1). Darüber hinaus bestehen in St. Johann in Tirol hohe

Potentiale für die Nutzung solarer Energie, bspw. Photovoltaik (PV) und Solarthermie (vgl. Abbildung 2). Dies inkludiert insbesondere Dachflächen öffentlicher Liegenschaften und Gewerbebauten. Zu guten Voraussetzungen für das Ziel Klimaneutralität 2040 zählt in der Marktgemeinde St. Johann in Tirol auch, dass Wohnbaugesellschaften präsent sind, die in Sanierung und Neubau auf hohe Energieeffizienzstandard setzen. Weiters betreibt die Gemeinde seit einiger Zeit ein umfangreiches Energiemonitoring zur Bestandsanalyse und Evaluierung künftiger Maßnahmen an öffentlichen Gebäuden (siehe [23]).



Abbildung 1: Gegenwärtiger Fernwärmeversorgungsbereich der Marktgemeinde St. Johann in Tirol (orange-Fläche). Bildquelle: [24].

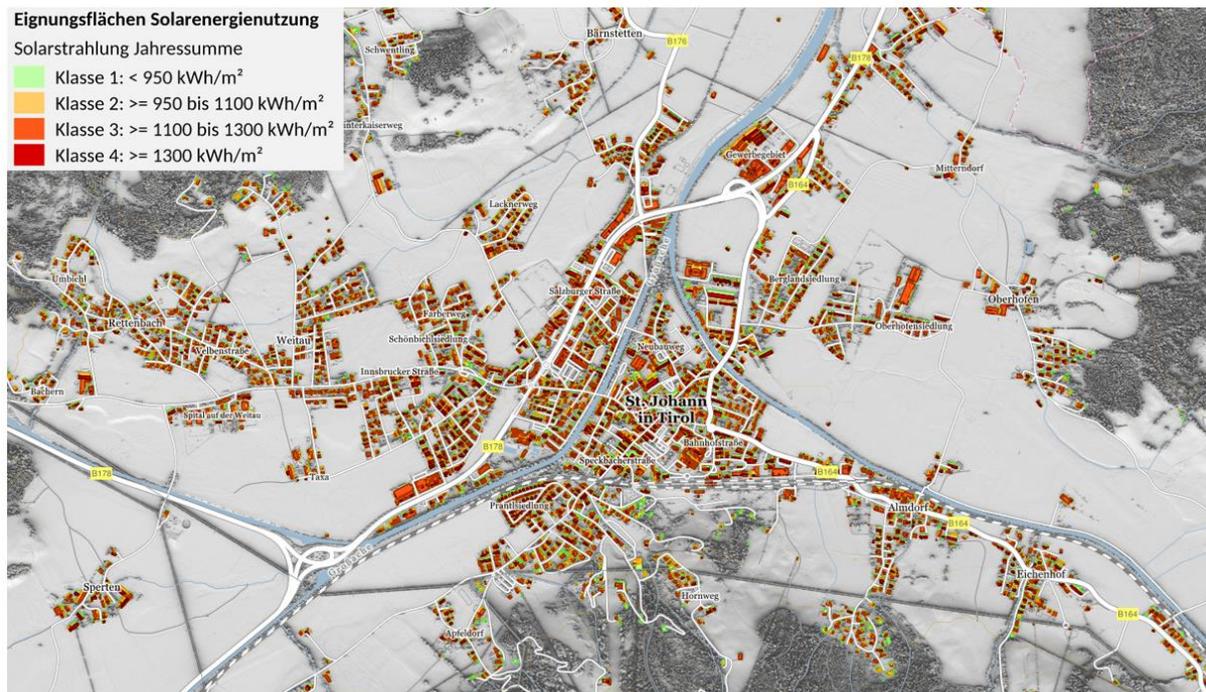


Abbildung 2: PV-Potential für St. Johann in Tirol und Umland nach TirolSolar. Bildquelle: [25].

Transnationale Netzwerke, die sich im Klimaschutz bemühen, können sich positiv als Treiber von Maßnahmen auswirken und haben daher in den vergangenen Jahren deutlich an Popularität und Zuwachs gewonnen [26], [27]. Salvia et al. führen auf, dass 309 der 367 bewerteten Städte mit Klimafahrplan (90%) mindestens in einem Netzwerk aktiv sind [6]. Das Klimabündnis ist eines dieser Netzwerke, welches aktuell etwa 1500 Kommunen in 17 verschiedenen europäischen Ländern zusammenführt und unterstützt. Die teilnehmenden Kommunen verfolgen das Ziel einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 10% alle fünf Jahre [28]. Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol hat sich diesem Netzwerk bereits 2002 angeschlossen [29].

Weitere Initiativen der Gemeinde in diesem Sinne sind:

- Mitgliedschaft Klimabündnis Tirol seit 2002: durchgeführt werden ein jährliches Sattelfest, der „Tirol radelt“ Wettbewerb sowie die Förderung von Green Event Tirol; der Veranstaltungssaal der Gemeinde ist eine Green Event Location.
- Teilnahme am Programm e5- energieeffiziente Gemeinde seit 2018 (derzeitige Auszeichnung von 2023 mit 4“e“): kürzlich umgesetzte Projekte beinhalten ein Energiemonitoring der Gemeindegebäude und ein Grünflächenleitfaden zur Biodiversitätsförderung
- Teilnahme am Tiroler Landesprogramm Mobilitätssterne (2023 mit 4 Sternen bewertet): Wesentlich wurde hierbei die Umsetzung des Masterplan Ortskern mit der Einrichtung einer großräumigen Begegnungszone sowie der Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Mobilität hervorgehoben
- Strategieprozess 2030-2050: In einem breit angelegten, mehrjährigen Strategieprozess wurden wesentliche Maßnahmen für 8 Handlungsfelder unter Einbindung sowohl von Expert:innen als auch der

Bevölkerung erarbeitet. Der vorliegende Klimaneutralitätsfahrplan wird nun das in diesem Prozess ausgearbeitete Handlungsfeld „Umwelt, Klima, Nachhaltigkeit“ vertiefen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Klimaneutralitätsfahrplan für Städte, wie der Marktgemeinde St. Johann in Tirol, von entscheidender Bedeutung sind, um den Herausforderungen des Klimawandels entgegenzutreten. Ein Fahrplan zur Klimaneutralität bietet einen strukturierten Ansatz zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, zur Förderung der sozialen Gerechtigkeit, zur Verbesserung der wirtschaftlichen Widerstandsfähigkeit und als Beitrag klimapolitischer Zielsetzungen, letzteres auf nationaler wie internationaler Ebene. Der Klimafahrplan der Marktgemeinde St. Johann in Tirol stellt sich der Herausforderung des engen Zeitrahmens bis 2040 und der mit der Umsetzung verbundenen Hindernisse hinsichtlich Komplexität und Interdisziplinarität der Aufgabenstellung. Letztere ergibt sich nicht nur aus technischer Sicht durch die Sektorkopplung, sondern auch durch die ökonomische und juristische Verschränkung kommunaler und privatwirtschaftlicher Entitäten. Vor dem Hintergrund, dass künftig viele städtische Gebiete weiterwachsen, erweist sich der Bedarf an umsetzbaren Klimastrategien als bedeutsam. Ein Fahrplan zur Klimaneutralität ist nicht nur ein strategisches Dokument, sondern kann auch eine Blaupause für eine nachhaltige Zukunft sein.

1.1. Bemerkung

Dieser Fahrplan baut insbesondere auf den Ergebnissen der Berichte auf, die aus dem Forschungsprojekt EnerPHit-for-2040 resultieren. Die darin definierten Deliverables waren:

- D2-1 Datenakquise St-Johann
- D2-2 Ableitung einer Sofortmaßnahme
- D3-1 Erstellung von Energiebilanzen und Berechnung der CO₂-Emissionen
- D3-2 Umsetzungsstrategien für Sofortmaßnahmen
- D3-3 Energieraumplanung

Im Zuge des Projekts EnerPHit-for-2040 wurde zudem eine Masterthesis umgesetzt, welche eine Photovoltaik (PV)-Potenzialanalyse umfasst und die daraus resultierende Ableitung von PV-Ausbaustrategien für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol (siehe [30]). Im Kapitel zur Energieversorgung bilden die Ergebnisse der Masterthesis eine wesentliche Grundlage.

2 Definition Klimaneutralität

Im Kontext Klimaneutralität fallen viele Begriffe, welche Synonym verwendet werden oder gar verschiedene Ergebnisse derselben Zielsetzung umfassen. Daher ist eine genaue Definition im eigenen Klimafahrplan unabdingbar. Dies schafft ein gemeinsames Verständnis und kann eine qualitative Erfolgskontrolle gesetzter Maßnahmen garantieren.

Die British Standard Institution beschreibt das Ziel als Zustand, bei dem keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr auftreten [31]. Ähnlich formuliert es das europäische Parlament. Das Gleichgewicht zwischen dem Ausstoß von Kohlenstoff und der Absorption von Treibhausgasemissionen aus der Atmosphäre kann als Netto-Null-Ausstoß bezeichnet werden. Dies kann darin münden Treibhausgasemissionen auf ein Minimum zu reduzieren und die verbleibenden Emissionen durch verschiedene Kompensationsprojekte auszugleichen [32]. Zu solchen Kompensationsprojekten können Wiederaufforstung oder die Unterstützung von Projekten für erneuerbare Energien in anderen Regionen gezählt werden.

Alle Definitionen der Klimaneutralität zielen darauf ab, die Treibhausgasmissionen aus den einzelnen Sektoren einer Stadt zu reduzieren. Zu den Sektoren gehören insbesondere der Gebäudesektor, der Bereich Verkehr, Industrie und die Energieerzeugung sowie die Abfallwirtschaft.

Um das ambitionierte und doch notwendige Ziel Klimaneutralität zu erreichen, sind grundlegende Veränderungen in der Stadt- und Energieraumplanung sowie Infrastruktur erforderlich. Gleiches gilt für die Einbindung der Bevölkerung auf dem Weg zur Klimaneutralität. Dazu gehört die transparente Aufklärung der Bewohner:innen über gesetzte Maßnahmen, die Förderung zur Teilnahme an grünen Initiativen und die Schaffung einer Kultur innerhalb der Bevölkerung für mehr Klima- und Umweltverantwortung im Alltag.

3 Vision

Ein klimaneutrales St. Johann in Tirol stellt eine nachhaltige, widerstandsfähige und gerechte städtische Umgebung dar, in der Netto-Null-Emissionen bestehen, d.h. ein Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffemissionen und der Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in Kohlenstoffsinken (im Sinne der Zielformulierung Klimaneutralität des europäischen Parlaments, vgl. [32]). Diese Vision integriert fortschrittliche grüne Technologien, innovative Infrastruktur, Kreislaufwirtschaft und ein öffentliches Umweltbewusstsein, um ein ausgewogenes Ökosystem zu schaffen, welches das lokale Wirtschaftswachstum, die Gesundheit und den Lebensraum der Bevölkerung langfristig unterstützen kann. Die Vision umfasst unter anderem Gebäude, die sowohl in Sanierung und Neubau hohe Energieeffizienzstandards erreichen, eine verstärkte Stadtbegrünung, welche CO₂ aufnimmt, sowie einen breiten Einsatz erneuerbarer Energiequellen wie Biomasse, Solarenergie und Wasserkraft, welche eine Verringerung der Abhängigkeit von überregionalen Versorgungsinfrastrukturen schaffen. Um alle saisonalen und tageszeitlichen Lasten abzudecken, ist auch ein entsprechender Einsatz von Speicherlösungen erforderlich.

Die Elektrifizierung von Personenkraftwagen stellt einen Eckpfeiler der EU-Strategie zur Dekarbonisierung dar [33]. Ein massiver Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur ist erforderlich, um eine Entwicklung der Elektromobilität in dem Maße sicherzustellen, dass die EU-Zielsetzungen erfüllt werden können. Um Unsicherheiten in der Bevölkerung zu reduzieren, bedarf es einer klaren Technologieentscheidung und Infrastrukturprioritäten [2]. Das künftige Verkehrsnetz von St. Johann in Tirol soll neben der Elektromobilität den Fokus auf öffentliche Verkehrsmittel und Radfahren bzw. aktive Mobilität setzen, unterstützt durch eine umfangreiche Ladeinfrastruktur und einfache Zugangsmöglichkeit für Car-Sharing und öffentliche Fahrradnutzung inklusive Lastenräder. Darüber hinaus nutzen die Leitsysteme der Gemeinde moderne Methoden der Echtzeit-Datenanalysen und künstlicher Intelligenz (KI), um die Effizienz des Verkehrsflusses zu verbessern und Staus zu reduzieren.

Städte können in hohem Maß von nationalen und regionalen Richtlinien abhängig sein. So kann eine Ausgestaltung von Maßnahmen vom politischen Engagement und verfügbaren Ressourcen auf Landes- und Bundesebene geprägt sein [10]. Mit dem Wandel zu erneuerbaren Energien erfolgt jedoch meist auch eine Loslösung von übergeordneten Versorgungsquellen, d.h. von einer zentralen Energieversorgung hin zu einer dezentralen Energieinfrastruktur. Dadurch können Städte nicht nur Abhängigkeiten von fossilen Brennstoffen übergeordneter Versorgungsstrukturen auflösen, sondern sich auch vor dem Einfluss stark schwankender Energiepreise und Versorgungsunterbrechungen schützen. Diese Faktoren erweisen sich als entscheidend für die wirtschaftliche Widerstandsfähigkeit und eine Aufrechterhaltung von Stabilität und Wachstum angesichts globaler ökologischer und wirtschaftlicher Unsicherheiten. Eine grüne Energieversorgung sollte nicht nur einer dezentralen Netzstruktur folgen, sondern sollte zudem gestützt werden durch intelligente Netze, die die Energieverteilung optimieren. Gebäudeverbände agieren dabei in Mikronetzen, und produzieren so viel Energie, wie sie verbrauchen. Eine vollständige lokale Energieautarkie stellt zwar nicht das Ziel dar, jedoch kann mit der verstärkten Integration erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen im Gemeindegebiet eine weitestgehende Unabhängigkeit von übergeordneten Netzen geschaffen werden.

Die Transformation zu einer klimaneutralen Stadt kann zudem wirtschaftliche Innovation und Resilienz vorantreiben. Investitionen in regenerative Energieerzeugungsmethoden und Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung bieten das Potential neue Beschäftigungsmöglichkeiten in der Region zu schaffen. Ein Fahrplan kann in diesem Zusammenhang eine klare Richtung für solche Investitionen vorgeben. Zudem erweist es sich als notwendig den öffentlichen und privaten Sektor hinsichtlich nachhaltiger Initiativen zusammenzuführen, was Vorteile auf beiden Seiten mit sich bringen kann – die Sicherstellung von Klimaneutralitätszielen und eine Förderung der lokalen Wirtschaft.

Das Streben nach Klimaneutralität fördert somit Innovation und die Einführung fortschrittlicher Technologien. Durch das Forcieren einer Innovationskultur können Städte und beteiligte Institutionen in damit verbundenen Entwicklungsprozessen an der Spitze des technologischen Fortschritts bleiben und Unternehmen und Talente anziehen, die sich auf Nachhaltigkeit konzentrieren.

In der Vision der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zur Klimaneutralität besteht ein Kreislaufwirtschaftsansatz, welcher den städtischen Abfall durch rigorose Recycling-, Kompostierungs- und Wiederverwendungsstrategien minimiert. Darüber hinaus soll nicht recycelbarer Abfall in Energie umgewandelt werden und so das Ausmaß der Deponierung reduziert werden.

Die Raumplanung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol beinhaltet die Berücksichtigung grüner Infrastruktur wie Parks und Gründächer, um das Landschaftsbild zu verbessern und städtische Wärmeinseln zu reduzieren. Darüber hinaus bieten diese Konzepte auch die Möglichkeit die Biodiversität zu unterstützen und die Luftqualität zu verbessern. St. Johann in Tirol soll zudem eine Robustheit gegen Klimaauswirkungen wie extremen Wetterereignissen aufweisen. Dies umfasst eine widerstandsfähige Infrastruktur, Frühwarnsysteme und Notfallvorsorgepläne. Eine nachhaltige Stadtplanung soll zudem soziale Ungleichheiten reduzieren, indem der Zugang zu Grünflächen, sauberen Energien und dem öffentlichen Nahverkehr allen gleichermaßen eröffnet wird. Geschaffene Nachhaltigkeitsmaßnahmen sollen eine langfristige Verwertbarkeit aufweisen, um deren Nutzen für künftige Generationen sicherzustellen.

Eine klimaneutralen St. Johann in Tirol strebt somit eine Integration ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Bedürfnisse an. Dazu sind umfassende Entwicklungen in den Bereichen Energieversorgung, Bau, Verkehr, Abfallwirtschaft und Raumplanung erforderlich. Der Übergang zu einem klimaneutralen St. Johann in Tirol kann der Bevölkerung den Mehrwert einer verbesserten Gesundheit, wirtschaftliche Chancen, einen verbesserten Lebensraum, höhere Resilienz und Energiesicherheit bieten. Die Verfolgung dieser Vision trägt entscheidend dazu bei, Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren. Die Vision Klimaneutralität 2040 umschließt nicht nur aktuelle Umweltprobleme, sondern antizipiert auch künftige Bedürfnisse und integriert innovative Lösungen, um ein dynamisches, anpassungsfähiges kommunales Ökosystem zu schaffen.

4 Treibhausgas-Emissionen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol

Grundlage der Arbeiten zur Klimafahrplanentwicklung ist die Aufnahme aller relevanten Bestandsinformationen, insbesondere von Energieverbrauchern, um die bestehenden Treibhausgasemissionen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zu quantifizieren. Da die künftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen von Relevanz ist, um den Erfolg gesetzter Maßnahmen und damit die Sicherstellung der Zielsetzung Klimaneutralität 2040 zu gewährleisten, bedarf es einer laufenden Überwachung relevanter Daten.

Erster Handlungsschritt im Kontext der Datenakquise ist die Definition und Erhebung notwendiger Parameter. Viele Bestrebungen im Klimawandel konzentrieren sich auf die regenerative Erzeugung elektrischer Energie, doch Bedarf es auch eines Einbezugs anderer Sektoren (bspw. Wärme, Verkehr und Kühlung), um ein Netto-Null-Ziel der Treibhausgasemissionen zu erreichen [34]. Salvia et al. führen in ihre Vergleichsanalyse von 327 Städten, die das Ziel Reduzierung von Treibhausgasemissionen verfolgen, auf, dass die meisten Städte den Schwerpunkt auf den privaten und kommunalen Gebäudesektor setzen. Auch der Verkehrssektor nimmt eine wesentliche Rolle ein. Die meisten bewerteten Fahrpläne von Salvia et al. führen insbesondere Maßnahmen zur Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs und den Ausbau der Fahrradwege auf [10]. Ebenfalls spielt der Energiesektor eine Schlüsselrolle bei der Reduzierung der Auswirkungen des Klimawandels. Dies umschließt sowohl neue Technologien zur Energieerzeugung, effizientere Energienutzung und ein energiebewusstes Verbrauchsverhalten [35]. Daher werden diese Bereiche als Hauptkategorien aufgenommen, um die Energieverbräuche und damit Treibhausgasemissionen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zu quantifizieren.

Nach dem Energiemosaik wird für St. Johann in Tirol ein Gesamtenergiebedarf von 410.300 MWh/a ausgewiesen, was rund 88.320 tCO_{2äq} entspricht [36] (weiterführende Informationen zum Energiemosaik in [37]). Aufgeteilt nach den einzelnen Sektoren ergibt sich die in Tabelle 1 dargestellte Verteilung für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen. Eine Bewertung der größten Verbrauchsquellen, basierend auf den statistischen Daten des Energiemosaiks führt auf, dass neben den Bereichen Industrie (mit der Holzverarbeitung, als größte industrielle Produktionsstätte in St. Johann in Tirol und einem Anteil innerhalb des Bereiches Industrie und Gewerbe von 84% [36]) und Mobilität ein wesentlicher Anteil auf den Gebäudesektor entfällt. Dieser Anteil ist sogar noch höher, wie es die Berechnung über erhobene Daten zum Heizsystem ergibt. Die Detailberechnung des Energieverbrauchs des Gebäudesektors basiert auf einer Zuweisung des aktuellen Gebäudebestands der Marktgemeinde St. Johann in Tirol auf die im districtPH [38] hinterlegten Gebäudetypologien, welche größtenteils auf den abgeleiteten Gebäudetypologien aus dem EU-Forschungsprojekt TABULA basieren (Details zu TABULA in [39], [40], [41]). Die Zuweisung erfolgt über die verfügbaren Gebäudegeometrieinformationen (bebaute Fläche, Geschoße, Kubatur, Errichtungsjahr, (alle Daten ohne Personenbezug)) aus dem Kataster. Das Klassifizierungssystem der Gebäude in districtPH, bzw. TABULA verfügt über statistisch validierte Daten für einzelne Gebäudetypologien in verschiedenen Nationen. Dazu zählen insbesondere statistische Werte zum Energieverbrauch. Demnach würden die Treibhausgasemissionen, die dem Gebäudesektor zuzuweisen sind, 30.840 tCO_{2äq} entsprechen, was in einem Gesamtbetrag von

102.460 tCO_{2äq} resultiert.

Tabelle 1: Energieverbrauchsdaten für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, aufgeteilt nach Sektoren (basierend auf dem Energiemosaik [36]).

Gebäudesektor	Land- und Forstwirtschaft	Industrie	Dienstleistungen	Mobilität	Summe
87.000 MWh/a	4.700 MWh/a	193.200 MWh/a	45.900 MWh/a	79.600 MWh/a	410.300 MWh/a
21%	1%	47%	11%	20%	100%
16.700 tCO _{2äq}	970 tCO _{2äq}	31.490 tCO _{2äq}	10.670 tCO _{2äq}	28.490 tCO _{2äq}	88.320 tCO_{2äq}

Basierend auf der Datengrundlage des Energiemosaiks lassen sich die Energieverbräuche aus dem Transportwesen, Prozesswärme, Raumwärme und aus dem Betrieb von Motoren und anderen elektrischen Endverbrauchern wie folgt auf die Sektoren aus Tabelle 1 verorten und nach fossilen und erneuerbaren Energieträgern aufschlüsseln (vgl. Abbildung 3):

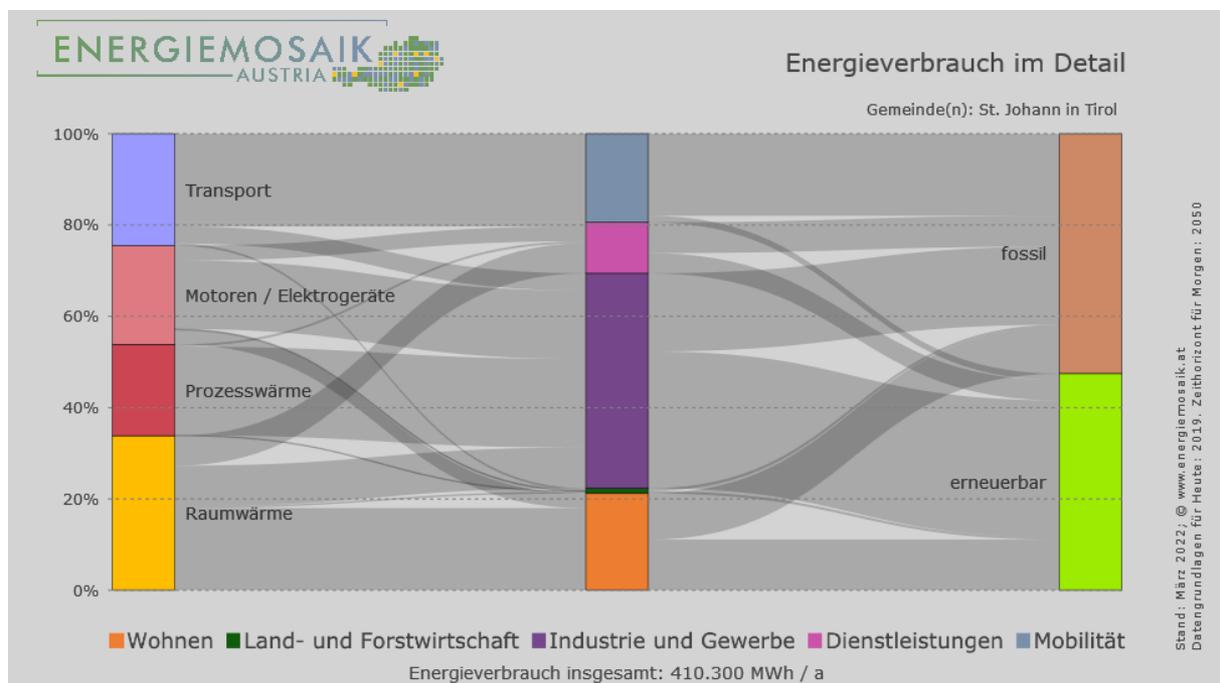


Abbildung 3: Sankey-Diagramm des Energieverbrauchs für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, Stand März 2022. Bildquelle: [36].

Um die Zielsetzung eines Klimaneutralitätsfahrplans sicherzustellen, bedarf es geeigneten Kontrollmechanismen. Denn Abweichungen von gesetzten Maßnahmen gilt es frühzeitig zu erfassen und bei Verfehlung entsprechend durch Fallback-Strategien zu kompensieren. Daher besteht ein Bedarf an objektiven Messmethoden in der Erfolgskontrolle [42].

5 Handlungsfelder zur Reduktion der Treibhausgase

Ausgehend von der Zielsetzung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zur Klimaneutralität 2040 und den identifizierten Hauptquellen für Treibhausgasemissionen, können folgende Bereiche als Eckpfeiler des Klimafahrplans aufgenommen werden:

- Energieversorgung:
 - Umstellung auf regenerative Energiequellen
 - Implementierung intelligenter Netze
- Gebäude- und Anlagenenergieeffizienz:
 - Sicherstellung hoher Effizienzstandard – bspw. kimaaktiv oder EnerPHit-Standard in der Sanierung und Passivhaus-Standard im Neubau.
 - Verbrauchsreduktion durch verbesserte Effizienz (bzw. Ersatz) gebäudetechnischer Einrichtungen und industrieller Produktionsprozesse.
- Verkehr:
 - Förderung öffentlicher Verkehrsmittel und der aktiven Mobilität
 - Förderung der Elektromobilität samt der Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur
 - Maßnahmen zum intelligenten Verkehrsmanagement und Parkleitsysteme zur Reduzierung von Verkehrsstaus
 - Förderung von Car- und Bikesharing-Programmen, insbesondere im Sinne der Elektromobilität
- Abfallmanagement:
 - Förderung der Kreislaufwirtschaft:
 - Verringerung der Abfallmengen
 - Recycling- und Kompostierungsprogramme
- Stadtplanung
 - Maßnahmen zur Stadtbegrünung (inklusive Gründächern und -wänden an Gebäuden) zur Absorption von CO₂ und Erzeugung von Schattenflächen
 - Energieraumplanung

5.1. Gebäude

In der aktuellen Literatur wird identifiziert, dass etwa 40% des weltweiten Energiebedarfs auf den Gebäudesektor entfällt [43]. Aufgrund der meist langen Nutzungsphase eines Gebäudes entfällt der Großteil des Energiebedarfes auf die Betriebsphase und beinhaltet den Verbrauch von Wärme, Kühlung, Lüftung und elektrischer Energie. Wärmeverluste über die Gebäudehülle zählen unter den klimatischen Bedingungen in Mittel- und Nordeuropa zu den wichtigsten Verbrauchern eines Gebäudes. Neben dem Wechsel auf erneuerbare Energien erweist sich daher eine Energieeffizienzsteigerung von Gebäudeelementen und insbesondere der thermischen Gebäudehülle als essenziell. Nach Genre et al. und Sandberg et al. kann sich die Fassadensanierung nicht nur positiv auf die Energieleistung, sondern auch auf den Nutzerkomfort und die Qualität der Immobilie auswirken [44], [45]. Der Einsatz von hochwertigen Komponenten ist insofern wichtig, um im Kundeninteresse, gesicherte, vergleichbare und vor allem objektiv nachweisbare Qualitätsstandard zu erreichen. Auf diese Weise können Kund:innen prüfen, ob jener Energieeffizienzstandard des Gebäudes erzielt wurde, welcher im Zuge der Gebäudeplanung, bzw. Sanierungsplanung versprochen wurde. Im Weiteren tragen hohe Qualitätsstandards dazu bei, Folgeschäden durch mangelnde Qualität in Planung und Umsetzung zu vermeiden. Beispiele hierfür sind Schimmel an Wänden, welcher durch falsche Planung, Dimensionierung oder Montage entstehen kann oder Risiken von Überhitzungen, welche im Kontext des Klimawandels zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für Kommunen, wie St. Johann in Tirol, die das ambitionierte und gesellschaftlich wertvolle Ziel Klimaneutralität 2040 verfolgen, sind Qualitätsstandards ebenfalls von hoher Relevanz, da erst solche Standards Sicherheit in der Planung von Energieverbräuchen schaffen. Denn die gesamte Versorgungsinfrastruktur von Wärme und elektrischer Energie wird nach den Worst-Case Energieverbrauch im Winter ausgelegt. Ein effizienter und ausfallsicherer Netzbetrieb baut daher auf planbaren Verbrauchern auf. Ohne Qualitätsstandards erweist sich daher eine zielführende Verfolgung des Klimafahrplans als kritisch.

Aufgrund der Tatsache, dass derzeit bereits ein hoher Baubestand vorhanden ist, stark gestiegene Kosten für Neubauten bestehen und ein wachsendes Bewusstsein in der Bevölkerung für das Thema Nachhaltigkeit existieren, resultiert ein zunehmendes Interesse an der energetischen Gebäudesanierung. Es ergibt sich in diesem Kontext auch, dass sanierte Gebäude, über den Einsatz sehr energieeffizienter Komponenten, ähnlich effizient betrieben werden können wie Neubauten. Hierzu zählt beispielsweise der Einsatz von Passivhauskomponenten in der Sanierung, um den EnerPHit-Standard zu erzielen (Details zum EnerPHit-Standard in [46]). Aufgrund der kälteren klimatischen Bedingungen liegt dieser für die Region der Marktgemeinde St. Johann in Tirol bei 30 kWh/m²a.

5.1.1 Ziel

Um ein realistisches Ziel für St. Johann in Tirol im Gebäudesektor zu formulieren, wird der reale Gebäudebestand erfasst und darauf aufbauend ein repräsentatives Modell der Tiroler Marktgemeinde im Tool districtPH erstellt. districtPH erlaubt unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs im Gebäudesektor, des Haushaltsstromverbrauchs, des Individualverkehrs, der Straßenbeleuchtung und mit Einschränkungen auch des öffentlichen Nahverkehrs, eine Prognose des zukünftigen Energieverbrauchs sowie der

THG-Emissionen, welche in $\text{CO}_{2\text{äq}}$ dargestellt werden. Dabei wurde im Rahmen der Entwicklung der Ansatz von districtPH mit vergleichbaren District-Tools hinsichtlich der Kriterien Fokus, Ziel, Methodik, geografische Abdeckung und Eingabedaten bewertet und im Folgenden hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung für Heizungs- und Verteilsysteme in einem Wohnquartier geprüft [47], [48]. Die Studienergebnisse von Dermentzis et al. betonen dabei die Vorzüge für den Einsatz in der kommunalen Planungspraxis zur Erstellung von Fahrplänen auf Basis von Kohortenmodellen [47], [48], also nicht die Auswertung einzelner individueller Gebäude, sondern die Bewertung von Gebäudegruppen. Die Gebäudegruppen orientieren sich dabei an jenen Typologien, die aus dem Forschungsprojekt der TABULA-Datenbank hervorgingen und statistisch belegt sind (Webtool [49], entstanden im gleichnamigen EU-Projekt [50], Details zur TABULA-Datenbank in [51]). Die Nutzung von Gebäudetypologien in einem Bottom-up-Ansatz erlaubt die Entwicklung vereinfachter und dennoch genauer Modelle des Gebäudebestands. Darauf aufbauend wurden Szenarien für Sanierung, Abriss, Neubau und Zubau sowie adaptierte Versorgungskonzepte entwickelt. Über Variantensimulationen konnten verschiedenste Szenarien entwickelt werden, sodass einerseits der Einfluss von Sanierungsmaßnahmen auf den zukünftigen Energiebedarf und andererseits der notwendige zukünftige Zubau an erneuerbaren Energien qualitativ und quantitativ ermittelt werden kann (Grundlage zu 5.3 Energieversorgung). Zwar laufen im Hintergrund Einzelszenarien mit diskreten Sanierungszeitpunkten, im Ergebnis werden aber mit der jeweiligen statistischen Wahrscheinlichkeit gewichtete Mittelwerte aus den Einzelverläufen gebildet. Die so ermittelten Verläufe unterschiedlicher Zielgrößen, welche unter Berücksichtigung der jeweils gewählten Versorgungssysteme (z.B. kommunale Fern- oder Nahwärme etc.) und Stromanwendungen (Elektromobilität, Haushalts- und Industriestrom etc.) berechnet werden, bilden die Grundlage für die langfristige Energieraumplanung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.

Über Variantensimulationen in districtPH war es auch möglich, abzuschätzen in welchem Ausmaß, gesetzte Maßnahmen von den Vorgaben abweichen dürfen, um dennoch das gewünschte Ziel Klimaneutralität 2040 zu erreichen [52]. Ausgehend von diesen Simulationsergebnissen, konnten konkrete Handlungsempfehlungen zu Sanierungsmaßnahmen und eine Priorisierung von Einzelmaßnahmen abgeleitet werden (vgl. 5.1.2).

Die Anzahl der simulierbaren Varianten und die Qualität der Simulationsergebnisse resultieren aus der Granularität und Güte der Daten. Aus diesem Grund wurde ein großer Wert auf die Erfassung des Gebäudebestands gelegt. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der zugewiesenen Gebäudedaten (basierend auf einer Auflösung im 100x100-Raster).

Tabelle 2: Gebäudebestand von St. Johann in Tirol klassifiziert nach den TABULA-Gebäudeklassen, kumulierte Darstellung (Stand: Mai 2024).

Gebäudetyp	Jahr von	Jahr bis	EBF in m ² Grundfläche	Anzahl der Geschosse (realer Durchschnitt)	Technische Details nach TABULA
Reihenhaus	Vor 1918		23274.09	2	https://webtool.building-typology.eu/#bd
	1961	1980	42479.38	3	
	1981	1990	14576.64	2	
	1991	2000	25242.99	2	
	2001	2010	5191.58	2	
Apartmentgebäude	Vor 1918		16676	4	
	1919	1944	1565	4	
	1945	1960	10931.21	4	
	1961	1980	54734.19	4	
	1981	1990	36287	4	
	1991	2000	63938	4	
	2001	2010	37291	5	
	Nach 2011		19621.5	5	
Mehrfamilienhaus	Vor 1918		8006	3	
	1919	1944	4705.63	3	
	1945	1960	7522.37	3	
	1961	1980	19202.45	3	
	1981	1990	19377.02	4	
	1991	2000	9676	4	
	2001	2010	32684.33	2	
	Nach 2011		40363.96	2	
Einfamilienhaus	Vor 1918		18311.49	2	
	1919	1944	6571.6	2	
	1945	1960	33275.39	2	
	1961	1980	69295.99	2	
	1981	1990	40122.58	3	
	1991	2000	4976	2	
	2001	2010	15592.73	2	
	Nach 2011		14526.93	2	

Aufgrund des Ziels hoher Baustandards und einem existierenden Bestand mehrerer Altbauten in St. Johann in Tirol mit wesentlichen Energieverbräuchen über die Gebäudehülle, erweist sich die energetische Gebäudesanierung im EnerPHit-Standard als ein essenzieller Schwerpunkt für die Erreichung der Klimaneutralität 2040. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass Neubauten hohe Energieeffizienzstandards folgen, wie etwa dem Passivhaus-Standard. St. Johann in Tirol ist bestrebt durch Energieeffizienzsteigerungen im Gebäudesektor den Energiebedarf auf 30% im Vergleich zum derzeitigen Energiebedarf zu reduzieren. Dies entspricht Einsparungen von etwa 20 kt CO_{2äq}. Nur durch diese Energieeffizienzsteigerung in den Hauptverbrauchssektoren, kann eine rechtzeitige Abdeckung mit erneuerbaren Energien sichergestellt werden.

Dass diese Zielsetzung ein realistisches Szenario darstellt, resultiert aus Variantensimulation mit districtPH. So stellt die Sanierung im EnerPHit-Standard eine Variante dar. Hinzu kommt eine Vergleichsvariante, die auf aktuellen Sanierungsraten und dem EnEV-Standard basiert [53] (vgl. Abbildung 4). Ergänzende Varianten zu diesen beiden beinhalten den Austausch des Heizsystems bei Sanierung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern (Kennzeichnung V1 in Abbildung 4). Ausgehend von den verbleibenden CO₂-Emissionen kann der notwendige Bedarf für den Ausbau erneuerbarer Energien für den Gebäudesektor bestimmt werden. Dies erfolgte repräsentativ durch den Ausbau der Photovoltaik (Kennzeichnung PV in Abbildung 4). Die Ergebnisse betonen die Bedeutung eines hoher Energieeffizienzstandards.

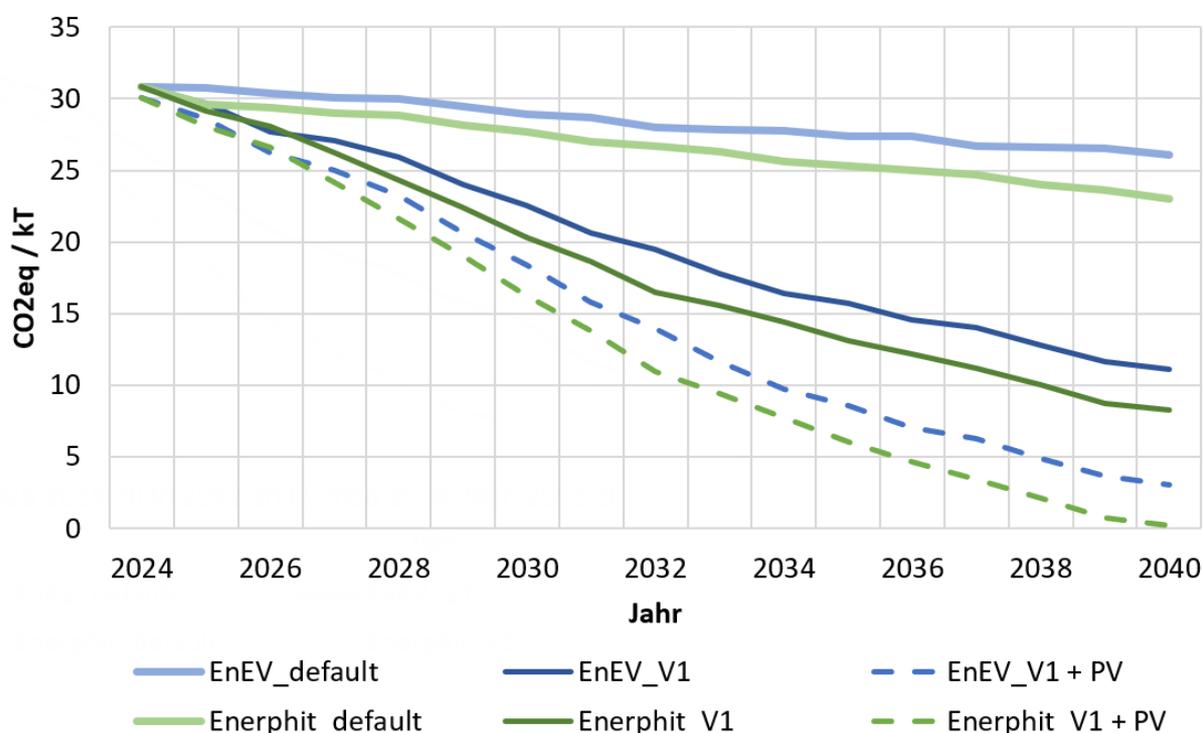


Abbildung 4: Verlauf der CO₂-Emissionen für vier verschiedene Varianten der energetischen Gebäudesanierung für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol (V1: Heizsystemwechsel bei Sanierung auf erneuerbare Energien).

Einschränkend sei erläutert, dass die vorliegenden Betrachtungen die Notwendigkeit der Energiespeicherung in Bezug auf saisonale Effekte noch außer Acht lassen. In Bezug auf die Gebäudeenergiestandards bedeutet dies, dass sich die geringeren Leistungsanforderungen hocheffizienter Gebäude im Kernwinter (Heizlast) besonders positiv auswirken, weil die Notwendigkeit saisonaler Speicher reduziert wird. Letztere sind mit erheblichen Kosten und zusätzlichen Speicherverlusten verbunden.

5.1.2 Strategie

Steigerung der Sanierungsrate bei gleichzeitiger Sicherstellung der Sanierungstiefe

In der Marktgemeinde St. Johann in Tirol entfallen etwa 30% der CO₂-Emissionen auf den Gebäudesektor (vgl. Kapitel 4). Dieser Sektor zählt damit zu den bedeutendsten CO₂-Emissionsquellen. Ein Großteil wird dabei der Nutzung des Wohnraums zugeschrieben [54]. Energieeffizienzsteigerungen in Wohngebäuden können daher eine gute Möglichkeit bieten den Energiebedarf und damit Treibhausgasemissionen zu reduzieren [55], [56], [57]. Dies gilt insbesondere für den Gebäudebestand. Energetische Sanierungen von Gebäuden sind häufig nachhaltiger und kosteneffizienter als Abriss und Neubau [58]. Auch wirtschaftliche Vorteile werden ausgewiesen [56]. Dennoch erweisen sich derzeit die Durchführungsraten umfassender energetischer Gebäudesanierungen mit von 0,4 bis 1,2 % pro Jahr [59] noch als zu gering und führen dazu, dass nationale wie internationale klimapolitische Ziele ebenso verfehlt werden, wie das lokale Ziel in St. Johann in Tirol (vgl. Abbildung 4). Es ist jedoch zu erwarten, dass die Sanierung künftig stark an Bedeutung gewinnt. Herausforderungen von höheren Sanierungsraten lassen sich primär in der Finanzierung und dem unzureichenden Bewusstsein der Bewohner für die Sinnhaftigkeit der Energieeffizienzmaßnahme festmachen [55]. Darüber hinaus überwiegen nicht selten neben wirtschaftlichen Aspekten auch historische, ästhetische und emotionale Einflussfaktoren, der Entscheidungen die Gebäude energetisch zu verbessern. Sofern dies nicht zu einem generellen Hemmnis führt, erfolgen oft nur Teilsanierungen (bspw. Austausch der Fenster) [57]. Auch das finanzielle Risiko sowie ein Mangel an qualifizierten Planer:innen, ausführenden Firmen und Handwerkern können als Hemmnisse angeführt werden.

Finanzielle Anreize in Form von Förderungen sollen dazu beitragen Sanierungsraten zu erhöhen. Mit dem Erneuerbare-Wärme-Paket hat die österreichische Bundesregierung mit 2024 eine massive Erhöhung der Förderungen für den Heizungsaustausch verabschiedet. Die Förderung zielt auf einen Austausch des Heizungssystems auf nachhaltige Alternativen in Höhe von bis zu 75% für private Wohnbauten. Haushalte im untersten Einkommensdrittel erhalten gar 100%. Neben Förderungen für nachhaltige Heizsysteme bestehen auch zunehmend Fördermaßnahmen für die Gebäudehülle. Solche Fördermaßnahmen bieten die Chance zur Umsetzung von Sanierungen im EnerPHit-Standard [60]. Das Entscheidende ist jedoch die Kommunikation dieser Förderungen an die Bevölkerung. Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol sollte daher auf eine umfassende Kommunikation bestehender Fördermaßen und Energieberatungsdienstleistungen setzen. Dazu wird die bestehende Anlaufstelle für Energiemanagement und Energiewirtschaft der Marktgemeinde St. Johann in Tirol bereits regelmäßig beworben.

Im Weiteren erfolgt bereits eine Kommunikation über aktuelle Förderungen und Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung über digitale Medien und Printmedien in regelmäßigen Zeitintervallen. In Abhängigkeit der Bürgeranfragen soll diese künftig hinsichtlich der Personalressourcen verstärkt werden.

Corrado et al. stellen fest, dass Eigentümer:innen aufgrund der oftmals großen finanziellen Herausforderungen umfassender Sanierungen auf Teilsanierungen setzen [57]. Teilsanierungen können zwar Anforderungen für Energieeffizienzsteigerungen erfüllen, können jedoch auch die Bewertung, Quantifizierung und Überwachung von Sanierungsraten und der Qualität erschweren. Verschiedene Definitionen energetischer Sanierungen (Einzelmaßnahme, Kombination mehrere Maßnahmen und tiefgreifender Sanierung) sowie unzureichende Daten über die Durchführung von Sanierungen beschränken die Ableitung von verwertbaren Aussagen zur Sanierungsrate und der energetischen Bewertung des Baubestands. Diese Informationen erweisen sich als essenziell, um die Erreichung des Ziels Klimaneutralität zu erfassen [55]. Aus diesem Grund werden umfassende Sanierungen auch besser gefördert.

Ein Instrument zur Erfassung können Förderdatenbanken darstellen. Allerdings decken auch diese Informationen nicht alle durchgeführten Sanierungsmaßnahmen ab, weil vieles in Eigenleistung oder ohne Förderung abgewickelt wird. Im Rahmen von Auflagenprüfung können relevante Informationen zur energetischen Gebäudeperformanz erhoben werden. In Kombination mit der zeitlichen Auflösung kann eine wirksame Bewertung der Sanierungsraten und Leistungsniveaus erfolgen.

Ein weiteres Konzept Sanierungsraten zu verbessern, kann darin bestehen One-Stop-Shops (OSS) zu fördern. One-Stop-Shops dienen dazu den Entscheidungsprozess zu erleichtern, indem Bauvorhaben unterstützt werden geeignete Maßnahmen auszuwählen und den fragmentierten Renovierungsprozess durch einen integrierten und ganzheitlichen Ansatz zu ersetzen [59], [61]. D.h. ein Dienstleistungsunternehmen übernimmt als einzelner Akteur die Verantwortung zur Koordination und Ablaufgestaltung der gesamten Renovierung bis ins technische Detail und dient als einzige Anlaufstelle für Gebäudeeigentümer:innen [61], [62], [63]. Dies erfolgt insbesondere über ein vertrauenswürdiges Netzwerk an Unternehmen und Industrieanbietern, die in den verschiedenen Renovierungsetappen tätig sind. Die Bereitstellung von maßgeschneiderten Informationen aus einer einzigen Quelle kann die Informationsbarrieren überwinden [64]. Der Erfolg privatwirtschaftlicher OSS ist mit den gesellschaftlichen Energie- und Klimazielen verbunden. D.h. auch hier ist die Notwendigkeit eines Energiebewusstseins essenziell. Bedarf und finanzielle Anreize sollen daher verstärkt kommuniziert werden. Die Bewerbung für One-Stop-Shop-Anbieter stellt somit ein bedeutsames Mittel dar. Je reifer der Markt ist, desto weniger muss der öffentliche Sektor beitragen [62].

Das Fernwärmenetz nimmt eine wesentliche Rolle in der grünen Energieversorgung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol ein (vgl. 5.3 Energieversorgung). Es zeigt sich jedoch, dass der Bezug der Fernwärme limitiert ist (vgl. 5.6 Energieraumplanung und Stadtentwicklung). Um eine breitere Anbindung des Fernwärmenetz zu ermöglichen und sich ggü. kritischen Phasen in den Wintermonaten abzusichern, bedarf es einer Reduktion der Heizlast im Gebäudebestand. Die Sanierung und gestiegene

Sanierungsraten nehmen somit auch eine entscheidende Funktion im Bereich Energieversorgung ein.

Um die Sanierungsraten bei gleichzeitig hoher Sanierungstiefe kurz- und mittelfristig zu verbessern, bedarf es einer verstärkten und transparenten Kommunikation von Förderungen, technischen Möglichkeiten und Richtlinien für die technische und wirtschaftliche Machbarkeit, um so die Eigentümer:innen privater wie gewerblicher Bauten zu ermutigen, hocheffiziente Sanierungen zu forcieren.

Exkurs: Good-Practice Beispiel zur Erhöhung der Sanierungsrate für Mehrparteienhäuser – Serielle Sanierung mit vorgefertigten Fassadenelementen

Mit der Notwendigkeit Sanierungsraten bei gleichzeitig reproduzierbarer gesicherter Qualität zu steigern, um Klimaschutzziele zu erfüllen, bedarf es Konzepte, den Sanierungsablauf auf der Baustelle in möglichst kurzer Zeit zu realisieren. Der Einsatz von vorgefertigten, modularen additiven Elementen der Gebäudehülle bietet das Potenzial, die Montagezeit auf der Baustelle zu verkürzen, gleichzeitig den Grad der Beeinträchtigung der Bewohner zu reduzieren und die Energieeffizienz und Raumklima zu verbessern [65]. Ein wesentlicher Vorteil der seriellen Sanierung ist, dass Fassaden- und Dachelemente einschließlich einer Deckschicht industriell vorgefertigt werden können. Die zeiteffizientere Montage reduziert das Risiko erhöhter Baufeuchte. Zudem können ggf. Gebäudetechnik und Leitungsführung ebenfalls integriert und vorgefertigt geliefert werden. Dies reduziert sowohl Fehleranfälligkeit als auch den Qualitätssicherungsaufwand auf der Baustelle. Verschiedenen Studien zufolge können durch den Einsatz modularer Strategien im Bauwesen Zeiteinsparungen von 30% bis 50% und letztlich Kosteneinsparungen von 20% bis 40% erzielt werden [66]. Nachteilig sind derzeit noch hohe Investitionskosten, die mit der vorgefertigten Sanierung verknüpft sind. Diese lassen sich jedoch durch den reduzierten Heizbedarf refinanzieren. Mit gestiegener Nachfrage der seriellen Sanierung sinken langfristig auch deren Investitionskosten. Eine Besonderheit ist, dass die Wandelemente in unterschiedlichen Größen kombiniert werden können und gleichzeitig auch die Fassadenelemente horizontal und/oder vertikal mit einer Nut- und Federverbindung zusammengefügt werden und dadurch eine Variabilität für unterschiedliche Gebäudetypologien geschaffen werden kann. Vorgefertigte Sanierungen können sowohl mit selbsttragenden als auch mit nichttragenden Wandelementen durchgeführt werden. Man unterscheidet zwischen vorgehängter bzw. eingestellter und vorgestellten Fassadenmontage mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen in Bezug auf Kosten, Montage und Wartung bzw. Austausch.

Eine energieeffiziente Fassadensanierung geht in der Regel mit einer höheren Luftdichtheit und damit einer Reduzierung der Zugluft und natürlichen Lüfterneuerung einher [67]. Die künstliche oder manuelle Lüfterneuerung gewinnt somit an Bedeutung, um eine positive Raumluftqualität zu sichern [68]. Die Integration der Lüftungskanäle in die Außenfassade bietet den Vorteil Zeit und Kosten zu sparen. Neben der Lüftung besteht auch die Möglichkeit modulare Wärmerückgewinnungseinheiten in den hinterlüfteten Fassadenhohlraum zu integrieren [68]. Dieses Systemkonzept ist auch für den Einsatz in mehrgeschossigen Wohngebäuden geeignet, bietet die Funktion der Wärmerückgewinnung aus der Lüftungsluft und schafft die Möglichkeit der Vorwärmung und Kühlung der Luft. Um die Energieeffizienz im Gebäudesektor zu verbessern und als Wärmequelle für Passivhäuser haben sich die Beheizung mit Wärmepumpen und Solaranlagen, als bevorzugte Heizsysteme herausgestellt [69]. Dies ermöglicht

kurz- und mittelfristig den Verzicht auf konventionelle Heizungsanlagen [70]. Insbesondere bei Gebäuden, die keinen hohen Energieeffizienzstandards der Gebäudehülle aufweisen, kann der Bedarf an Warmwasser und Heizwärme, bzw. Kühlung, nur teilweise von Wärmepumpen gedeckt werden, daher bedarf es meist noch ergänzende Systeme zur Wärmeerzeugung und Kühlung. Diese können bspw. durch Einbindung weiterer erneuerbarer Energieträger erfolgen und ggf. unter Einbezug von Speicherlösungen komplettiert werden. Je nach Einsatz erneuerbarer Energien in Verbindung mit einer Altbausanierung können die EnerPHit-Klassen Classic, Plus oder Premium erreicht werden [46]. Photovoltaik (PV) und Solarthermie gelten als die praktikabelste Lösung für die Integration erneuerbarer Energien in Gebäudeanwendungen [71], [72]. Building Integrated Photovoltaik (BIPV) und Solarthermie-Fassaden (STF) bieten den Vorteil, dass die Energieerzeugung über den Tag verteilt werden kann, indem die Module an verschiedenen Fassadenausrichtungen angebracht werden. Durch die vertikale Ausrichtung wird der Ertrag im Winterhalbjahr verbessert, allerdings fällt der Gesamtertrag gegenüber der idealen standortbezogenen Neigung geringer aus. Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind BIPV und STF meist nur eingeschränkt möglich. Hier sollten Genehmigungsprozesse vereinfacht und erleichtert werden.

Torres et al. stellen in ihrer Arbeit ein Plug & Play-Fassadenbausystem vor, das auf modularen Systemkomponenten basiert. Die Module können dabei verschiedene Funktionen übernehmen. Zu diesen Funktionen zählt das Hinzufügen der Dämmung, die Verbesserung der Luftdichtheit der Gebäudehülle, der Austausch von Fenstern, die Integration von erneuerbaren Energien (PV- und/oder Solarthermie) sowie der Einbau von Komponenten und Leitungen der Gewerke Heizung, Lüftung, Klima und Elektrotechnik [73]. Abbildung 5 verdeutlicht das Konzept sowie die Variabilität, die mit additiven Fassadenelementen möglich ist. Der Einsatz von aktiven und passiven Komponenten in der Sanierung (bspw. PV und Dämmung) kann im besten Fall den Einsatz konventioneller Brennstoffe auf ein Minimum oder gar Null reduzieren. Solche Gebäude fallen dann unter die Klasse Niedrigenergiehäuser (Nearly Zero Energy Buildings, kurz: NZEB), eine Anforderung an Neubauten hinsichtlich Energieeffizienzstandards, die zu einem niedrigen Energiebedarf führt, welcher größtenteils durch erneuerbare Energiequellen vor Ort gedeckt werden kann (vgl. EU/31/2010), bzw. im besten Fall zu emissionsfreien Gebäuden (Zero-emission buildings, kurz ZEB) – Details in [74].



Abbildung 5: Beispiel von Fassadenelementen mit aktiven und passiven Anlagenkomponenten. Bildquelle: [73]. Bildrechte: (CC-BY).

Die serielle Gebäudesanierung mit vorgefertigten Fassadenelementen bietet einen transformativen Ansatz für die Stadtentwicklung und kann wesentlich zum Ziel der Klimaneutralität 2040 beitragen. Dies ist besonders wichtig bei älteren Gebäuden, die oft schlecht gedämmt und wenig energieeffizient sind. Vorgefertigte Fassaden, die außerhalb der Baustelle hergestellt und schnell an bestehenden Gebäuden angebracht werden, können sich als Schlüsselkomponente nachhaltiger Baupraktiken erweisen. Allerdings befindet sich die Entwicklung noch in einer Frühphase, abschließende Aussagen über optimale Modulgröße und Ausrichtung (Hoch- bzw. Breitformat), Vorfertigungsgrad und Kosten können bislang noch nicht getroffen werden. Durch die Verbesserung der Energieeffizienz, die Reduzierung baubedingter Emissionen und die Förderung einer nachhaltigen Materialnutzung bietet dieser Ansatz eine umfassende Lösung für die ökologischen Herausforderungen der Stadtentwicklung. Aus strategischer Sicht kann die Marktgemeinde St. Johann in Tirol von Richtlinien profitieren, die den Einsatz vorgefertigter Fassaden fördern. Durch die staatliche Bereitstellung von Subventionen oder Steuererleichterungen für solche Renovierungen können Gebäudeeigentümer:innen stärker dazu ermutigt werden, sich für nachhaltige Modernisierungen zu entscheiden. Der Sanierungsbonus des Bundes ist darüber hinaus mit der Sanierungsförderung des Landes Tirol kombinierbar.

Im EU-Forschungsprojekt outPHit wurden zahlreiche Leitfäden und Werkzeuge entwickelt, die alle Beteiligten im Sanierungsprozess mit vorgefertigten Elementen unterstützen [75]. Dabei wird auch die Bedeutung des EnerPHit-Standards herausgestellt. Eine Unterstützung interessierter Gebäudeeigentümer:innen, Architekt:innen, Planer:innen und ausführende Unternehmen im Sanierungsprozess könnte bspw. mit den gewonnenen Ergebnissen outPHits erfolgen. In outPHit erfolgten zudem reale Umsetzungen von Wohngebäudesanierungen in mehreren EU-Ländern. In St. Johann in Tirol erfolgten im Rahmen des Projekts auch Untersuchungen an ausgewählten Mehrfamilienhäusern und die Ausarbeitung von Konzepten für eine potentielle Umsetzung.

Die Gebäudesanierung wird als essentiell herausgestellt, um den Energiebedarf mit den verfügbaren erneuerbaren Energiequellen auch in kritischen Winterperioden zu decken. Der Einsatz vorgefertigter Sanierungselemente kann dazu beitragen, Sanierungsraten zu verbessern und das Ziel Klimaneutralität 2040 zu sichern.

Nachhaltigkeit in der Sanierung und im Neubau

Im Gebäudesektor stellen die Energieeffizienzsteigerung, bspw. durch Verbesserung der thermischen Hülle und die Integration erneuerbarer Energieerzeugungsquellen nur zwei Bausteine dar. Daneben soll auch ein verstärkter Einsatz nachhaltiger Baukomponenten erfolgen. So führen im Kontext vorgefertigter additiver Fassadenelemente Sandberg et al. Konzepte basierend auf dem umweltfreundlichen und CO₂-neutralen Material Holz auf. Dabei werden Holzrahmenelemente mit kompletter Dämmung, Um-mantelung auf der Innenseite und fertiger Fassade auf der Außenseite hergestellt, um die bauseitige Montagezeit zu verkürzen. Horizontale Holzelemente werden gegenüber vertikalen Elementen bevorzugt, da sie einfacher zu laden, zu transportieren und montieren sind [67]. Die Verwendung vorgefertigter Holzfassadenelemente unterstützt die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Der kontrollierte Herstellungsprozess ermöglicht zudem eine präzise Verwendung von Materialien, reduziert dementsprechend Abfall und fördert Recycling und Wiederverwendung. Darüber hinaus sind viele vorgefertigte Systeme so konzipiert, dass sie leicht zerlegt und wiederverwendet werden können, was den Lebenszyklus der verwendeten Materialien verlängert und die Umweltbelastung weiter reduziert.

Auch der Einsatz biobasierter Dämmstoffe sollte stärker beworben werden. Denn die Bewertung der grauen Energie für Dämmstoffe auf Ebene einer gesamten Stadt, wie bspw. der Marktgemeinde St. Johann in Tirol, und der Notwendigkeit höherer Sanierungsraten, führt zu einem nicht zu vernachlässigen Anteil grauer Energie. Biobasierte Dämmstoffe bieten ähnliche Wärmeleistungen wie konventionelle Dämmstoffe, bspw. Polystyrol-Hartschaum (EPS) und Mineralwolle [76]. Die Klimaneutralität ist dann gewährleistet, wenn die im Bauwesen verwendete Biomasse, jener entspricht, die in neuen Pflanzen regeneriert wird, wodurch wiederum Kohlenstoff im natürlichen System gebunden wird. Der Verwendung von biobasierten Sanierungssystemen aus schnell wachsenden Pflanzen wird bis 2050 ein besseres Potential für die Eindämmung des Klimawandels zugeschrieben als langsam wachsende Materialien. Denn je kürzer die Rotationsperiode der Biomasse, desto schneller ist die Kohlenstoffaufnahme [76]. Es ist daher wichtig in der Kommunikation von Sanierungsmaßnahmen auch entsprechend auf die Verwendung biobasierter Dämmstoffe zu verweisen und damit verbundene Förderungen bewerben.

Graue Energie ist auch im Neubau von großer Bedeutung und umfasst die mit der Gewinnung, Verarbeitung, Transport, Montage bis hin zur Entsorgung verbundene Energie. Es gilt daher Materialien zu wählen die einen geringen Anteil grauer Energie aufweisen, um Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, Ressourcenerschöpfung und allgemeiner Umweltzerstörung zu reduzieren. Beton, Stahl, Aluminium, Ziegelstein, Glas, Holz und die zuvor aufgeschlüsselten Dämmstoffe zählen zu den wichtigsten primären Baumaterialien.

Aufgrund von Festigkeit und Vielseitigkeit ist Beton einer der häufigsten Baumaterialien. Kernbestandteil ist Zement. Die Herstellung von Zement ist ein energieintensiver Prozess, der für die Freisetzung von großen Mengen an Kohlendioxid verantwortlich ist. Beton, respektive Zement, ist von Herstellung über Transport und Entsorgung mit einem hohen Aufwand und daher großen Mengen grauer Energie verbunden. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Stahl und Aluminium. Bergbau und Gewinnung von Eisenerz und Bauxit sowie die weitere Verarbeitung unter Einsatz hoher Temperaturen (meist Verbrennungsprozesse mit fossilen Brennstoffen) sind energieintensiv. Beide Materialien sind in hohem Maße recycelbar. Es gilt daher die Wiederverwertung dieser Materialien zu fördern. Glas und Ziegelstein weisen ebenfalls hohe Energieverbräuche aus dem Produktionsprozess auf. Lange Lebensdauern und Recyclingprozesse können den Anteil grauer Energie reduzieren. Im Gegensatz zu Beton weist Holz einen deutlich geringeren Anteil an grauer Energie auf und kann im Kontext Tirol als lokales Produkt auch in Verarbeitung, Transport und Entsorgung den CO₂-Fußabdruck von Gebäuden geringhalten. Holz als Kohlenstoffspeicher macht dieses Material zu einer klimafreundlichen Wahl für den Einsatz in Neubau und Sanierung (siehe hierzu auch [77], [78], [79], [80]).

Erfolgskontrolle via Monitoring

Ein wichtiges Merkmal des Klimafahrplans ist die Erfolgskontrolle. Derzeit werden von allen gemeindeeigenen Liegenschaften via Monitoring Informationen zum Verbrauch von Wärme, elektrischer Energie, Wasser und auch hinsichtlich der Erzeugung elektrischer Energie über Photovoltaik erfasst (vgl. Abbildung 6, *Abbildung 7* und *Abbildung 8*). Zu den messtechnisch überwachten Gebäuden zählen der Bauhof, das Feuerwehrgebäude, das Jugendzentrum samt Freizeit- und Sporteinrichtung, das Seniorenwohnheim, die Volks-, Mittel- und Sonderschule, das Friedhofsgebäude, das Kinderbetreuungszentrum, das Gemeindegemeinschaftsamt, sam Schul- und Kommunalzentrum, Museum und Sanitärgebäude sowie die Panorama Badewelt. Letztere umfasst Hallenbad, Freibad, Tennisanlage und Eislaufplatz sowie ein Restaurant (vgl. *Abbildung 9*). In Summe ist der Energieverbrauch der Panorama Badewelt etwa gleich groß wie alle anderen gemeindeeigenen Liegenschaften zusammen (siehe *Abbildung 6*). Das Monitoring wurde mit Mitteln der Europäischen Union (REACTEU, EU-Förderung für regionale Entwicklung) kofinanziert.

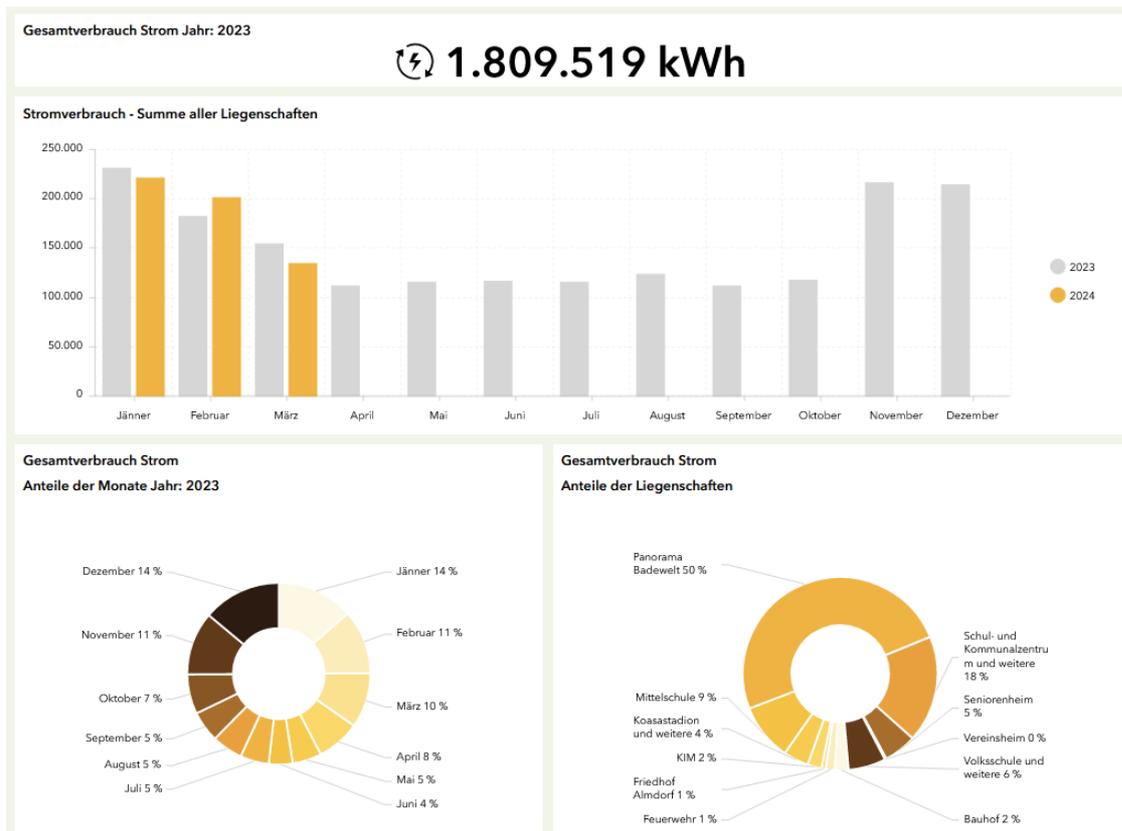


Abbildung 6: elektrischer Energiebedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.

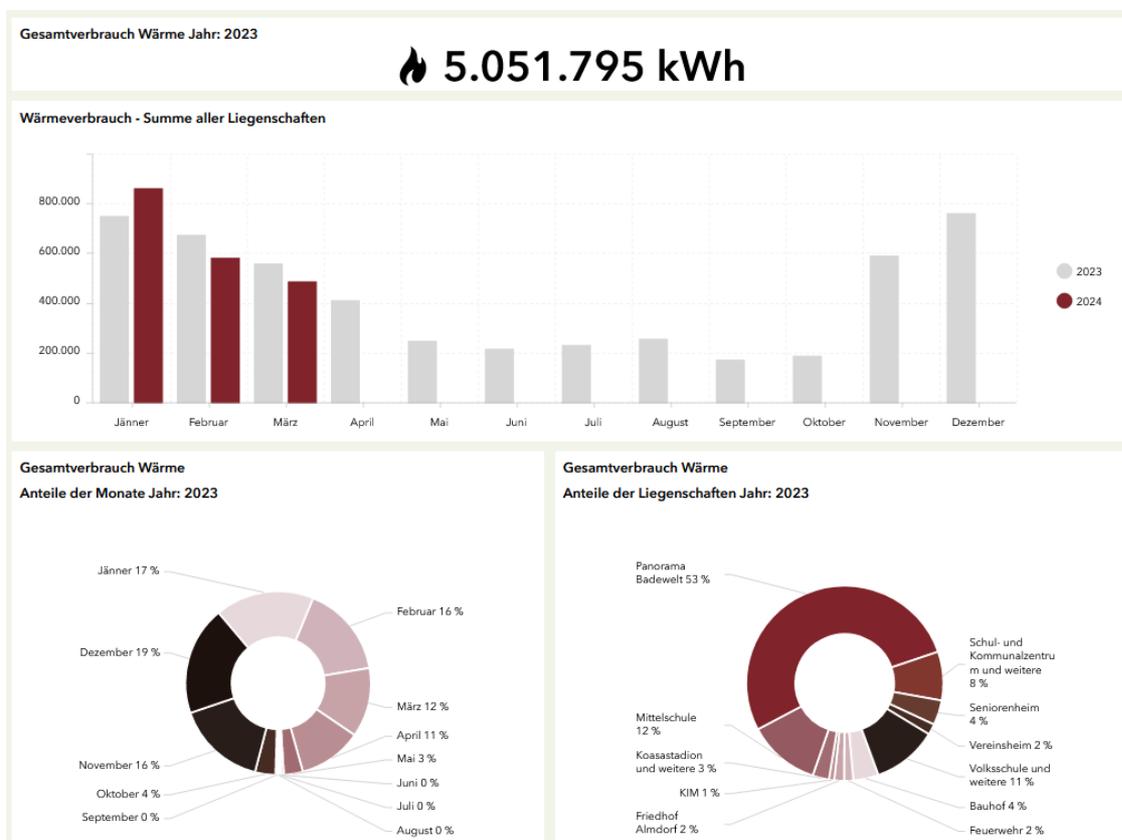


Abbildung 7: Wärmebedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring von St. Johann in Tirol.

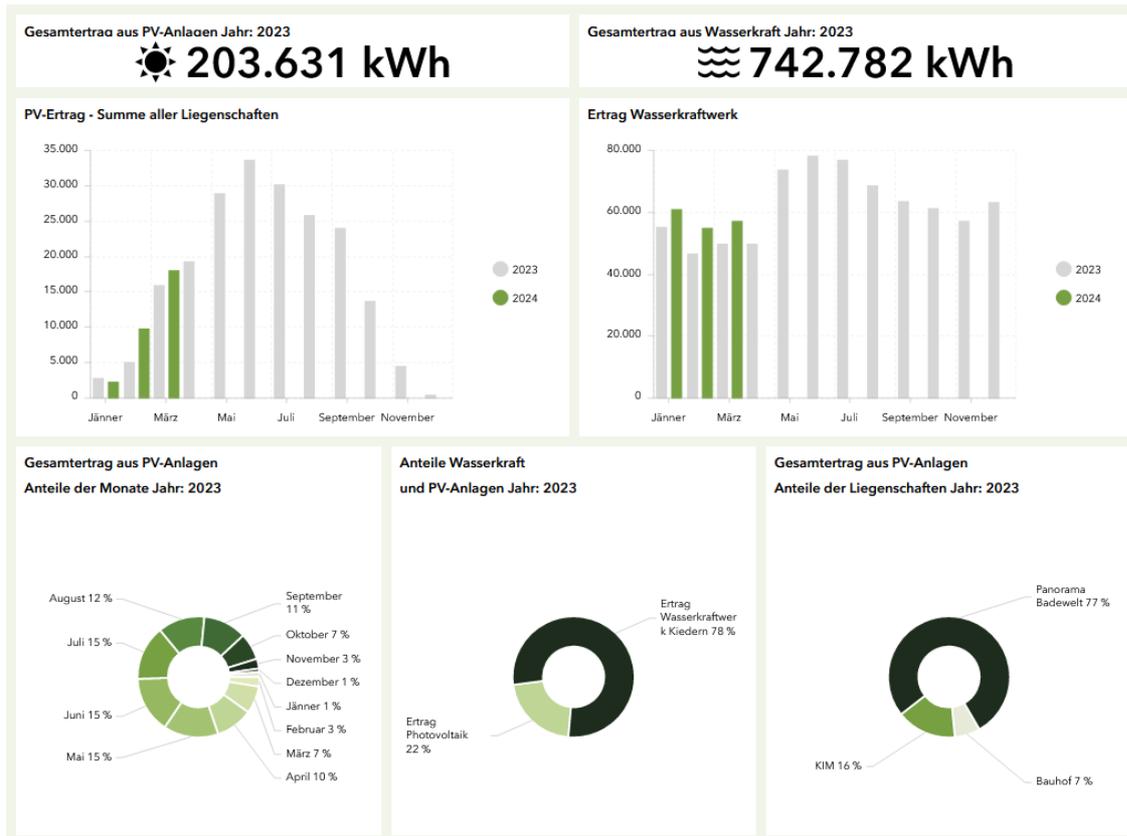


Abbildung 8: Erzeugung elektrischer Energie mittels PV über installierte Anlagen auf den gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.

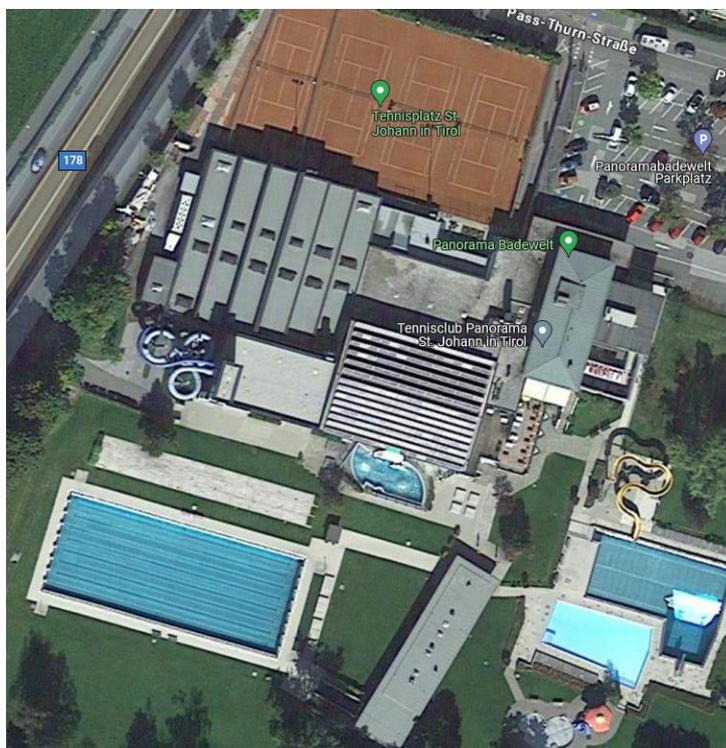


Abbildung 9: Panorama Badewelt in der Marktgemeinde St. Johann in Tirol, eines jener Gebäude mit dem größten Bezug an Fernwärme. Bildquelle: Google Maps.

Das Energiemonitoring kann eine detaillierte Untersuchung von Prozessketten ermöglichen, um dadurch Fehler und Einsparpotentiale aufzudecken. Auch Anlagenausfälle, Anomalien oder kritische Ereignisse können automatisiert über definierte Regeln erkannt werden und an Endnutzer:innen in Form von Benachrichtigungen übermittelt werden. Auf diese Weise können schnell Maßnahmen zur Problembeseitigung oder Systemadaption gesetzt werden, um kritische Ausfallzeiten zu vermeiden oder Risiken eines ineffizienten Anlagenbetriebs zu reduzieren [81]. Dies bietet Vorteile für die ökologische Nachhaltigkeit, wirtschaftliche Einsparungen und eine verbesserte betriebliche Effizienz. Vernetzte Sensoren bilden meist das Rückgrat von Energieüberwachungslösungen und zur Sicherstellung der Zielsetzungen des Klimaneutralitätsfahrplans. Den Bürger:innen soll die Teilnahme an dem Monitoring-Konzept unter Wahrung von Datenschutzaspekten gestattet werden. Aus diesem Grund werden systemtechnische Lösungen ausgearbeitet, vorzugsweise energieautarke Sensorlösungen mit Plug-and-Play-Implementierung, um die Nachrüstung möglichst einfach zu gestalten. Die weit verbreitete Einführung der Internet-of-Things-Technologie (IoT) hat maßgeblich zur Verbesserung der Funktionalität und Erreichbarkeit dieser Sensoren beigetragen. Entscheidend für den Erfolg solcher Ansätze ist eine hohe Interoperabilität zwischen den Systemen. Für private Gebäude kann ein Energiemonitoring auch mit einer Wertsteigerung der Immobilie einhergehen. Denn diese stellen neben der Verwendung zertifizierter Komponenten und Verfolgung hoher Gebäudestandards einen unmittelbaren Nachweis für das Erreichen bestehender Gebäudeenergieeffizienzklassen dar. Auf dem Weg zur Klimaneutralität 2040 wird die Nutzung von Energieüberwachungssystemen von entscheidender Bedeutung sein, um Einsparpotentiale zu erzielen und den Erfolg gesetzter Maßnahmen zu prüfen.

Im Weiteren stellen sich Informationen aus dem Förderregister und die Lastdaten der Fernwärme als gute Quellen heraus, um Aussagen über die Entwicklung des Gebäudebestands zu treffen. Ergänzt werden soll dies durch ein Melderegister für die Bevölkerung für Informationen des Gebäudebestands. Dies umfasst insbesondere die Eingabe von Heizwärmebedarf, Kubatur, Baujahr und Art des Heizsystems. Die Informationseingabe kann dabei in pseudonymisierter Form erfolgen, da die Daten in weiterer Folge lediglich für die Ausbildung von Kohorten genutzt werden, der Grundlage für das bereits beschriebene districtPH, mit welchem dann eine gute Abschätzung für den gesamten Baubestand der Marktgemeinde St. Johann in Tirol kalkuliert werden kann.

Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol kann die Überwachung des Gebäudebestands verbessern, indem die Verfügbarkeit und Qualität der Daten erhöht wird (u.a. über Förderregister, Monitoring). Die so gewonnenen Daten können dazu dienen, die Szenarioanalysen zu aktualisieren und zuverlässigere Ergebnisse zu den Energieeinspar- und CO₂-Reduktionspotenzialen zu erhalten und damit die Zielerreichung zu prüfen.

5.2. Mobilität

Transportsysteme von Menschen und Gütern sind für Städte von wesentlicher Bedeutung. Fossile Brennstoffe tragen jedoch maßgeblich zur Luftverschmutzung und den CO₂-Emissionen in Städten bei.

So ist die Umgestaltung lokaler urbaner Mobilitätsstrukturen ein wesentlicher Bestandteil für Klimaneutralitätsziele. Auch wenn für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol ein großer Anteil an Treibhausgasemissionen auf den Verkehrssektor ausgewiesen wird, bedarf es einer Differenzierung der einzelnen Verkehrsanteile (vgl. Tabelle 3). Im Weiteren ist eine Differenzierung zwischen Ziel- und Quellverkehr innerhalb der Marktgemeinde und Durchzugsverkehr zu beachten, da St. Johann in Tirol einen übergeordneten Tiroler Verkehrsknotenpunkt darstellt. Dieser umfasst den Verkehr der Bundesstraßen 161 Richtung Kitzbühel, 164 Richtung Bischofshofen, 176 Richtung Kössen und Richtung Deutschland sowie der Bundesstraße 178 als Zubringerstraße Richtung Deutschland und Richtung Salzburg. Daher ist anzunehmen, dass der Ziel- und Quellverkehr innerhalb von St. Johann in Tirol geringer ausfällt, als in den statistischen Daten ausgewiesen wird.

Tabelle 3: Aufschlüsselung der Verkehrsdaten für St. Johann in Tirol nach Alltagsmobilität, private Sonderfahrten und Gütermobilität. Die Daten umfassen alle energie- und klimarelevanten Verkehrsleistungen, die von den vier Nutzungen Wohnen, Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie Dienstleistungen verursacht wurden (basierend auf dem Energiemosaik [36]).

Mobilität	Strukturdaten	Energieverbrauch	Treibhausgasemissionen
Personenmobilität	Personenkilometer	MWh/a	t CO _{2äq} /a
Alltagsmobilität der Haushalte	76.300.000	35.600	13.060
Alltagsmobilität der Erwerbstätigen	39.172.000	18.300	6.700
Alltagsmobilität der Kunden	23.446.000	10.900	4.010
Urlaubs- und Geschäftsreisen	4.708.000	2.300	850
	Tonnenkilometer	MWh/a	t CO _{2äq} /a
Gütermobilität	67.274.000	12.400	3.880
Summe	(keine Summe)	79.600	28.500

5.2.1 Ziel

Ziel im Klimaneutralitätsfahrplan ist die Umstellung auf nachhaltige und effiziente Mobilitätslösungen, die die Elektrifizierung sowohl privater Kraftfahrzeuge als auch gewerblicher Kraft- und Lastfahrzeuge umfasst sowie den öffentlichen Nahverkehr. Mit der Elektrifizierung wird nicht nur ein Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen geschaffen, sondern auch ein Beitrag zur Lärmreduktion und in weiterer Folge für das Wohlbefinden der Bevölkerung. Der Ausbau von Rad- und Fußwegenetzen und die Etablierung von Leihstationen für Fahrräder und Lastenräder fördert ebenfalls die Gesundheit der Bevölkerung und sichert durch die Reduktion des Verkehrs mit konventionellen Verbrennungsmotoren Vorteile für die Luftqualität und verringert Treibhausgasemissionen.

5.2.2 Strategie

Aufgrund der Bedeutung des Verkehrs für die Lebensqualität der Einwohner:innen wurden in St. Johann in Tirol in der Vergangenheit bereits einige Initiativen im Bereich Mobilität gesetzt. Hierzu zählen:

- Regelmäßige Beteiligung am Programm „Tiroler Mobilitätssterne“ mit 4 von 5 Sternen.
- Einrichtung eines Car Sharing Angebots mit mehreren Fahrzeugen, die auch für dienstliche Fahrten der Gemeinde und Gemeindebetriebe genutzt werden.
- Beständige Erweiterung der Fußgänger- und Begegnungszone im Ortszentrum mit Durchfahrtsverboten zur Reduzierung des Verkehrs.
- Verordnung von Tempo 20 und Tempo 30 auf allen Zentrumsnahen Gemeindestraßen.
- Parkraumbewirtschaftung mit Lenkungsfunktion (Zonen-Modell).
- Anrufsammeltaxi in Kooperation mit lokalen Taxibetrieben.
- Bürger:innen Ticket für Fahrten im Bereich des Verkehrsverbund Tirol
- Evaluierung der Fahrradinfrastruktur durch Bürger:innen über ein LEADER-Projekt „Bike-Challenge“.
- Lastenfahrradprogramm für Betriebe.
- Ausbau von Fahrradabstellanlagen im gesamten Gemeindegebiet.
- Betriebliches Mobilitätsmanagement der Marktgemeinde.

Im Zusammenhang der Verkehrsoptimierung führt die Marktgemeinde St. Johann in Tirol derzeit außerdem gemeinsam mit der Regio-Tech GmbH, der Bernard Gruppe ZT GmbH sowie der Kufgem GmbH ein Projekt durch, welches durch den Einsatz von Kameras und künstlicher Intelligenz ein dynamisches Parkleitsystem schafft. Aus diesem soll künftig ein intelligentes Verkehrsleitsystem mit virtuellem Verkehrsplanungstool entwickelt werden. Zu den Projektzielen zählen insbesondere [82]:

- Gefahrenstellenanalyse und Ableitung sicherer Verkehrswege
- Mobilitätsdashboard (u.a. Parkplatzanzeige, Visualisierung des Verkehrsaufkommens, Darstellung von Radwegen, Baustellen und anderen Verkehrsbehinderungen) um den Verkehrsfluss zu optimieren
- Parkleitsysteme
- Digitaler Zwilling zum Verkehr



Abbildung 10: Parkleitsystem zur Optimierung des Verkehrsflusses und damit zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Transportwesen.

St. Johann in Tirol hat bereits die Straßenbeleuchtung zu 100% auf energieeffiziente LED-Lösungen umgestellt. Nun soll im nächsten Schritt geprüft werden, inwieweit Beleuchtungszeiten reduziert werden können, ohne einen Konflikt mit dem nutzerbezogenen Sicherheitsgefühl in den Abend- und Nachtstunden zu erzeugen.

Als weitere Maßnahmen können für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol folgende Beispielmaßnahmen abgeleitet, um das Klimaneutralitätsziel zu ermöglichen:

- Bewerbung der Vorteile der Elektromobilität. Die größte Aufgabe der Marktgemeinde St. Johann in Tirol liegt darin das unterstützende Ökosystem und die notwendige Infrastruktur zu schaffen. Dies umfasst insbesondere die Anpassung des elektrischen Versorgungsnetzes und den Ausbau der Ladeinfrastruktur.
- Elektrifizierung öffentlicher Verkehrsmittel und Taxis.
- Ausbau der öffentlichen Verkehrsangebote und Vergünstigung ihrer Nutzung, um die Abhängigkeit von Privatfahrzeugen zu verringern (siehe Luxemburg, wo öffentlicher Verkehr kostenlos angeboten wird [18]).
- Ausbau der Möglichkeiten für die Nutzung von Leihfahrrädern (inklusive Lastenräder).
- Ausbau des Radwegenetzes.

Im Bereich Planungen von Neubausiedlungen können gemischt genutzte Siedlungen aus Wohn- und Gewerbebauten Arbeits- und Alltagswege reduzieren und den Energieverbrauch im Transportwesen senken. Somit stellt die Mobilität auch im Bereich der Energieraumplanung eine Schlüsseldimension dar.

Der Verkehrssektor trägt wesentlich zu den Treibhausgasemissionen bei, weshalb eine energieeffiziente Verkehrsplanung ein entscheidendes Element zur Erreichung der Klimaneutralität ist. Daher bedarf es für eine nachhaltige Verkehrsinfrastruktur unter anderem Planungen zu Ladestationen für Elektrofahrzeuge und Verkehrswege für aktive Mobilität sowie der Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs. Zudem kann die Integration intelligenter Technologien wie Verkehrsmanagementsysteme den Verkehrsfluss optimieren, Staus reduzieren und so zu geringeren Emissionen beitragen.

5.3. Energieversorgung

Für Städte und Kommunen besteht in der elektrischen Energieversorgung wie für die Wärmeversorgung ein Lastprofil, das dokumentiert, dass die Verbräuche sowohl tageszeitlich als auch saisonal variieren (vgl. Abbildung 11). Das Lastprofil zeichnet sich durch eine Grundlast aus, die ständig von Endverbrauchern abgerufen wird. Einem Mittellastanteil, welcher maßgeblich innerhalb des Tages anfällt, mit starkem Anstieg des Energiebedarfs im Zeitbereich von 06:00 Uhr bis 08:00 Uhr und deutlichen Einbruch in den späten Abendstunden (Rückgang ab etwa 20:00 Uhr). Temporärere Abminderungen der Mittellast lassen sich insbesondere um die Mittagszeit und nach allgemeinen Geschäftszeiten feststellen (17:00 Uhr bis 18:00 Uhr). Letzterer Zeitraum markiert den Übergang von Betriebszeiten von Gewerbebauten zu Betriebszeiten im privaten Wohnbereich. Ergänzend zur Mittellast bestehen Spitzenlasten, die insbesondere durch kurzzeitige, meist schwer kalkulierbare Lasten geprägt werden (bspw. Kranzeiten auf einer Baustelle).

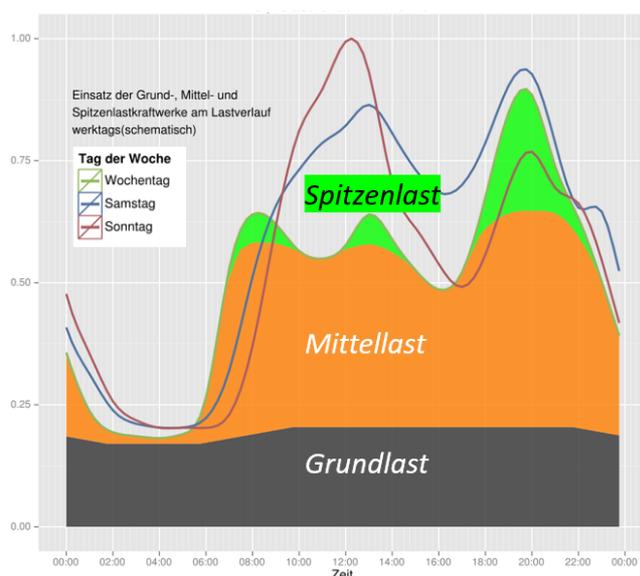


Abbildung 11: Lastprofil für die elektrische Energieversorgung. Bildquelle: Karsten Adam [83].

Im Kontext eines Wechsels zur regenerativen Energieerzeugung gilt es, die einzelnen Ebenen des Lastprofils der Energieversorgung abzusichern. Während die Grundlast derzeit bereits gut durch Wasserkraft und durch das Biomassekraftwerk Sperten als erneuerbarer Energieträger abgedeckt ist,

besteht ein Änderungspotential der Energieversorgung im Mittellast- und Spitzenlastbereich. Bedarfsanforderungen im Bereich der Spitzenlast werden in St. Johann in Tirol und auch allgemein in Österreich derzeit vorzugsweise durch Gasverbrennungsanlagen bedient. Spitzenlasten können im Kontext erneuerbarer Energien insbesondere durch Speicher abgefangen werden (bspw. Batterie- oder Pumpwasserspeicher). Für die Mittellast bietet sich vor dem Hintergrund bestehender solarer Einstrahlungspotentiale eine Kombination aus PV, Windkraft und weiterer Biomassekraftwerke an.

Für die Alpenregion gilt, dass eine PV-Erzeugung im Winter neben der ohnehin nur begrenzten Solareinstrahlung durch den erhöhten Schneefall stark limitiert ist. Dies sind jene Zeiten, in der die Wärme im Gebäudesektor von hoher Relevanz ist. Um Wärme effizient zu nutzen und die verfügbare Fernwärme möglichst vielen Personen in St. Johann in Tirol zugänglich zu machen, gilt es die Heizlast und den Wärmebedarf zu reduzieren. Um das Lastprofil vollständig durch erneuerbare Energien abzusichern und bestehende Unsicherheiten zu minimieren, gilt es besonders auf Energieeffizienzsteigerungen zu setzen, um Schlechtwetterperioden, bspw. in der Wärmeversorgung zu überbrücken. Dies kann insbesondere durch eine nachhaltige Gebäudesanierung erfolgen. Wenn in Summe weniger Energie verbraucht wird, kann die wenige verfügbare regenerative Energie großflächiger genutzt werden. Dies erweist sich als essenziell für den Fahrplan zur Klimaneutralität bis 2040.

Es besteht derzeit eine deutliche Zunahme von Photovoltaik (PV), Wind- und Wasserkraft sowie damit verbundenen Speichersystemen, insbesondere aufgrund reduzierter Kosten [13]. Breyer et al. und Narayanan et al. führen auf, dass eine vollständige Deckung des Energiebedarfs durch Methoden erneuerbarer Energieerzeugung umsetzbar sind [34], [84]. Regenerative Energiesysteme übernehmen zwar eine Schlüsselrolle im Klimaschutz, jedoch ist ein umfassendes Verständnis über deren Einschränkungen und Abhängigkeiten der einzelnen Technologien essenziell, um deren Erfolg zu garantieren [85]. So ist die Wirkung städtischer Energieplanung von der Integration lokaler Erzeugungsquellen in Netzstrukturen, dem Einsatz intelligenter Systeme sowie regionalen und nationalen Richtlinien abhängig [86].

Mit dem Wandel in der Energieversorgung von konventionellen auf regenerative Energieträger, erfolgt auch ein Wandel im Versorgungsnetz, von zentralen Verteilsystemen hin zu einem dezentralen Energieversorgungsnetz. Während beim zentralen Netz meist eine sternförmige Energieverteilung von Erzeuger zu Abnehmer erfolgt, mit überwiegend passiven Teilnehmern, besteht in der dezentralen Netzinfrastruktur ein stärker vermaschtes Netz mit aktiven und passiven Teilnehmern (Abbildung 12). Die dezentrale Netzarchitektur zeichnet sich weiter durch viele Kleinkraftwerke aus. Der Vorteil dessen kann eine höhere Resilienz sein. Mikronetze, die unabhängig oder in Verbindung mit dem Hauptnetz betrieben werden, könnten es der Marktgemeinde St. Johann in Tirol ermöglichen, die eigens erzeugte Energie direkt zu nutzen und zu verwalten. Dieser Ansatz kann eine zuverlässige und nachhaltige Energieversorgung gewährleisten, wie sie für das Erreichen der Klimaneutralität benötigt werden.

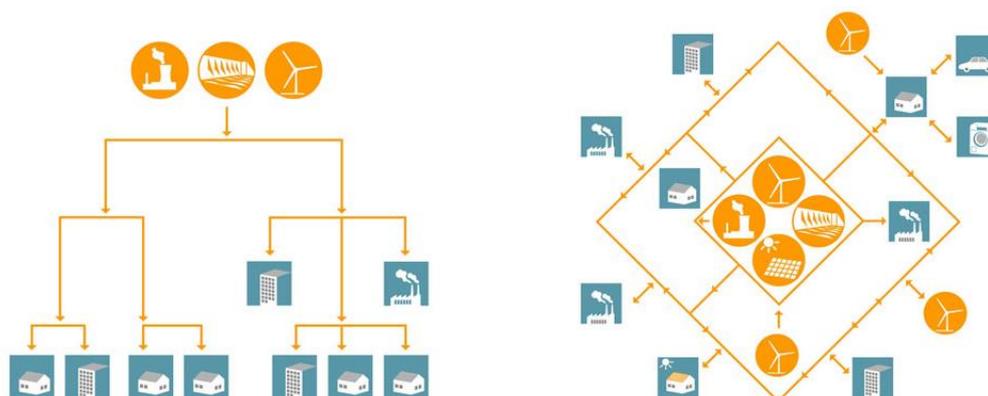


Abbildung 12: Konzeptionelle Darstellung von zentralem Netzwerk zu dezentralem Netzwerk. Bildquelle: ABB [87].

5.3.1 Ziel

Fernwärme aus Biomasse und Prozessabwärme

Die Abwärme stammt derzeit vorwiegend aus Prozessabwärme der lokalen Holzverarbeitungsindustrie (49%) und aus einer bio-massebetriebenen Absorptionswärmepumpe der Bioenergie Sperten (36%). Ergänzend kommen einige Kleinerzeugungsanlagen hinzu (15%, überwiegend aus fossilen Verbrennungsprozessen). Die industrielle Abwärme schafft eine saison-übergreifende konstante Grundversorgung. Auch die Bioenergie Sperten schafft für St. Johann in Tirol ein Maß an Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffimporten. Zur Absicherung der Versorgungssicherheit insbesondere in den kritischen Wintermonaten bestehen Gas-Spitzenlastkessel im Ortszentrum. Das Fernwärmenetz umfasst etwa 100 km Rohrleitungen (Stand 2023) und erzeugt 60 Mio kWh Wärmemenge. Eine Besonderheit ist, dass der Bedarf im Sommer (2 MW) etwa um den Faktor 10 kleiner ist als im Winter (20 MW). Insgesamt werden derzeit 850 der etwa 1000 Gebäude in St. Johann in Tirol zumindest teilweise durch das Fernwärmenetz versorgt (vgl. Abbildung 1). Ein weiterer Netzausbau ist vorgesehen. Zu den Hauptabnehmern zählen die Panorama Badewelt (Wärmeverbrauch in *Abbildung 7*) sowie das Krankenhaus von St. Johann in Tirol. Mit dem Ziel Klimaneutralität gilt es in erster Linie die Wärmeherzeugung aus regenerativen Quellen zu gewinnen. Das Gaskraftwerk der Marktgemeinde St. Johann in Tirol soll in der künftigen Wärmeversorgung keine aktive Rolle mehr übernehmen, sowie alle anderen gemeindeeigenen Kleinerzeugungsanlagen auf Basis fossiler Energieträger, die das Fernwärmenetz speisen. Die ansässige Industrie unterliegt den EU-Richtlinien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen [88] und ist daher verpflichtet zur Umsetzung von Klimaneutralitätsmaßnahmen in ihrem eigenen Wirkungsbereich. Die Umsetzung dieser Ziele für die Industrie kann durch mehrere Punkte realisiert werden (vgl. 5.5.2). Energieeffizientere Fertigungstechniken können dazu führen, dass die Abwärme aus Fertigungsprozessen im Gesamten reduziert wird. Die Folge dessen kann sein, dass der Einfluss der lokalen Holzverarbeitungsindustrie, als bisher tragende Quelle in der Fernwärmeversorgung (49%), künftig reduziert wird. Aus diesem Grund gewinnen Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor weiter an Bedeutung (vgl. 5.1.2). Um jedoch die Infrastruktur der Fernwärme und alle

damit verbundenen Vorteile zu nutzen, bedarf es einer Integration weiterer regenerativer Erzeugungsquellen im Fernwärmenetz, bspw. in Form eines Netzwerks aus Erdsonden. Derartige Niedertemperaturnetze können in Form von Subnetzen in die bestehende Infrastruktur integriert werden.

Photovoltaik

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen auf Netto-Null erfolgt vor allem durch den Wechsel in der Energieversorgung von fossilen Energieträgern zu erneuerbaren Energiequellen. Eine der einfachsten und kostengünstigsten Verfahren zur Generierung regenerativer elektrischer Energie ist die Photovoltaik (PV). Während die Folgekosten des Klimawandels bereits jetzt für Österreich auf etwa 15 Milliarden Euro geschätzt werden, liegen die Investitionskosten für den Netzausbau für PV und E-Mobilität bis 2030 bei 1 bis 4,3 Milliarden Euro [89] [90].

In St. Johann in Tirol bietet sich trotz der alpinen Topografie ein sehr gutes Potential zur photoelektrischen Energieerzeugung. Das Potential kann an durchschnittlich 1846 Sonnenstunden festgemacht werden. Dieses Potential spiegelt sich auch über TirolSolar wider. Der Datensatz wurde anhand eines digitalen 3D-Oberflächenmodells generiert, resultierend aus Airborne Laserscanning Daten (LiDAR). Dadurch können PV-Potentiale hinsichtlich der solaren Einstrahlung und Wetters kalkuliert und Limitierungen durch Verschattungen von Bebauungen, Umgebung und Vegetation simuliert werden. Nach diesen Datensätzen ergeben sich jährliche Solarstrahlungen von mehr als 1100 kWh/m²a (vgl. Abbildung 2). Allerdings bestehen deutliche Einschränkungen zwischen Sommer und Winter, die in einer Abminderung der Solarstrahlung von etwa 400 kWh/m²a ersichtlich werden (vgl. Abbildung 13). Demnach resultiert ein deutlicher Rückgang in der energetisch kritischen Zeit, welchen es entsprechend zu kompensieren gilt. Die Erhebung und Berechnungen der Daten im Projekt TirolSolar wurden im Zeitraum Juli 2012 bis Juli 2015 im Rahmen des EFRE-Programms Interreg IV Italien-Österreich 2007-2013 mit nationalen und EU-Mitteln gefördert [91]. St. Johann in Tirol verfügt derzeit über eine installierte PV-Leistung von etwa 2 MWp. Die gemeindeeigenen PV-Anlagen erzeugen in Summe über 40.000 kWh an elektrischer Energie im Jahr, was etwa 20 tCO_{2äq} einspart. Die Photovoltaikanlage der Panorama Badewelt umfasst 500 Module (171 kWp). Die daraus resultierende Jahresertrag von 150.000 kWh grüner Energie wird zu 99% direkt in der Panorama Badewelt verbraucht. Die PV-Anlage auf dem Bauhof der Marktgemeinde St. Johann in Tirol umfasst 44 Module in Ost-West-Richtung (14,96 kWp), die zu einem Jahresertrag von 14.000 kWh führt. Die PV-Anlage des Kinderbetreuungsentrums umfasst 90 Module (29,95 kWp) und liefert 28.000 kWh im Jahr. Um Klimaneutralitätsziele zu verfolgen, gilt es das bestehende PV-Potential besser zu erschließen.

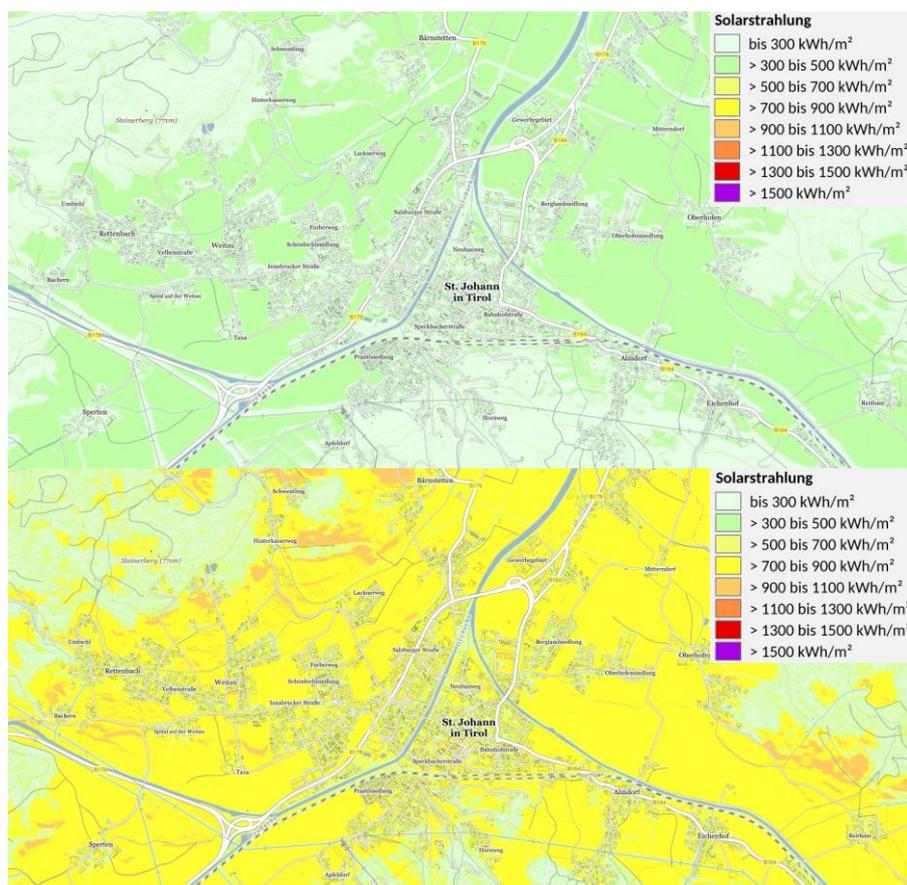


Abbildung 13: Vergleich der Solarstrahlung Winter (oben) zu Sommer (unten) für St. Johann in Tirol. Bildquelle: [25].

Der Ausbau der PV in der Energieversorgung von St. Johann in Tirol ist nicht nur für das Erreichen der Klimaneutralität unerlässlich, sondern bietet auch eine Reihe von Nebenvorteilen, die zur allgemeinen Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit der Tiroler Gemeinde beitragen können:

- Der PV-Ausbau kann die Energiesicherheit für städtische Gebiete verbessern, im Gegensatz zu fossilen Energieträgern. Letztere unterliegen i.d.R. geopolitischen Spannungen und Marktvolatilitäten. Durch den PV-Ausbau und grüner Energieerzeugung im Allgemeinen können Kommunen wie die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, ihre Abhängigkeit von importierter Energie verringern und sich vor den Schwankungen der globalen Energiemärkte schützen. Darüber hinaus tragen PV-Anlagen, als dezentrale Kleinkraftwerke zu einem widerstandsfähigeren Energienetz bei, was sich durch ein geringeres Risiko von Versorgungsausfällen widerspiegelt. Mit der dezentralen Energieversorgung, d.h. der Erzeugung nahe dem Verbraucher, ist das Netz weniger von kritischen Erzeugungspunkten abhängig, was die Auswirkungen verringert, wenn einer dieser Punkte ausfällt. Darüber hinaus werden Übertragungsverluste minimiert und die Wahrscheinlichkeit von Überlastungen auf zentralen Netzsträngen, die zu Ausfällen führen können, wird verringert. Darüber hinaus fällt durch ein vermaschtes Netz aus Erzeugern und Verbrauchern, nur ein Teil des Netzes aus, da lokale PV-Systeme unabhängig voneinander betrieben werden können, insbesondere in Verbindung mit Batteriespeichersystemen. Eine kontinuierliche Versorgung elektrischer Energie im dezentralen Netz sichert eine Widerstandsfähigkeit gegen großflächige Stromausfälle. Entscheidend ist die Integration von

Energiespeichersystemen (bspw. Batterien) und weiteren erneuerbaren dezentralen Kraftwerken, um Zeiten unzureichender Sonneneinstrahlung zu überbrücken.

- Die PV-Industrie erweist sich zudem als ein wichtiger Motor für die Stärkung des lokalen Arbeitsmarktes, wo Arbeitsplätze in Installation und Wartung geschaffen werden. Indem Städte in die Photovoltaikinfrastruktur investieren, stützen sie somit auch die lokale Wirtschaft. Zudem sind die Kosten für PV-Module in jüngster Vergangenheit stark gesunken, was sie zu einer der kostengünstigsten Energiequelle macht, was wiederum die Investitionen in groß dimensionierte PV-Projekte erleichtert.
- Technologische Innovationen wie bifaziale Solarmodule, welche beidseitig die solare Energie nutzen und gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV), bei welchen Solarzellen in Baumaterialien integriert werden, erweitern die potenziellen Anwendungen von PV.

In St. Johann in Tirol bestehen als rechtliche Limitierungen zur Montage von Photovoltaik- und Solarthermieranlagen Schutzzonen im Ortskern, welcher Großteils durch denkmalgeschützte Gebäude geprägt ist. Anlageninstallationen in Schutzzonen müssen gesondert bewilligt werden. St. Johann in Tirol setzt sich daher das Ziel Bewilligungsprozesse im Sinne einer zeitigen Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen zu vereinfachen und nach Möglichkeit positiv zu bewerten (vgl. [92]). Daher wurde bereits ein Leitfaden zur Installation von PV-Anlagen in der SOG von der Gemeinde erstellt, welcher Bauwerbern zur Verfügung gestellt wird.



Abbildung 14: Darstellung von Schutzzonen im Ortskern der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.

Wasserkraft

Ergänzend zu Fernwärme, PV- und Biomasseanlage besteht in der Marktgemeinde St. Johann eine Wasserkraftanlage, die mit 800.000 kWh etwa 200 Haushalte versorgen kann. Die Turbinenleistung beträgt 161 kW. Die Leistung des Generators beträgt 151 kW. Das Wasserkraftwerk ermöglicht eine Grundlastversorgung (Abbildung 15), welche essenziell im Netzbetrieb ist (vgl. Abbildung 11). Im Rahmen des Ziels Klimaneutralität ist eine zweite parallele Anlage anzudenken, um einen größeren Teil der Grundversorgung abzudecken. Weiters ist die Evaluierung von Effizienzsteigerungspotenzialen bei der bestehenden Anlage permanent fortzuführen.

Energieerzeugung des Wasserkraftwerks Kiedern auf Monatsbasis

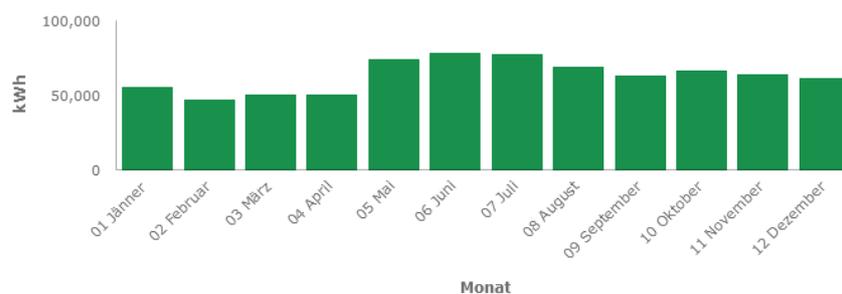


Abbildung 15: Grundlastversorgung St. Johann in Tirol durch Wasserkraft.

5.3.2 Strategie

Fernwärme aus Biomasse und Prozessabwärme

Die Abwärme- und Biomassenutzung stellt eine nachhaltige, jedoch begrenzte Ressource dar, die langfristig nur dann ohne Zubau fossiler Energiequellen ausreicht, wenn möglichst alle verfügbaren Effizienzpotenziale, insbesondere im Gebäudesektor ausgeschöpft werden. Damit wird technisch gesehen ein klimaneutraler Ausbau der Ortswärme ermöglicht. Ökonomisch sind darüber hinaus erhebliche Einsparpotenziale erschließbar, weil einerseits geringere Betriebskosten anfallen, andererseits Investitionskosten für neue Wärmeerzeuger und Leistungsanpassungen bzw. Trassenneuerschließungen entfallen bzw. geringer ausfallen. In jedem Fall soll primär Effizienzsteigerung und innerbetriebliche Abwärmenutzung vor der Auskoppelung in Fern- bzw. Nahwärme erfolgen. Eine Verschränkung von kommunaler Energieversorgung und privatwirtschaftlichen Anlagen kann weitere Synergien auch im Bereich regenerativer Energien eröffnen, z.B. über die Bereitstellung von Dachflächen und den Zusammenschluss in Form von Energieregionen. Im Weiteren sollen Vorevaluierung zum Einsatz von Großwärmepumpen mit Flusswasser und aus Abwasser für die Fernwärme erfolgen. Ebenfalls sollen Evaluierungen zu Fernwärmespeichern erfolgen, um tageszeitliche Überschüsse nutzbar zu machen, aber auch saisonale, da in St. Johann in Tirol zwischen Sommer und Winter ein Unterschied von Faktor 10 im Bereich der Wärmeabnahme besteht.

Photovoltaik

Die Erzeugung elektrischer Energie über PV erweist sich als notwendiger Schritt, um den CO₂-Ausstoß der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zu reduzieren. Der PV-Ausbau nimmt auch in bundesweiten Zielsetzungen Österreichs eine tragende Rolle ein. So soll der derzeitige Bestand von 3.792 MWp installierter PV-Leistung bis 2030 auf 21.000 MWp ausgebaut werden und bis 2040 auf 41.000 MWp [93]. In der Marktgemeinde St. Johann in Tirol beträgt die installierte PV-Leistung derzeit etwa 2 MWp. Aus den Bruttopotentialen aus [25] wurden unter Einbezug von Flächennutzungskonflikte, baurechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen das realisierbare Potential bestimmt (Definitionen von theoretischen, technischen und realisierbaren PV-Potentialen in [94]). Für den Wirkungsgrad der PV-Module wurde dabei 20,8% angenommen, basierend auf [95]. Differenziert wird dabei zwischen integrierten Anlagen, also jenen PV-Anlagen die insbesondere an der Gebäudehülle und dem Dach und/oder Verkehrswegen (bspw. Schallschutzanlagen) Einsatz finden und nichtintegrierten Systemen. Während Agri-PV-Systeme zu integrierten Anlagen zählen und hohe Flächeneffizienz bieten, sind Freiflächenanlagen nichtintegrierten Systemen zuzuordnen. Aufgrund der hohen Grundstückskosten und Nutzungskonflikten, erweisen sich Freiflächenanlagen als kritisch [96], [97]. So werden diese PV-Anlagenkonzepte für St. Johann in Tirol nur als Fallback-Strategie im Risiko-Management vorgesehen, falls zeitliche Abweichungen von den CO₂-Einsparzielen auftreten. Die Erhebung der Freiflächenpotentiale als Kompensationslösungen unter Einbezug naturschutzrechtlichen und raumordnungstechnischen Kriterien erfolgt in Abschnitt 6 Risiko-Management

Aufgrund der guten Potentiale in St. Johann in Tirol (vgl. Abbildung 13) bietet Agri-PV erhebliche Chancen für den Beitrag der Landwirtschaft zum Klimaschutz, indem sie die landwirtschaftliche Produktion mit der Erzeugung erneuerbarer Elektrizität auf derselben Fläche kombiniert [97], [98]. Agri-PV kann die Landnutzungseffizienz verbessern, den Wasserverbrauch senken, den Bauernhöfen ein stabiles Einkommen bieten und die Bürger:innen vor Ort in die Umsetzung einbeziehen, was sie zu einer wettbewerbsfähigen und praktikablen Option für erneuerbare Energien mit Gestehungskosten zwischen 7 und 12 Cent pro kWh macht [99].

Um den erforderlichen PV-Ausbau in der Marktgemeinde St. Johann zu quantifizieren, wurden mehrere Szenarien betrachtet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 16 dargestellt. Unter Einbezug verschiedener energetischer Sanierungsraten und -qualitäten bis 2040 ergibt sich nach Abbildung 3 weiterhin ein Restbedarf, den es mit grüner Energie zu versorgen gilt, um diesen Sektor als klimaneutral auszuweisen. Aus diesem Grund wurden die mit den Zielsetzungen EnEV_Default, EnEV_V1, EnerPHit_Default und EnerPHit_V1 resultierenden Restverbräuche als Vorgabe für PV-Ausbauraten gesetzt (vgl. Abbildung 16), wobei das Suffix V1 für den Austausch von konventionellen Heizkesseln auf regenerative Energieträger steht. Die ergänzenden Szenarien PV_Austria_Bevölkerung und PV_Austria_Energieverbrauch sind ergänzend aufgeführt, um den notwendigen Ausbau auf Bundesebene zu verdeutlichen, wenn der Energiebedarf Österreichs auf die Bevölkerung bzw. den anteiligen Energiebedarf der Gemeinde aufgeschlüsselt wird [93]. An diesen Kennlinienverläufen (gelb und dunkelgelb) wird deutlich, dass St. Johann in Tirol einen hohen Energiebedarf pro Person aufweist. Ergänzend dazu wurden in Abbildung 16 verschiedene Ausbauszenarien der Photovoltaik unterschiedlicher Intensität aufgenommen, wobei

Variante 1 ein sehr optimistisches Ausbauszenario repräsentiert (mit 22% aller Dachflächen und 4,5% aller Fassaden bis 2040) und Variante 3 realen Ausbauraten angelehnt ist und künftige Steigerungen durch weitere Kostensenkungen berücksichtigt. Auf diese Weise wird deutlich, dass eine Reduzierung des Energiebedarfs im Gebäudesektor durch Energieeffizienzsteigerungen unabdingbar ist. Schlechte Sanierungsraten lassen sich nicht durch einen verstärkten PV-Ausbau kompensieren. Der Energiebedarf nach dem ungünstigen Sanierungsszenario übersteigt den optimistischen PV-Ausbau deutlich. Auch mit verbesserter Sanierung ist ein hoher PV-Ausbau erforderlich, welcher im Beispiel 14,7% aller Dachflächen und 3% aller Fassadenflächen umfasst. Agri-PV, Freiflächenanlagen (trotz Flächennutzungskonflikten) und/oder Nachverdichtungen können Fallback-Strategien und notwendige Ergänzungen sein, um den Energiebedarf durch PV zu decken.

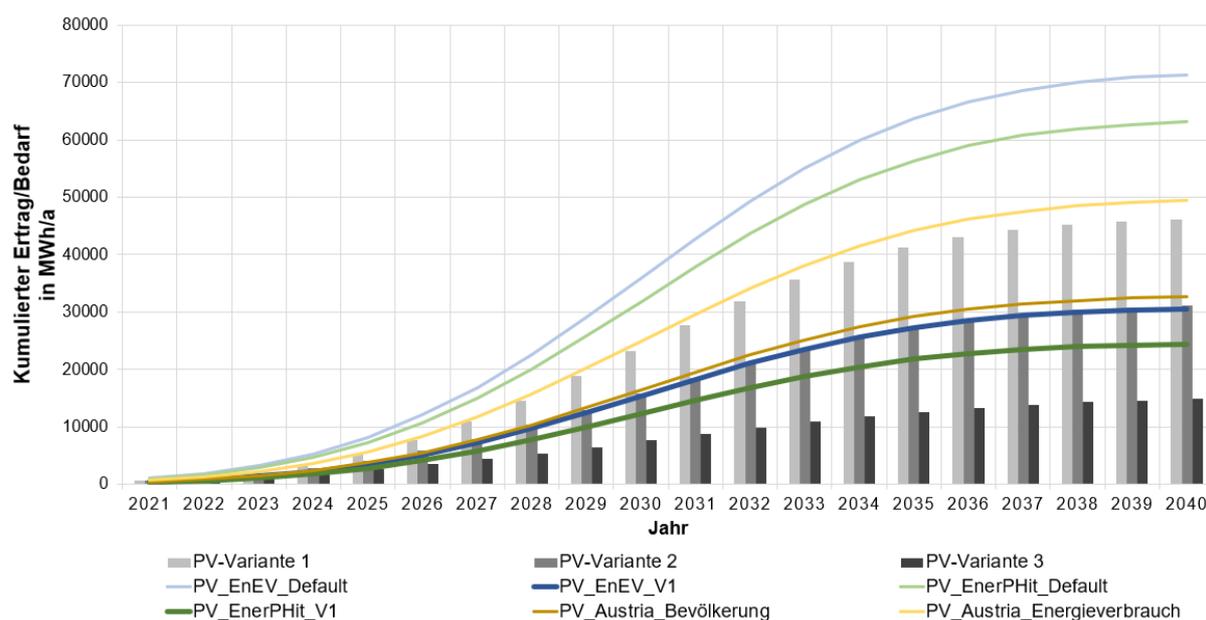


Abbildung 16: PV-Ausbauszenarien für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol unter unterschiedlichen Zielsetzungen.

Neben regulatorische Rahmenbedingungen, wie vereinfachte Genehmigungsverfahren sind finanzielle Anreize wie Steuergutschriften, Förderungen und hohe Einspeisetarife essenziell. Die finanzielle Hürde stellt derzeit immer noch eine große Herausforderung beim PV-Ausbau dar. Dabei handelt es sich meist um die Refinanzierung der Investitionssumme. Dies resultiert daraus, dass die Einspeisevergütung meist unter dem Abnahmetarif liegt. Es gilt demnach i.d.R., dass je höher die Eigennutzung ist, desto wirtschaftlicher die PV-Anlage. Dezierte Einzelbetrachtungen sind dazu erforderlich. Um die Refinanzierung schneller zu realisieren, empfiehlt sich die Ausarbeitung von Geschäftsmodellen zwischen Bürger:innen und dem lokalen Gewerbe, bei denen die Marktgemeinde St. Johann als Vermittler zwischen privaten PV-Anlagenbetreiber:innen und Gewerbe agiert. Auch Abnahmemengen mit festgelegten Einspeisetarifen für Gemeindegebäude könnten vertraglich vereinbart werden.

St. Johann in Tirol bietet derzeit keine finanziellen Förderungen Da verschiedene Maßnahmen durch

Bundes- und Landesförderungen sehr gut abgedeckt sind, wurde anstatt einer finanziellen Unterstützung eine Anlaufstelle für kostenlose Energieberatung im Gemeindeamt eingerichtet. Dort können sich Bürger:innen vor Umsetzung der Maßnahme unabhängig und produktneutral beraten lassen. Diese Stelle soll künftig als Maßnahme des Klimafahrplans ausgebaut und stärker beworben werden. Über diese Bürgerkontaktstelle sollen bestehende Förderungen von Land und Bund transparent kommuniziert werden, um bei der Errichtung von PV-Anlagen zu unterstützen. Gleichsam soll über die Bürgerkontaktstelle hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und technischen Realisierung Support in Form eines Beratungsgesprächs erfolgen.

Viele Anlagen wurden hinsichtlich ihrer Größe an die verfügbaren Förderungen angepasst, bspw. 10 kWp, trotz weiterer verfügbarer Fläche und guten Potentialen. Um insbesondere bei PV-Anlagen mit hohen Potenzialen, die Flächen bestmöglich zu nutzen, empfiehlt sich für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol ein Unterstützungskonzept für die Nachverdichtung von PV-Anlagen.

Da derzeit viele PV-Module Richtung Süden mit einem gewissen Neigungswinkel ausgerichtet sind, entsteht zur Mittagszeit insbesondere im Hochsommer meist ein Überschuss an Solarenergie, welcher nicht abgenommen werden kann. Die Installation bifazialer Module in vertikaler Ost-West-Ausrichtung bietet eine hohe Nutzbarkeit in den Morgen- und Abendstunden [100]. Dieser Ansatz kann in die Beratung der Bürger:innen der Marktgemeinde St. Johann aufgenommen werden.

Öffentliche Aufklärungskampagnen und Initiativen zur Einbindung von Bürger:innen (bspw. in Form von Energiegemeinschaften [101] oder Bürgersolaranlagen [102] [103]) tragen ebenfalls essenziell zum PV-Ausbau bei. Der Einbezug der Bürger in Entscheidungsprozesse fördert ein kollektives Engagement für Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Eine Zusammenführung von interessierten Bürger:innen zu solchen Modellen, würde sich demnach als wertvolle Maßnahme erweisen. Diese müsste entsprechend durch die Gemeinde koordinierend und rechtlich-beratend unterstützt werden.

Durch den Ausbau der Photovoltaik kommt St. Johann in Tirol nicht nur dem Klimaneutralitätsziel näher, sondern entwickelt zudem eine resilientere und nachhaltigere Gemeinschaft und das auch für zukünftige Generationen.

Da in der Region in und um St. Johann in Tirol hohe solare Potentiale bestehen (vgl. Abbildung 2) und die Photovoltaik eine kostengünstige und eine vergleichbar leicht umzusetzende Möglichkeit zum Ausbau erneuerbarer Energien darstellt, werden im Sinne des Risiko-Managements dieses Fahrplans in Kapitel 6 mehrere Kompensationsprojekte basierend auf PV ausgearbeitet. Diese können als Fallback-Strategien greifen, wenn Zielsetzungen anderer Maßnahmen verfehlt werden.

Wasserkraft

Wasserkraftwerke weisen zwar in der Errichtung einen hohen Ressourceneinsatz auf, jedoch bieten diese langen Betriebszeiten für eine grüne Energieversorgung. Unter der Prämisse stabiler Wasserströme sind weitere Vorteile der Wasserkraft eine hohe Zuverlässigkeit und eine konstant abrufbare

Energiemenge. Letzteres macht die Wasserkraft für das Energiemanagement zu einer gut kalkulierbaren Energiequelle. Tageszeitliche Wetterabhängigkeiten wie bei Solar- oder Windenergie bestehen nicht. Die hohe Zuverlässigkeit macht sie zu einer attraktiven Option für Grundlastversorgung und bietet eine stabile Grundlage für den Aufbau eines widerstandsfähigen und zuverlässigen Energienetzes. Die Abdeckung der Grundlast nach Abbildung 11 ist essenziell für die Energieversorgung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol. Um diese vollständige mit grünen Energieträgern abzudecken, werden Potentialanalysen für ein zweites paralleles Wasserkraftwerk angedacht und die Steigerung des Outputs des bestehenden Trinkwasserkraftwerks forciert.

5.4. Abfallwirtschaft

Das Abfallaufkommen betrug im Jahr 2022 in Österreich rund 73,9 Mio. t, wovon der Großteil mit 43,8 Mio t auf Aushubmaterial entfällt. Vom Gesamtaufkommen sind gut 7,3 Mio. t auf Siedlungsabfälle zurückzuführen. Hierbei handelt es sich um jene Abfälle die in Haushalten, Schulen, Verwaltungseinrichtungen und Gewerbe- und Industriebetrieben anfallen – sofern die Abfälle als haushaltsähnlich eingestuft werden können. Das durchschnittliche pro-Kopf-Aufkommen an Siedlungsabfällen in den einzelnen Bundesländern bewegte sich dabei im Jahr 2022 zwischen 567 kg/EW in Wien und 1.006 kg/EW in Oberösterreich, wobei Tirol mit 864 kg/EW im Mittelfeld lag [104].

Da unterschiedliche Abfallarten abweichende Charakteristika aufweisen, ist eine getrennte Sammlung sinnvoll, um diese dann den spezifisch Behandlungsmöglichkeiten zuzuführen. So bestehen Siedlungsabfälle zum Großteil aus Altstoffen, biogenen Abfällen, gemischten Siedlungsabfällen im engeren Sinn und zu einem kleinen Teil aus Sperrmüll und sonstigen Abfallarten, welche insbesondere auch Problemstoffe, Altbatterien und Akkumulatoren enthalten. Die entstandenen Abfälle werden sowohl über die öffentliche Müllabfuhr als auch über Altstoffsammelzentren getrennt entsorgt und können durchsortenreine Sammlung zu rund 62% recycelt werden und stehen damit dem Wertstoffkreislauf wieder zur Verfügung. Die verbleibenden Abfallmengen werden der thermischen Verwertung zugeführt, wobei anfallende Schlacken deponiert werden müssen. Die hierbei entstehenden THG-Emissionen machen dabei den Hauptanteil an den insgesamt 2,2 Mio. t CO_{2äq} (rund 3% der Gesamtemissionen) die im Jahr 2022 der Abfallwirtschaft, bei leichtfallendem Trend über die letzten Jahre, zugeschrieben werden können [104], [105].

Bei Restmüll, als Siedlungsabfall im engeren Sinn, handelt es sich um eine äußerst heterogen zusammengesetzte Abfallart, welche u.a. aufgrund von soziodemografischen Faktoren als auch Art und Größe, der sich im Einzugsgebiet befindenden Unternehmen unterscheidet. Aufgrund der veränderlichen, heterogenen Zusammensetzung findet hier eine mechanische Sortierung statt, damit die Abfallfraktionen in weiterer Folge getrennt behandelt werden können. Anfallende Wertstoffe beispielsweise in Form von Metallen können recycelt werden, wohingegen die verbleibenden Fraktionen durch Zerkleinerung, Trocknung und Pellettierung der thermischen Verwertung zugeführt werden [104].

Als weitere Abfallströme, welche jedoch mengenmäßig in geringerem Umfang anfallen, zählen u.a.

Sperrmüll, Elektrogeräte, Batterien und Akkumulatoren, Altöle sowie Altfahrzeuge und Altreifen. Für all diese existieren gesonderte Sammel- und Behandlungsmethoden. Da hier die Behandlung mitunter komplexer als bei Restmüll ausfällt, wird diese mitunter überregional durchgeführt.

Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol darf als repräsentativ angenommen werden, sodass es hier zweckmäßig erscheint die Daten des Bundes-Abfallwirtschaftsplans 2024 auf die Marktgemeinde St. Johann in Tirol zu beziehen und daraus Ziele für eine klimaneutrale Gemeinde abzuleiten.

5.4.1 Ziel

Im Bereich der Abfallwirtschaft soll eine allgemeine Verringerung der Abfallmengen angestrebt werden. Die positiven Effekte spannen sich dabei über den gesamten Bereich der Abfallwirtschaft. Bei geringer anfallenden Abfallmengen muss weniger gesammelt werden, womit sich beim exemplarischen Herausgreifen der Siedlungsabfälle, welche im Holsystem gesammelt werden, weniger LKW-Fahrten ergeben, was neben einer Steigerung der Lebensqualität aufgrund verminderter Lärmbelästigung, auch zu verminderten Emissionen aufgrund kleinerer Transportmengen führt. Die kleineren Mengen benötigen weniger Energie für die Aufbereitung und Konditionierung und schlussendlich fallen bei der gegebenenfalls notwendigen thermischen Verwertung entsprechend Emissionen an. Eine Besonderheit stellen vermeidbare Lebensmittelabfälle dar, die sich in nennenswerten Mengen im Restmüll finden. Neben einer erschwerten thermischen Verwertung aufgrund des erhöhten Wassergehaltes, erfolgt die Beseitigung ohne entsprechende Nutzung des Produkts, jedoch unter bei Herstellung, Transport und Verwertung vielfältig entstehenden Emissionen. Allgemeiner gesprochen, soll durch achtsame Produktverwendung und -selektion eine Abfallvermeidung und folglich Emissionsreduktion erreicht werden. Ein bereits umgesetztes Projekt des Abfallwirtschaftsverbands Kitzbühel ist die Sammlung der Speisreste in der Region, die dann in einer Biogasanlage zur Verstromung eingesetzt werden. Zusätzlich werden auch regelmäßig bewusstseinsbildende Kampagnen zu einer korrekten Abfalltrennung in der Region durchgeführt.

Auch der Weiterverwendung von Produkten sollte eine größere Bedeutung zukommen. Das bedingt eine längere Verwendungsdauer, was sich in vielfältiger Weise positiv auswirkt. So muss einerseits weniger produziert werden, was grundsätzlich zu einer Emissionsreduktion führt und andererseits fallen durch die Mehrfach- bzw. Weiterverwendung bei der letztendlich doch durchzuführenden Beseitigung die Emissionen nur einmalig an. St. Johann in Tirol ist Teil des Reuse-Netzwerks Tirol. Daher bietet die Gemeinde zweimal im Jahr ein Repaircafe an, wo neben Elektrogeräten auch Kleidung und Fahrräder kostenlos von Expert:innen repariert werden. Für Haushaltsgegenstände und Möbel betreibt die Gemeinde eine Hol- und Bringbörse am Recyclinghof, wo Gegenstände kostenlos abgegeben und mitgenommen werden können. Darüber hinaus gibt es noch weitere Initiativen von Vereinen und Bürger:innen, die der „sharing economy“ und dem reuse Bereich zuzurechnen sind.

Als weiterer und ebenso wesentlicher Angriffspunkte zur Transformation in eine nachhaltige und umweltverträgliche Abfallwirtschaft kann das Recycling verstanden werden. Durch die Aufarbeitung der

anfallenden Abfallmengen können Rohstoffe gewonnen werden. Dabei ist eine möglichst hohe Recyclingquote anzustreben, um die Menge an zu deponierenden Reststoffen gering zu halten. Die Recyclingfähigkeit muss bereits bei der Produktentwicklung berücksichtigt werden, da sich hier die meisten Handlungsmöglichkeiten bieten. Die Priorität sollte dabei auf eine hohe Upcycling-Quote gelegt werden, damit dem Wertstoffzyklus kontinuierlich qualitativ hochwertige Rohstoffe zugeführt werden und es somit zu keiner „Erosion“ kommt. Das Downcycling ermöglicht zwar eine Weiternutzung und ist der thermischen Verwertung bzw. Deponierung vorzuziehen, sollte allerdings aus den bereits dargelegten Gründen versucht werden durch neue Technologien oder verändertes Produktdesign in Upcycling zu transformieren. Das Recycling trägt entscheidend zur Ressourcenschonung bei, da durch die Wiedergewinnung von Rohstoffen auf die Exploration und Erschließung von Bodenschätzen in den Herkunftsländern im besten Fall verzichtet werden kann.

Bei Abfällen, die sich nur unzureichend recyceln lassen, sei es, weil entsprechende Technologien dazu fehlen, kann dennoch in bestimmten Fällen eine Gewinnung von Rohstoffen durchgeführt werden. So kann am Beispiel Elektromüll, welcher in kleinen Mengen wertvolle Edelmetalle enthält, aufgezeigt werden, dass durch deren Wiedergewinnung der Ausbeutung von Bodenschätzen, mit den einhergehenden Umweltschäden, entgegengewirkt werden kann. In diesem Bereich gilt es Innovationen zu forcieren um den Verlust von Rohstoffen durch Deponierung, welche mitunter eine überdurchschnittlich große THG-Emission bei der Gewinnung benötigen zu reduzieren und optimalerweise ganz zu unterbinden.

Potentiale in den zuvor genannten Bereichen Müllvermeidung, Reduktion, Wiederverwendung und Recycling gilt es auszuschöpfen und zu erweitern, um die Notwendigkeit der thermischen Verwertung und anschließenden Deponierung gering zu halten. Zwar erfolgt bereits jetzt aufgrund diverser Gesetzgebung eine weitreichende thermische Verwertung von nicht weiter aufzubereitenden Abfällen, jedoch sollte diese in Hinblick auf die dabei entstehenden THG-Emissionen weitestgehend zurückgedrängt werden. In weiterer Folge reduzieren sich die deponiepflichtigen Schlacken- und Ascheabfälle, was neben verminderter Emission vonseiten der Deponien auch einen verminderten Bedarf zur Überwachung dieser bedeutet.

Gegenüber dem Recycling wird künftig "Reuse", also die unveränderte Wiederverwendung an Bedeutung gewinnen, hierfür ist aber eine künftige weitgehende Produktstandardisierung sowie eine entsprechende Infrastruktur Voraussetzung. Mit den bisherigen Aktivitäten konnte die Marktgemeinde St. Johann in Tirol hier bereits erste Impulse setzen, die in Zukunft systematisch auszubauen sind.

5.4.2 Strategie

Die Abfallwirtschaft wird maßgeblich von nationaler Gesetzgebung geregelt, sodass sich hier auf der Ebene der Marktgemeinde St. Johann in Tirol nur beschränkte Handlungsmöglichkeiten ergeben und der Fokus lokal auf eine Bewusstseinsbildung sowie die Schaffung von Angeboten für die getrennte Entsorgung und Wiederverwendung gelegt werden muss. Hierbei lassen sich zahlreiche Maßnahmen definieren, welche auf dieser unterstützend einwirken sollen.

Die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung kann durch Vorträge in öffentlichen Einrichtungen, welche

über Müllentstehung, Verwertung, Aufarbeitung, Recycling, Vermeidungsstrategien und Wiederverwendungsmöglichkeit, mit Fokus auf die privaten Haushalte, gefördert werden. Die genannten Themen können auch entsprechend aufbereitet im Schulunterricht integriert werden. Hier ist die Umsetzung über Projekte, bei denen die Schüler neben theoretischem Wissen, auch Exkursionen zu den gemeindeeigenen Wertstoffsammelzentren unternehmen denkbar. Daneben kann die Sichtbarkeit der genannten Themen durch Aushänge an den Wertstoffsammelzentren und durch Versenden von Informationsmaterial gesteigert werden.

Um die Wieder- und Weiterverwendung (Reuse) zu fördern ist die Initiierung einer Plattform zum lokalen Austausch nicht mehr benötigter Produkte anzudenken. Auch wenn dabei der primäre Einfluss auf eine Reduktion der Emissionen als marginal zu betrachten ist, darf der eigentliche Nutzen in einer für die Bürgerinnen und Bürger direkt beobachtbaren Umsetzung der Kreislaufwirtschaft gesehen werden.

Bereits heute existieren Initiativen auf Bundesebene, um die Wiederinstandsetzung von Geräten über die Zahlung eines Reparaturbonus zu fördern und folglich den Ressourcenverbrauch zu mindern. Dies kann durch zusätzliche Informationskampagnen auf Landes- und Gemeindeebene (Reparaturführer und Bewerbung von Angeboten heimischer Betriebe) forciert werden. Die örtliche Fokussierung auf Gemeindeebene ermöglicht dabei die Stärkung von lokalen Betrieben und fördert die lokale Kreislaufwirtschaft.

5.5. Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Landwirtschaft

In diesem Handlungsfeld kommt der Gemeinde eine eingeschränkte Handlungsfähigkeit zu. Dennoch kann die Gemeinde ihre Ziele klar an die Wirtschaftsbetriebe kommunizieren und ihnen Handlungsoptionen anbieten, um an der Umsetzung des Klimaneutralitätsfahrplans zu partizipieren. Darüber hinaus kommt der Gemeinde eine besondere Bedeutung in der Genehmigung von betrieblichen Sanierungsvorhaben zu sowie in der Etablierung privat-öffentlicher Partnerschaften im Bereich der Energieversorgung.

5.5.1 Ziel

Die Industrie und auch der Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD) nehmen in dem angestrebten Energiewandel für St. Johann in Tirol eine zentrale Rolle, da diese Bereiche mit erheblichen Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen verbunden sind (vgl. Tabelle 1). Um das Ziel Klimaneutralität in St. Johann in Tirol zu erfüllen, ist es daher entscheidend, klare Teilziele festzulegen und umfassende Maßnahmen in diesem Bereich zu definieren und umzusetzen. Rechtliche Vorgaben in dieser Richtung erfolgen für die Industrie durch die EU-Richtlinien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, welche in die nationale Gesetzgebung überführt wurde (vgl. [88]). Die Landwirtschaft nimmt an den CO₂-Emissionen eine untergeordnete Rolle ein, dennoch finden die nachfolgenden Maßnahmen auch ihre Gültigkeit für diesen Sektor.

5.5.2 Strategie

Für diesen Sektor können eine Reihe an Teilstrategien definiert werden, die technologische, regulatorische und verhaltensbezogene Änderungen umfassen. Diese ähneln in vielen Dingen den allgemeinen Strategien in den jeweiligen Handlungsfeldern. Dennoch soll ein Leitfaden für Betriebe alle relevanten Informationen bündeln, um sie zielgerichtet an die Wirtschaftstreibenden kommunizieren zu können:

- Energieeffizienzsteigerung im Industriegebäude (thermische Gebäudehülle, Beleuchtungssteuerung und LED-Umrüstung, Austausch des Heizsystems auf erneuerbare Energien) und Energieeffizienzsteigerung in industriellen Prozessen (Energieverbrauch pro Produktionseinheit).
- Integration von Energiemanagementsysteme, um den Energieverbrauch in Echtzeit zu überwachen und daraus Einsparpotentiale zu identifizieren. Dies kann zudem Vorteile für Wartungsintervalle und Betriebskosten bieten, indem kostintensive Ausfallzeiten reduziert werden.
- Förderung der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen, Energie und Abfall zwischen Branchen, um effizientere Produktionsnetzwerke zu schaffen.
- Reduzierung von Industrie- und Gewerbeabfällen, mit dem Ziel einer deutlichen Verringerung der Deponienutzung und einer Erhöhung der Recyclingquoten.
- Förderung des Recyclings und der Verwendung von Sekundärmaterialien.
- Aufnahme eines Produktlebenszyklusmanagements, was neben der Reduzierung von CO₂-Emissionen durch Optimierung von Prozess- und Lieferketten samt Transportwegen, auch Kosten reduzieren und somit die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens verbessern kann.
- Förderung der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel für Beschäftigte in dieser Branche und die Förderung nicht-motorisierter Verkehrsmittel, bspw. einen Shuttle-Bus für Angestellte (derzeit bereits etabliert bei einem in St. Johann in Tirol ansässigen Produzenten von Holzwerkstoffen). Im Ausbau der öffentlichen Mobilität sind insbesondere Pendler:innen zu berücksichtigen und somit der ÖPNV auch mit dem betrieblichen Mobilitätsmanagement der Unternehmen abzustimmen.
- Reduzierung der Emissionen aus dem gewerblichen Verkehr Umstellung auf Elektrofahrzeuge. Damit verbunden der Ausbau des Ladenetzes für Elektrofahrzeuge für private und geschäftliche Fahrzeuge. Gleiches gilt für Baufahrzeuge und landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge und Geräte.
- Umsetzungen von Mitarbeiterschulungen, um ein stärkeres Energiebewusstsein zu schaffen und Nachhaltigkeitspraktiken zu fördern. Da Arbeitskräfte in einem Unternehmen, nicht direkt für die energiebezogenen Kosten im Gewerbegebäude verantwortlich sind, besteht das Risiko, dass diese nicht energiebewusst handeln [106]. Die Stärkung des Energiebewusstseins der Nutzer:innen kann die Energieleistung eines Gebäudes erheblich verbessern [107].

- Unterstützung von Unternehmen bei der Einspeisung von Abwärme in das Fernwärmenetz. Eine Erhebung von potenziellen Einspeisebetrieben wurde bereits durchgeführt. In Kooperation mit dem Netzbetreiber ist nun der Aufbau der entsprechenden Infrastruktur zu prüfen.
- Innovations- und Umsetzungsförderungen und rechtliche Unterstützung (bspw. bzgl. der Widmung), um Unternehmen den Anschluss an die Fernwärme zu erleichtern (für Erzeuger).
- Integration erneuerbarer Energien, bspw. durch großflächige PV-Auskleidung von Dach- und Fassadenfläche.
- Evaluierung der Potentiale zur Errichtung einer Fernkälte, um Gebäude im Sommer zu kühlen. Hierbei sind gerade betriebliche Nutzungen von Prozesswärme und -kälte auf die Eignung ihrer Einbindung hin zu prüfen.
- Inhouse-Consulting für Energieberatung in Betrieben
- Bonussystem für netzdienliche (weitgehend zeitunabhängige) Verbraucher um das Problem volatiler Erzeuger zu kompensieren

In Anlehnung an die Ergebnisse aus 5.3 Energieversorgung können langfristige Verträge zwischen privaten Erzeugern erneuerbarer Energie oder von Energiegemeinschaften (bspw. Bürgersolaranlagen) und industriellen/gewerblichen Verbrauchern abgeschlossen werden, um einen stabilen Markt für grüne Energie zu gewährleisten. Dabei können Tarife verhandelt werden, die über der derzeitigen Einspeisevergütung liegen und unterhalb der bestehenden Abnahmetarife, um Vorteile für beide Parteien zu erzielen. Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol kann dabei als Vermittler und Koordinator auftreten. Eine Machbarkeitsstudie dieses Konzepts seitens der Marktgemeinde St. Johann in Tirol erweist sich als empfehlenswert.

Durch die Umsetzung von Maßnahmen in den Bereichen Energieeffizienzsteigerungen, Prozessoptimierung, Kreislaufwirtschaft, nachhaltiger Transport und Schulung von Arbeitskräften können die Industrie und der GHD-Sektor von St. Johann in Tirol einen wertvollen Beitrag leisten die CO₂-Emissionen der Stadt zu reduzieren. Die genannten Maßnahmen fördern zudem eine nachhaltige Entwicklung und die wirtschaftliche Widerstandsfähigkeit.

5.6. Energieraumplanung und Stadtentwicklung

Die Energieraumplanung ist ein notwendiges Werkzeug, um das Ziel Klimaneutralität 2040 zu erreichen. Dieser Prozess umfasst die strategische Zuweisung von Energieressourcen und Infrastruktur über das gesamte Versorgungsgebiet der Marktgemeinde St. Johann in Tirol, um dadurch den Einsatz erneuerbarer Energien zu unterstützen und zu koordinieren.

Eines der wesentlichsten Ziele der Energieraumplanung besteht darin die Integration erneuerbarer

Energieerzeugungsquellen wie Photovoltaik (PV) und Geothermie in den Randlagen zu verbessern. Geografische Informationssysteme (GIS) und darauf aufbauende Software sowie vergleichbare Tool-Lösungen übernehmen eine entscheidende Rolle bei der Identifizierung geeigneter Anlagenstandorte für erneuerbare Energien, bspw. TirolSolar für die PV [25]. Indem sichergestellt wird, dass erneuerbare Energiequellen an den effizientesten Standorten platziert werden, kann die Raumplanung die Energieerzeugung maximieren und gleichzeitig Landnutzungskonflikte reduzieren.

Die Bedeutung der kommunalen Energieraumplanung mit dem Themenfokus Energie, Mobilität und Siedlung ist mit dem verstärkten Einsatz regenerativer Energie in den letzten Jahren in den Fokus der Verwaltung aber auch vieler innovativer Firmen gerückt, ganz aktuell verstärkt durch Gas- und Strompreisentwicklung. Dabei umfasst der State-of-the-Art z.B. mit dem ENERGIEatlas die notwendigen Informationsgrundlagen zur „Räumlichen Energieplanung für die Wärmewende“ (vgl. [108]) als auch automatisierte Analysen für definierte Verwaltungsprozesse. Diese werden bereits in der Planungspraxis der Städte und Gemeinden genutzt (siehe [108]). Bestehende Tools und Leitfäden beschränken sich aber nicht nur auf den Wärmesektor, sondern inkludieren die vollständige Kopplung einzelner Sektoren inkl. Strom, Mobilität und IKT. Neben den regenerativen Energien stellt die Energieeffizienz einen zentralen Baustein der nachhaltigen Raumordnung dar. Wie die Raumordnung den Energieverbrauch beeinflussen kann, wird exemplarisch im Leitfaden der Energieagentur Tirol für Gemeinden („Energieeffizienz ist planbar!“, siehe [109]) dokumentiert.

Die Marktgemeinde St. Johann in Tirol weist eine hohe bauliche Dichte im Zentrum auf und vereinzelte Siedlungsbereiche im Umland. Dies hat erheblichen Einfluss auf die Energieraumplanung, speziell für den Bereich Fernwärme. Städtische Gebiete mit hoher Siedlungsdichte können sich als energieeffizienter erweisen, da kürzere Entfernungen für den Fernwärmetransport zurückgelegt werden müssen, was mit geringeren Leitungsverlusten verbunden ist. Die Fernwärme fokussiert sich primär auf das Ortszentrum. Die weniger stark besiedelten Randgebiete von St. Johann in Tirol sind weniger gut erschlossen, vgl. Abbildung 17.

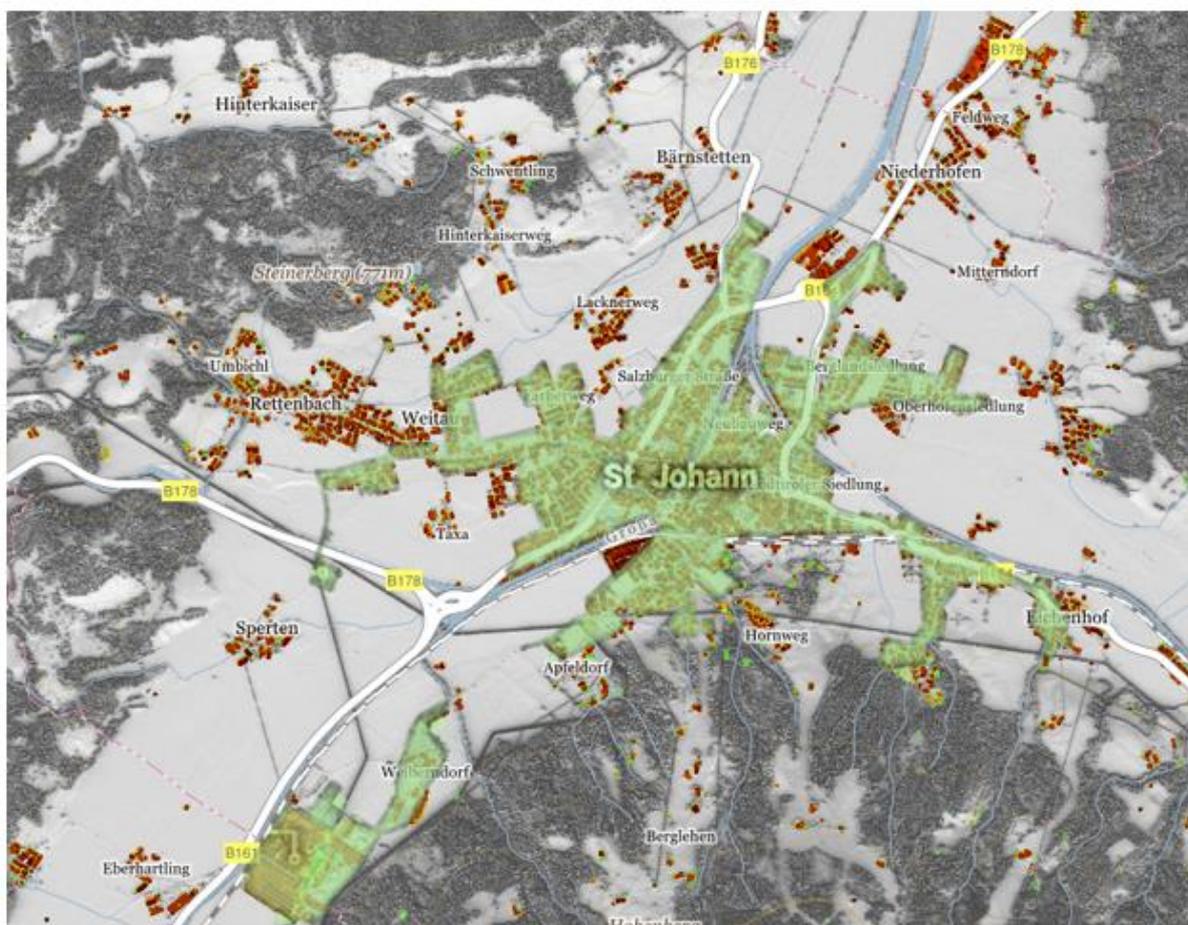


Abbildung 17: Übersicht des bestehenden Fernwärme-Versorgungsgebiets zu dem tatsächlichem Ortsgebiet St. Johann in Tirol. Bildquelle Hintergrund: [25], Bildquelle Fernwärme: [24].

Die Bevölkerung der Marktgemeinde St. Johann in Tirol ist auf eine langfristige und valide Energieraumplanung in mehrerlei Hinsicht angewiesen. Für sie liegt der Nutzen primär in der Planungs- und Versorgungssicherheit. Ein verlässlicher Fahrplan welcher kleingranular (zeitlich und räumlich) Auskunft über künftige Planungen (z.B. Ausbau der Ortswärme, Erschließung durch Mikronetze) sowie Förderanreize gibt, erlaubt es den Bewohner:innen hinsichtlich ihrer eigenen Situation langfristige Entscheidungen auf verlässlicher Basis zu treffen. Steht z.B. der Ausbau der Ortswärme in einem bestimmten Quartier in naher Zukunft bevor, so liegt die Wärmeversorgung der Immobilien in diesem Gebiet durch Fernwärmeanschlüsse nahe, andere Gebiete, welche sich aufgrund ihrer Energiedichte und topographischen Lage hierfür nicht eignen, könnten dagegen mit Mikronetzen oder Wärmepumpensystemen versorgt werden. Auch die Entscheidung für dezentrale Lösungen werden dadurch in bestimmten Lagen erleichtert, Potenzialabschätzungen für oberflächennahe Geothermie und Photovoltaik können in diesen Fällen hilfreich sein. Auf diese Weise wird der Lock-In-Effekt bzw. das Abwarten auf unbestimmte Zeit vermieden, weil Transparenz für kommunale Energieraumplanung private Entscheidungen für oder gegen dezentrale Lösungen erleichtert, bspw. Fernwärmeanschluss in Randgebieten (vgl. Abbildung 17).

In Bezug auf die Stadtentwicklung ergeben sich in Hinblick auf die sich veränderten klimatischen Bedingungen und die zu haltende hohe Lebensqualität zusätzliche Handlungsfelder. Durch die Zunahme

der Temperaturen besteht auch in Gemeinden wie der Marktgemeinde St. Johann in Tirol grundsätzlich die Möglichkeit von Trinkwasserknappheit, sodass die Wasserversorgung hier durch geeignete Maßnahmen langfristige gesichert werden muss. Ein weiteres Augenmerk gilt den Grünflächen, da diese bei der Eindämmung von Auswirkungen des Klimawandels im städtischen Siedlungsraum in vielerlei Hinsicht eine wichtige Rolle spielen. Diese wirken durch ihr Reflexionsverhalten und Verdunstung kühlend auf die Luft und beugen damit den in Zukunft häufiger werdenden Überhitzungen vor, spenden Schatten und steigern damit die Lebensqualität und dienen schlussendlich auch als CO₂-Senke.

Daneben stellt der Wald ein weiteres wichtiges Handlungsfeld dar, welchem auf dem Weg in eine klimaneutrale Zukunft eine wichtige Funktion zukommt. Dieser reduziert gleich den städtischen Grünflächen die Oberflächentemperatur und gilt weiters als wichtiger CO₂-Speicher. Der Waldboden stellt einen wichtigen Wasserspeicher dar, weshalb der Wald auch in Bezug auf die Erhaltung der lebensnotwendigen Ressource Trinkwasser besonders zu schützen ist. Durch die maßvolle forstwirtschaftliche Nutzung bildet der Wald eine regenerative lokale Ressource, die auch als Naherholungsgebiet durch die lokale Bevölkerung genutzt werden kann.

Bei der Planung und Erschließung von neuem Siedlungsraum auf dem Gemeindegebiet gilt es zukünftig klimatische Entwicklungen zu berücksichtigen und durch entsprechende Vorgaben eine Anpassung an diese zu ermöglichen. So kann sich bereits eine geeignete Wahl der Baumaterialien dahingehend positiv auswirken, als dass sich die Emissionen während des Lebenszyklus der Gebäude reduzieren. Eine bedachte topographische Anordnung von Gebäuden und das Vorsehen von Grünflächen können dabei das Mikroklima von Neubaugebieten beträchtlich verbessern und reduzieren das Risiko für lokale Überhitzungen. Daraus resultierten auch ein geringerer Kühlbedarf und damit einhergehend ein Energieverbrauch.

5.6.1 Ziel

Eine erfolgreiche Energieraumplanung erfordert zudem eine aktive Beteiligung der Bevölkerung und Interessensvertretungen des lokalen Gewerbes. Durch die Beteiligung dieser Parteien wird sichergestellt, dass ihre Anforderungen berücksichtigt werden, was letztendlich zu wirksameren Energiestrategien führt. Robuste politische und regulatorische Rahmenbedingungen sind für die Unterstützung energieräumlicher Planungsbemühungen von entscheidender Bedeutung. Bebauungsgesetze, die eine Integration erneuerbarer Energiesysteme vorschreiben oder Anreize für die Nachrüstung energieeffizienter Technologien in bestehenden Gebäuden können leistungsstarke Instrumente der Energieraumplanung sein. Ebenso kann die Erhaltung von Grünflächen und landwirtschaftlicher Flächen zur Kohlenstoffbindung beitragen und Flächen für die potenzielle Bioenergieproduktion schaffen.

Die bestehenden Waldflächen müssen in jedem Fall erhalten werden, damit eine langfristige CO₂-Bindung gegeben ist. Auch Bemühungen im Bereich der Stadtbegrünung gilt es entsprechend umzusetzen. Auch wenn der Beitrag zur THG-Bilanz hier gleichwohl geringer ausfällt, ist die Wirkung auf das Mikroklima erheblich.

Bei neu zu errichtenden Wohnsiedlungen gilt es Anreize zu schaffen, um die energetischen Mindeststandards zu übertreffen, da höhere Energieeffizienz-Standards sich vorteilhaft auf die Lebenszyklus-Emissionen auswirken. Handelt es sich um gemeindeeigenen Baugrund, können sogar Vorschriften zum Effizienzstandard von Neubauten eingefordert. Jedes Bauvorhaben soll dabei auch eine adäquate Menge an neu zu schaffenden Grünflächen vorsehen. Diese reduzieren das Übersetzungsrisiko durch ein verändertes Reflexionsverhalten, helfen die durch den Bau entstehend Emissionen zu kompensieren und steigern schlussendlich auch das Wohlbefinden der Anwohner:innen. Derartige Vorschriften können beispielsweise über die Vertragsraumordnung umgesetzt und auf die spezifischen Herausforderungen einzelner Projekte abgestimmt werden.

Der Ausbau von Rad- und Fußwegen im Ortsgebiet soll forciert werden. Dadurch soll der motorisierte lokale Individualverkehr eingedämmt werden, was neben einer Verminderung verkehrsbedingter Emissionen zu einer weiteren Steigerung der Lebensqualität führt.

5.6.2 Strategie

Lenzholzer et al. identifizieren vier Hauptstrategien, um das städtische Klima positiv zu beeinflussen [110]:

- Die Verwendung von Bau- und Straßenmaterialien, die das Stadtklima positiv beeinflussen, ist von entscheidender Bedeutung. Bei Materialien sind unter anderem die Werte der Oberflächeneigenschaften von Albedo und Emissionsgrad relevant. Die Reflexion des Sonnenlichts von Materialien wird als Albedo bezeichnet. Eine geringe Albedo führt demnach zu einer stärkeren absorbierten Wärmemenge, die es zu vermeiden gilt. Im städtischen Kontext können Materialien wie Straßen, Dächer und Fassaden mit geringer Albedo viel Wärme aufnehmen und damit zu sogenannten Wärmeinseln (Urban Heat Islands) beitragen. Der Emissionsgrad ist die Fähigkeit eines Materials zur Wärmeabgabe. Um der Aufheizung entgegenzuwirken bedarf es einer hohen Albedo und eines hohen Emissionsgrads. Diese Strategien fördern ein besseres Wärmemanagement im urbanen Raum und tragen zu einer nachhaltigen Stadtplanung bei, indem sie Hitzestress reduzieren und die Widerstandsfähigkeit der Umwelt gegen Folgen des Klimawandels stärken.
- Die Senkung der Wärmeproduktion aus Verbrennungsprozessen in Verkehr, Industrie und Bau. Zu der Reduktion der Wärmeproduktion im Bauwesen, zählt neben der Verbesserung der thermischen Hülle auch die Maßnahme auf geringere Raumtemperaturen im Winter zu steuern (weniger aktiv heizen) und höhere Raumtemperaturen im Sommer zu akzeptieren (weniger aktiv kühlen). Der Einsatz intelligenter Gebäudesteuerung stellt eine weitere Möglichkeit in diesem Kontext dar. Dabei gilt es jedoch Ober- und Untergrenzen der Raumtemperatur zu vermeiden, die sich zu stark negativ auf den Komfort auswirken (vgl. [111], [112], [113]) oder gar Gesundheitsanforderungen beeinträchtigen.
- Der Ausbau und die räumliche Verteilung von Grünflächen in der Stadt. Dazu zählt auch der

Ausbau grüner Fassaden und Dachflächen, wobei insbesondere bei Fassaden die entsprechenden Erhaltungsaufwände mit der positiven Wirkung auf die Umgebung abzuwägen sind.

- Die effiziente Flächennutzung und Stadtplanung (Gebäude, Grünanlagen, Verkehrswege, Freiflächen) und damit eine geringe Neuversiegelung sind zu forcieren. Dabei sind bei Bauprojekten auch Ausgleichflächen und Renaturierungsmaßnahmen als Kompensation zu berücksichtigen.

Ausgehend vom derzeitigen Stand gilt es eine Energieprognose für sämtliche Sektoren zu erstellen, mit welcher dann festgestellt werden kann, welche Ausbauschritte im Bereich Photovoltaik, Biomasse und Fernwärme notwendig sind um hier die entsprechende Nachfrage klimaneutral decken können. Im Bereich der Fernwärme gilt es zu klären, welche Gebiete erschlossen werden können, damit Bürger:innen und Gewerbetreibende, welche aufgrund topographischer Gegebenheiten keinen Zugang zum Fernwärmenetz erhalten werden, hier frühzeitig planen und auf entsprechende alternative Technologien setzen können. Der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf bestehenden Gebäuden soll durch Anreize und Beratung gesteigert werden.

Neu zu errichtende Wohnsiedlungen sollen danach bewertet werden, wie gut sie in Bezug auf Klimaschutz und Klimaresilienz aufgestellt sind. Dabei soll neben den verwendeten Baumaterialien auch der Anteil an Grünflächen, Dachbegrünung, integrierter Photovoltaik, Wärmerückgewinnung, Flächenversiegelung, Autarkie und Klimaresilienz in die Bewertung mit einfließen. Um hier bei der Planung eine Hilfestellung zu haben, soll ein Leitfaden erstellt werden, in welchem die Anforderungen definiert werden sollen.

Das lokale Verkehrsaufkommen muss als Grundlage erhoben werden, um in Zusammenarbeit mit der Bevölkerung den zukünftige Mobilitätsbedarf festzulegen. Der motorisierte Individualverkehr soll durch den Ausbau von Geh- und Radwegen im Ortsgebiet auf aktive Mobilität verlagert werden. Zusätzlich ist ein Ausbau des ÖPNV inklusive der dafür erforderlichen Flächen in der Entwicklung vorzusehen.

5.7. Das Klimabewusstsein in der Bevölkerung

Der Wandel zu einem klimaneutralen St. Johann in Tirol erfordert einen vielschichtigen Ansatz, welcher neben der Integration erneuerbarer Energien, technologischen Komponenten zur Energieeffizienzsteigerung und rechtlicher Vorgaben vor allem die Verstärkung eines energiebewussten Verhaltens der Bevölkerung erfordert. In den letzten Jahren ist das Bewusstsein für Umweltprobleme weltweit gewachsen und Teil der öffentlichen Meinung geworden, insbesondere die jüngere Generation weist ein tieferes Bewusstsein für Umweltprobleme auf und setzt sich aktiv für die Wiederherstellung der Natur ein. Umweltbewusste Praktiken zeigen sich insbesondere in der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, dem Kauf von Bioprodukten, Recycling, der Abfall- und Plastikreduzierung [114] sowie in Bezug auf energetisch effizientes Verhalten. Denn nur die aktive Beteiligung der Bevölkerung an der Reduzierung des Energieverbrauchs kann den Weg zur Klimaneutralität ermöglichen und bestimmt maßgeblich die Zeit bis zum Erreichen des Ziels.

5.7.1 Ziel

Wohngebäude zählen in den meisten Ländern zu den größten Energieverbraucher und veranschlagen etwa 25% der CO₂-Emissionen der EU [115]. Auch wenn der absolute Energiebedarf zum Heizen in den letzten Jahren gesunken ist, sind stattdessen der elektrische Energiebedarf und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen gestiegen. Jakučionytė-Skodiėnė et al. und Paço et al. haben das Umweltbewusstsein in Verhalten, Wissen und Einstellung unterteilt [116], [117]. Das Bewusstsein und Wissen über den Klimawandel sind von entscheidender Bedeutung, da sie ein Verständnis über die Bedeutung des Klimawandels und seiner Ursachen und Auswirkungen schaffen und die Rolle des individuellen Verhaltens vermitteln [118]. Umweltbewusstsein und Wissen sind notwendig, um umweltfreundlichere Einstellungen und Verhaltensweisen zu entwickeln und beeinflussen dieses signifikant [118], [119]. Klimafreundliches Verhalten beeinflusst den elektrischen Energiebedarf und Wärmeenergieverbrauch signifikant [118]. Verhaltensbedingte Energieeinsparungen können nach Alomari et al. und Lopes et al. etwa 20% des Haushaltsenergieverbrauchs ausmachen [120], [121]. Als Ziele können die Verbesserung der Energieeffizienz bei Alltagsaktivitäten, insbesondere im Haushalt ausgemacht werden. Weiteres Ziel in diesem Zusammenhang sind die Förderung von Alltagspraktiken, bei denen Nachhaltigkeit im Vordergrund steht, bspw. Recycling, Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und Reduzierung von Abfall. Eine wesentliche Maßnahme, um das Energieverhalten zu ändern ist, Wissen zu Vermitteln und das Bewusstsein für die Thematik zu stärken. Diese Sensibilisierung für die Auswirkungen des Energieverbrauchs und Aufklärung über Möglichkeiten nachhaltiger Alltagspraktiken können sich zudem als langfristige Verhaltensänderungen etablieren.

5.7.2 Strategie

Energiebewusstes Handeln hängt von mehreren Faktoren ab. Über die Literatur lassen sich widersprüchliche Aussagen hinsichtlich der Abhängigkeiten der wirtschaftlichen Entwicklung und dem Umweltbewusstsein und dem postmaterialistischen Verhalten finden [122], [123], [124]. Jedoch ist es eindeutiger, dass Menschen Umweltthemen gegenüber unmittelbareren wirtschaftlichen Belangen eine geringere Priorität einräumen, wenn die wirtschaftlichen Bedingungen schlecht sind [125]. Bildung wird im Allgemeinen als wesentlicher Einflussfaktor auf das Energieverhalten ausgemacht, da das Verständnis dieses Problems in gewissem Maße von der Fähigkeit abhängt, technische wissenschaftliche Behauptungen zu verstehen [114]. Deutlich wird dies auch an den Umfrageergebnissen von Lenzhozer et al. [110]. In Ihrer Studie versuchen Sie den Wissensstand über Maßnahmen zur Verbesserung städtischer Klimabedingungen für unterschiedliche Stakeholdern zu erheben, Herausforderungen zur Verbesserung des Energiebewusstseins zu erkennen (und Methoden abzuleiten) und länderbezogene Unterschiede zu identifizieren. Zu den Stakeholder zählen: (1) Bürger:innen, (2) Vertreter:innen aus Politik, (3) Stadtplanung und (4) Klimaexpert:innen. Ihre Ergebnisse führen auf, dass der Einfluss der Zielgruppen weniger von der Nation als von der Profession abhängen. Die Zielgruppen (1) und (2) weisen im Vergleich zu den Zielgruppen (3) und (4) meist einen deutlichen Wissensgap bei Klimathemen auf. Bürger:innen und Vertreter:innen aus der Politik sind sich zudem selten der Rolle von Baumaterialien und Baugestaltung auf das Stadtklima bewusst [110]. Für die breite Öffentlichkeit ist nicht immer einfach zu erkennen, was man auf individueller Ebene zur Eindämmung des Klimawandels beitragen

kann [126].

Da Bildung als wesentlicher Einflussfaktor für ein energiebewusstes Verhalten zählt, gilt es nicht nur verschiedene Kommunikationskanäle zu nutzen, sondern auch klare, zugängliche, nachvollziehbare und motivierende Botschaften zu vermitteln [110]. Fachjargon sollte vermeiden werden und einen direkten Bezug zum täglichen Leben der Bürger:innen berücksichtigt werden, bspw. mit Kostenbeispielen und Darstellung von Amortisierungszeiträumen, Wertsteigerungen der Immobilie und Einfluss auf Komfort und Gesundheit.

Intensive Medienkampagnen gelten als die häufigste Maßnahme, um das Energie- und Umweltbewusstsein der Bevölkerung zu verbessern [110]. Um möglichst viele Bürger:innen zu erreichen, gilt es auch möglichst viele verschiedene Kommunikationskanäle zu nutzen, d.h. von traditionellen Medien wie Zeitungen und Infoabende bis zu digitalen Plattformen wie soziale Medien, Websites und E-Mail-Newsletter, als auch interaktive Workshops. Im Kontext interaktiver Veranstaltungen können bspw. Klimabewusstseinsspaziergänge genannt werden [127], [128] oder Kampagnen wie die Energiekarawane [129]. Solche Maßnahmen können auch die Ermächtigung und Selbsthilfe der Bürger fördern, um die städtischen Klimabedingungen in ihrem unmittelbaren Lebensumfeld zu verbessern [110].

Die Durchführung umfassender Aufklärungskampagnen, kann die Bürger:innen von St. Johann in Tirol über die Bedeutung der Energieeinsparung informieren und praktische Tipps zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Alltag geben. DIY-Anleitung zur Effizienzverbesserung an den eigenen Bestandsimmobilien können signifikante Beiträge in Bezug auf Wärmedämmung und Luftdichtheit der Gebäudehülle liefern. Prädestiniert für DIY ist z.B. die Dämmung der obersten Geschosdecke, weil diese Arbeiten bei entsprechender Sorgfalt leicht in Eigenleistung durchgeführt werden können (siehe z.B. [130]) Informationsvermittelnde Einrichtung können dabei auch Schulen, Gemeindezentren und Online-Plattformen sein. Um solche Bildungskampagnen zu starten und das Umweltbewusstsein zu verbessern, bedarf es ausreichend qualifizierter Lehrer:innen, um solche multidisziplinären Themen anzusprechen. Zudem soll der von der Marktgemeinde St. Johann in Tirol geschaffene Energieberatungsservice stärker beworben werden sowie hinsichtlich der darin verankerten Ressourcen ausgebaut werden. Gleiches gilt für das Energiedashboard, das von der Marktgemeinde St. Johann in Tirol eingerichtet wurde.

Die Kosten scheinen jedoch eine wichtige Rolle bei der endgültigen Entscheidung der Eigentümer:innen zu spielen, ob sie z.B. Wärmedämmung verwenden oder nicht. Es ist daher sehr wichtig, neben den ökologischen Vorteilen auch die wirtschaftlichen Vorteile der Effizienzmaßnahmen hervorzuheben, um ihre Durchdringung zu erhöhen [131].

Während staatliche Förderprogramme aufgrund des zugänglichen Investitionsvolumen zwar den größeren Anreiz darstellen, können auch lokale Behörden Anreizprogramme einführen, welche energieeffizientes Verhalten der Bevölkerung belohnen. Hierzu können neben Subventionen für energieeffiziente Geräte, Steuererleichterungen für die Nutzung erneuerbarer Energien auch Rabatte öffentlicher Verkehrsmittel und Förderung von Energiegemeinschaften gezählt werden. Die Förderung

und Durchführung gemeinschaftsorientierter Projekte wie Bürgersolarkraftwerke, Stadtgärten, Fahrgemeinschaften und lokale Recyclingprogramme können ein kollektives Verantwortungsbewusstsein für die Energie- und Ressourceneinsparung fördern. Die Förderung der Nutzung intelligenter Zähler und Hausautomationssysteme kann nicht nur den Eigentümer:innen helfen Einsparpotentiale zu identifizieren, sondern auch einen Beitrag zum übergeordneten Erfolgscontrolling der Marktgemeinde St. Johann in Tirol zu leisten.

Damit Kommunikation auch bidirektional erfolgen kann, bedarf es auch der Schaffung von Plattformen, die Bürger:innen die Chance bieten, Feedback zu geben und die spezifischen Bedürfnisse verschiedener Bereiche zu erheben. Öffentliche Foren, Umfragen und partizipative Planungssitzungen sollen die Integration der Bevölkerung in übergeordnete Entscheidungsprozess in St. Johann in Tirol sicherstellen. Dafür wäre ein Ausbau der Aktivitäten im Programm e5 energieeffiziente Gemeinde anzudenken, der es erlaubt Bürger:innen direkt in die Projektgestaltung der Gemeinde einzubeziehen.

Weiters von Bedeutung sind Aktivitäten, die eine Vorbildfunktion schaffen. Nicht nur St. Johann in Tirol soll auf makroskopischer Ebene mit dem Ziel Klimaneutralität 2040 ein Leuchtturmprojekt für andere Städte und Kommunen schaffen, sondern auch innerhalb der Gemeinde. Durch die energetische Sanierung der Gemeindegebäude, den PV-Ausbau und dem Energiemonitoring soll ein Beispiel für die Bevölkerung geschaffen werden. St. Johann in Tirol wird daher aktiv ein Vorzeigeprojekt realisieren. Hierzu wurde die Panorama Badewelt ausgewählt, der größte Verbraucher der gemeindeeigenen Liegenschaften (vgl. *Abbildung 6* und *Abbildung 7*). Energetische Verbesserungskonzepte wurden bereits im Projektkonsortium EnerPHit-for-2040 ausgearbeitet und dokumentiert. Darüber hinaus ist es Ziel der Marktgemeinde in St. Johann in Tirol im Sinne der Vorbildfunktion gemeindeeigene Neubauten nach hohen Energieeffizienzstandards wie bspw. dem klimaaktiv- oder Passivhausstandard umzusetzen und Sanierung im EnerPHit-Standard (vgl. [46]). Gleichzeitig sollen unter Einbezug von Lebenszyklusbetrachtungen verstärkt ökologische und wiederverwertbare Baumaterialien in Projekten ausgeschrieben werden und zum Einsatz kommen. Solche Prestigeprojekte für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, die über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgehen, das lokale Handwerk einbinden und neue Baumethoden und Baumaterialien erproben, können einen einfacheren Zugang für die Bevölkerung zu diesem Thema schaffen. Zudem soll die Kommunikation zur Bevölkerung auch konkrete Beispiele aus der Bevölkerung umfassen (im Sinne einer Präsentation von Erfolgsgeschichten), wo Immobilieneigentümer:innen ihre Erfahrungen von Wohnbausanierungen und Energieeffizienzmaßnahmen teilen. Dies kann bspw. in Form von Workshops, Bürgerversammlungen und Gemeinschaftsveranstaltungen stattfinden, um den Bürger:innen einen direkten Bezug zu schaffen und potentielle Bedenken aufzulösen und Ideen auszutauschen. Auch die Tage der offenen Tür im Passivhaus bieten jährlich die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch aus erster Hand. Die Bereitstellung von Leitfäden, Checklisten und Online-Tools können den Einzelnen dabei helfen, ihren Energieverbrauch zu bewerten und zu verbessern. Hierzu hat die Universität Innsbruck im outPHit-Projektkonsortium bereits einige Unterlagen erstellt, die St. Johann in Tirol zur Verfügung und Verbreitung bereitgestellt werden.

Der Übergang zu einer klimaneutralen Stadt ist ein ehrgeiziges, aber erreichbares Ziel, das die aktive Beteiligung aller Bürger:innen erfordert. Denn nur durch die Reduktion des CO₂-Fußabdruckes und das

Commitment von allen Bürger:innen kann das ambitionierte und doch notwendige Ziel Klimaneutralität 2040 erreicht werden. Durch eine Kombination aus Bildung, Förderanreizen, der Nutzung einer Vielzahl von Kommunikationskanälen (insbesondere bidirektionaler Kommunikationskanäle) und Gemeinschaftsinitiativen kann St. Johann in Tirol die Bevölkerung einbeziehen.

5.8. Verwaltungsstrukturen und Kapazitäten

Eine effektiv arbeitende Gemeindeverwaltung und ein politischer Rahmen sind für die Erreichung der Zielsetzung Klimaneutralität 2040 unerlässlich. Darüber hinaus ist besonders zielführend, wenn Gemeindeverwaltungen in Hinblick auf ihre eigenen diesbezüglichen Anstrengungen eng mit nationalen und internationalen Gremien zusammenarbeiten [26], [27]. So können auch effiziente lokale Richtlinien mit umfassenderen internationalen Klimazielen in Einklang gebracht werden.

Auch öffentlich-private Partnerschaften können eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung von notwendigen Klimamaßnahmen und bei der Förderung von grünen Innovationen bieten. Damit verwobene Kontrollmechanismen der Gemeindeverwaltung können dazu beitragen, dass Fortschritte in Richtung Klimaneutralität 2040 regelmäßig überwacht und bei Abweichung gegengesteuert werden kann.

5.8.1 Ziel

Verwaltungsstrukturen bilden das Rückgrat der Stadtverwaltung und leiten die Politikgestaltung, die Ressourcenzuweisung und die Umsetzung von Initiativen. Es zeigt sich jedoch, dass bestehende Verwaltungsstrukturen oftmals nicht das Maß an Flexibilität und Handlungsfähigkeit besitzen, die für eine zukunftsorientierte Ausrichtung im Sinne von Klimaschutzmaßnahmen notwendig sind. So arbeiten viele Verwaltungsebenen und Einrichtungen meist isoliert und unabhängig voneinander was zu fragmentierten Bemühungen führt, die die vernetzte Natur der Klimaherausforderungen nicht berücksichtigen. Als Zielsetzung im Kontext des Klimafahrplans 2040 bedarf es daher einen ganzheitlichen Verwaltungsansatz für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, welcher sowohl ökologische, soziale als auch wirtschaftliche Aspekte integriert und gleichzeitig eine höhere Anpassungsfähigkeit gestattet, um den zunehmend dynamischeren Anforderungen besser gerecht zu werden.

5.8.2 Strategie

Folgende Möglichkeiten an Maßnahmen können initiiert werden, um die Verwaltungsstrukturen an die Anforderungen des Klimaneutralitätsziel anzupassen:

- Ausbau des gemeindeeigenen Energieberatungsservices für die Bürger:innen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol (vgl. 5.7.2).
- Errichtung eines Klimabüros zwecks Koordination aller Klimaschutzmaßnahmen, der abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit und Sicherstellung des Risiko-Managements. Zu den

weiteren Aufgaben zählen die Konkretisierung von Maßnahmen und zeitlichen Emissionsreduktionszielen und die Übernahme des Begleitprozesses bei der Umsetzung von Maßnahmen sowie der Überwachung des Fortschritts (vgl. **Erfolgskontrolle via Monitoring**).

- Aufnahme der Klimaschutzziele in die Stadt- und Energieraumplanung (vgl. 5.6.2)
- Adaption von Denkmalschutzzonen, Bauvorschriften und Flächennutzungsplänen, um den Ausbau erneuerbarer Energien und grüner Infrastruktur zu fördern
- Umsetzung interdisziplinärer Arbeitsgruppen, um Klimaschutzanforderungen gerecht zu werden. Hierzu zählt die verstärkte Abstimmung der Gemeinderessorts Verkehr, Bauwesen, Energieversorgung, Öffentlichkeitsarbeit und Abfallwirtschaft.
- Einrichtung von Plattformen, die Fragestellungen und Anliegen der Bürger:innen St. Johanns in Tirol abdecken können, bspw. umgesetzt über eine Online-Plattform.
- Ausbau der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit dahingehend um die Ziele aus 5.7.2 umzusetzen. Denn Aufklärungskampagnen und interaktive Workshops können das thematische Wissen und das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung verbessern und in weiterer Konsequenz umweltbewusstes Handeln fördern.
- Implementierung fortschrittlicher Überwachungssysteme wie Smart Grids und Umweltsensoren, um eine Erfolgskontrolle der Maßnahmen sicherzustellen. Ein transparenter Datenaustausch mit den Bürger:innen kann zudem die Rechenschaftspflicht und das Vertrauen in die Verantwortlichen stärken.
- Einrichtung eines designierten Budgets für Klimaschutzmaßnahmen.
- Umsetzung von Fortbildungsprogrammen der Gemeindemitarbeiter:innen, um den Anforderungen gerecht zu werden, die mit der Umsetzung des Ziels Klimaneutralität 2040 einhergehen.

Mit der Umsetzung der papierlosen Verwaltung hat die Marktgemeinde St. Johann in Tirol bereits ein erstes Zeichen gesetzt [132], um einen Beitrag für den Klimaschutz zu leisten und gleichzeitig Anforderungen an eine höhere Flexibilität zu sichern. Umgesetzt wurde diese Maßnahme mit Unterstützung der Kufgem GmbH. Diese Maßnahme bietet neben dem ökologischen Vorteil auch einen positiven finanziellen Effekt, da kaum bis keine Büromaterialien mehr angeschafft und weniger Kopierer u.ä. Geräte betrieben werden müssen. Weitere Vorteile werden in höherer Prozesseffizienz ausgemacht werden, bspw. durch schnellere Abwicklung von Bürgeranliegen durch Online-Formulare.

Die Umgestaltung der Verwaltungsstrukturen ist notwendig, um den Übergang zu einer klimaneutralen Stadt zu sichern. Ein zentrales Klimabüro, integrierte Stadtplanung, Abteilungsübergreifende Zusammenarbeit, Kapazitätsaufbau, Digitalisierung der Gemeindestrukturen und Kapazitätsaufbau sind entscheidende Maßnahmen, um diesen Wandel zu ermöglichen.

6 Risiko-Management

Um das Ziel Klimaneutralität 2040 zu erreichen, ist es von großer Bedeutung auch ein entsprechendes Risiko-Management zu berücksichtigen, insbesondere in Bereichen, die mit Unsicherheiten belegt sind. Dies sind insbesondere der Gebäudesektor und die Mobilität, die durch das aktive Handeln privater Personen bestimmt werden und nur indirekt durch die Marktgemeinde St. Johann in Tirol beeinflusst werden können.

Risiko-Management umfasst die Identifizierung von Risiken, die Überwachung der kritischen Bereiche sowie die Initiierung von Gegenmaßnahmen bei Abweichungen von der Zielsetzung. Als ein wesentliches Risiko wird das Verfehlen angestrebter Sanierungsraten ausgemacht. Die Überwachung des Ziels seitens der Marktgemeinde St. Johann in Tirol kann bspw. durch Energiemonitoring und Bewertungen der Förderregister sowie wiederholten Berechnungen mit districtPH erfolgen (vgl. **Erfolgskontrolle via Monitoring**).

Erweist sich im Zuge der Erfolgskontrolle das Ziel, bspw. Energieeffizienzsteigerung im Gebäudesektor als gefährdet, erfolgt der Einsatz von Fallback-Strategien. Beispielhaft dargestellt in Abbildung 18 für das Ziel Gebäudesanierung nach EnerPHit-Standard mit Heizsystemwechsel im Sanierungsfall auf erneuerbare Energien. Diese Notfallpläne repräsentieren eine effektive Strategie im Rahmen des Risikomanagements und sollen sicherstellen, dass die ursprüngliche Zielsetzung Klimaneutralität 2040 auch dann erreicht wird, wenn die primären Strategien fehlschlagen.

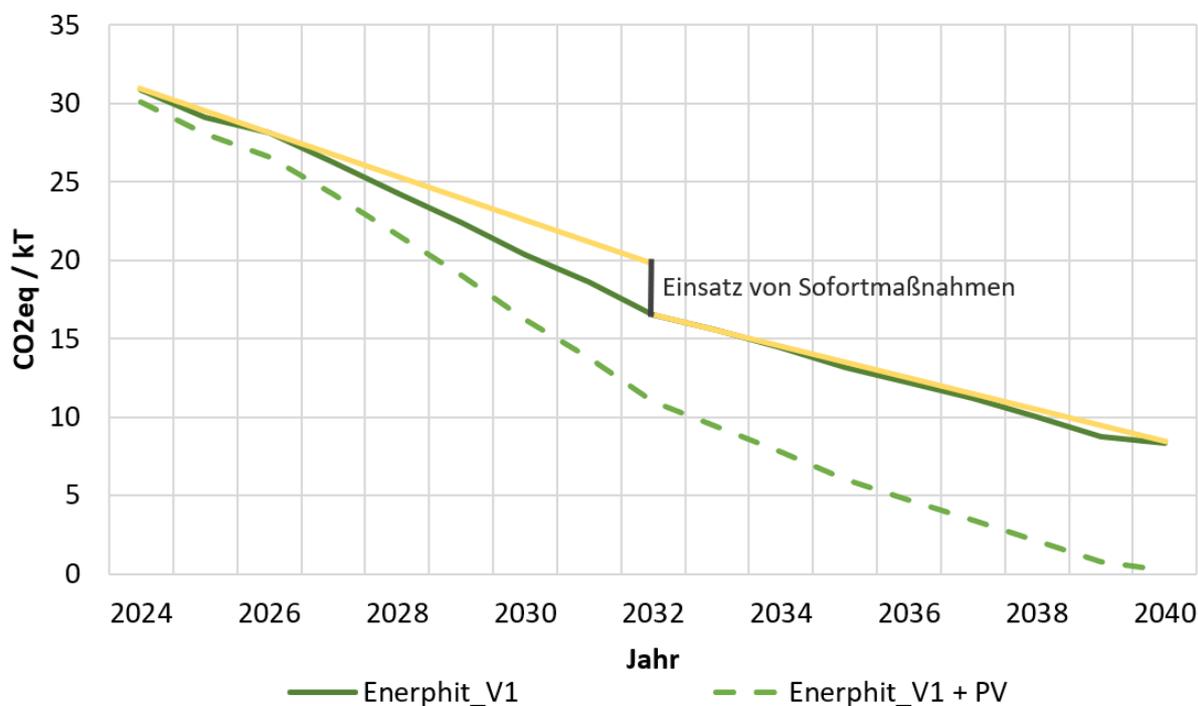


Abbildung 18: Prinzipielle Darstellung des Einsatzes von Sofortmaßnahmen im Sinne des Risiko-Managements am Beispiel des Ziels Sanierung im EnerPHit-Standard mit Wechsel des Heizsystems auf erneuerbare Energien.

Fallback-Strategien sollen daher im Zuge dieses Klimafahrplans definiert und hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit und Auswirkung analysiert und bewertet werden. Dadurch soll ein Sicherheitskonzept für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol erstellt werden, welches Kontinuität und Belastbarkeit der Klimaneutralitätsstrategie gewährleistet. Fallback-Strategien skizzieren nicht nur alternative Maßnahmen, sondern umfassen auch Ressourcen, die schnell mobilisiert werden müssen, um den negativen Auswirkungen entgegenzuwirken. Daher sind die Notfallpläne nicht nur realistisch zu formulieren, sondern bedürfen auch einer zeitlichen Flexibilität. Diese Anpassungsfähigkeit ist in dynamischen Umgebungen, in denen sich die Bedingungen schnell ändern können, von entscheidender Bedeutung, bspw. stark variierende Bepreisung im Gebäudesektor, wechselnde Förderungen sowie ereignisbezogene und zeitlich schwankende Abnahmetarife für elektrische Energie und Wärme. Um Fallback-Strategien hinsichtlich der Kapazitäten und Ressourcen der Marktgemeinde St. Johann in Tirol anzupassen, bedarf es eines entsprechenden Detaillierungsgrades, samt notwendiger Arbeitsschritte und Verantwortlichkeiten.

Für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol konnte die Photovoltaik als Schlüsselkomponente ausgemacht werden, bedingt durch die geringen Investitionskosten, den guten Potentialen in der Gemeinde (vgl. Abbildung 2) sowie der Übereinstimmung mit bundesweiten Zielsetzungen des PV-Ausbaus (vgl. [93]). Für die Notfallpläne werden insbesondere Freiflächenanlagen und Agri-PV vorgesehen. Nachfolgend sind hierzu einige Sofortmaßnahmen hinsichtlich der Potentiale ausgearbeitet, bezogen aus [30]:

- Agri-PV, wie PV-Freiflächenanlagen, stellen eine Sekundärlösung für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol dar, um Konflikte mit anderen Nutzungsinteressen zu vermeiden. Landschaftsschutz und Ortsschutzbild erschweren die Errichtung solcher Anlagen, trotz ihrer Vorteile [98], [99]. Um die doppelte Flächennutzung zu sichern, wurde für 10 ha Berechnungen einer Agri-PV-Anlage umgesetzt mit vertikalen bifazialen Modulen. Die Ergebnisse führen für die Solarpotentiale in St. Johann in Tirol mit einer installierbaren Leistung von 3710 kWp zu einer Energieerzeugung von 4550 MWh/a.
- In St. Johann in Tirol gibt es mehrere große Parkplätze. Diese sind jedoch meist in privatem Eigentum, was eine direkte Umsetzung von PV-Überdachungen erschwert. Darüber hinaus erschweren hohe Kosten, insbesondere durch Sicherstellung statischer Anforderungen, eine breite Marktdurchdringung von PV-Überdachungen in dieser Klimaregion. Unter Einbezug des Rückgangs des Individualverkehrs durch Ausbau öffentlicher Verkehrsverbindungen und des Radwegenetzes können Parkplatzflächen teilweise für PV-Anlagen genutzt werden. Unter Annahme einer Flächennutzbarkeit von 25% der Grundfläche resultiert eine installierbare Leistungsdichte von 50 W/m². Daraus ergeben sich für die nachfolgend gelisteten Parkplätze und Dachflächen folgende Potentiale (Tabelle 4):

Tabelle 4: Beispielprojekte für PV-Freiflächen und Dachaufbauten als Sofortmaßnahme (Bildquelle: Google Maps).

Foto des Parkplatzes	Keyfacts zur möglichen PV-Projekten
	<p>Parkplatz Panorama Badewelt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2680 m² ▪ 134 kWp (bei einem Bebauungsgrad von 25% und 0,05 kWp/m²) ▪ 129 MWh/a
	<p>Parkplatz Liftstation Speckbacherstraße</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 4060 m² ▪ 203 kWp (bei einem Bebauungsgrad von 25% und 0,05 kWp/m²) ▪ 196 MWh/a
	<p>Parkplatz Liftstation Hornweg</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 6250 m² ▪ 312 kWp (bei einem Bebauungsgrad von 25% und 0,05 kWp/m²) ▪ 301 MWh/a
	<p>Parkplatz Liftstation Winkl-Schattenseite</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 16.450 m² ▪ 822 kWp (bei einem Bebauungsgrad von 25% und 0,05 kWp/m²) ▪ 792 MWh/a

	<p>Parkplatz Eggerwerke</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 21.400 m² ▪ 1.070 kWp (bei einem Bebauungsgrad von 25% und 0,05 kWp/m²) ▪ 1.030 MWh/a
	<p>Innenbereich der Trabrennbahn</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20.000 m² ▪ 4000 kWp (bei 20°-30° Südausrichtung, 40% Bebauungsgrad und 0,2 kWp/m²) ▪ 1.650 MWh/a
	<p>Dachflächen des Heereslogistikzentrum</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 4.371 m² ▪ 874 kWp (bei 60% Bebauungsgrad und 0,2 kWp/m²) ▪ 477 MWh/a
	<p>Kaserne St. Johann in Tirol</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1.222 m² ▪ 244 kWp (bei 60% Bebauungsgrad und 0,2 kWp/m²) ▪ 153 MWh/a

Die Summe der in Tabelle 4 aufgeführten Maßnahmen umfasst 7.659 kWp installierbare Leistung, welche in 4.728 MWh/a Energieerzeugung resultieren.

- Um eine Alternative zu Parkplatzüberdachungen zu schaffen, wird das Konzept einer teilmobilen PV-Anlage aufgenommen (Beispiel in [133]). Das Konzept umfasst eine 720 m² PV-Anlage, welche in einem Container untergebracht ist und mechanisch ausfaltbar ist. In der Nebensaison und in den Sommermonaten besteht meist nur eine geringe Auslastung der Parkplätze der Liftstationen in St. Johann in Tirol (bspw. auf dem Parkplatz der Liftstation Winkl-Schattenseite,

siehe Tabelle 5). Diese Flächen könnten so temporär für die elektrische Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen genutzt werden. Im Winter könnten diese dann auf brachliegenden landwirtschaftlichen Flächen eingesetzt werden. Auf diese Weise würde jeweils eine höhere Flächeneffizienz geschaffen und gleichsam die regenerative Energie genutzt werden. Auf dem Beispielparkplatz in Tabelle 5 könnten drei teilmobile PV-Anlagen errichtet werden, ohne den Parkbetrieb außerhalb der Skisaison zu beeinträchtigen (entspricht 420 kWp).

Tabelle 5: Beispielprojekte für den Einsatz der „Solarcontainer“ (Bildquelle: Google Maps).

Foto des Parkplatzes	Keyfacts zur möglichen PV-Überdachung der Parkfläche
	<p>Parkplatz Liftstation Winkl-Schattenseite</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verfügbare Fläche: 16.450 m² ▪ 1x Solarcontainer: 720 m² [133] ▪ 140 kWp ▪ 404 MWh/a

Eine Umsetzung der aufgeführten Sofortmaßnahmen könnte auch insbesondere in Kooperation mit der lokalen Industrie erfolgen, die als direkter Abnehmer der erzeugten Energie in Frage käme. Alternativ könnten die Flächen auch im Kontext von Energiegemeinschaften gepachtet werden. Eine Klärung der Umsetzungsmöglichkeiten mit den einzelnen Parteien ist im Vorfeld zu prüfen.

Bezüglich der zeitlichen Verfügbarkeit von Sofortmaßnahmen im PV-Bereich ist allerdings zu bedenken, dass die Erträge nicht 1:1 verfehlte Effizienzmaßnahmen z.B. im Bereich der Gebäudesanierung kompensieren können, weil die Solarerträge hauptsächlich in den Sommermonaten, die Heizlast dagegen im Winter anfällt. Berücksichtigt man Umwandlungs- und Speicherverluste, so liegt dazwischen ein Faktor von bis zu zwei.

7 Umsetzungsplan

Die nachfolgende Tabelle 6 fasst die abgeleiteten Maßnahmen pro Handlungsfeld zusammen und priorisiert diese hinsichtlich des Einflusses auf das Ziel Klimaneutralität. Da die Maßnahmen über die gesamte Zeitperiode bis 2040 Gültigkeit haben und anzuwenden sind, erfolgt Tabelle 6 ohne zeitliche Aufteilung der Maßnahmen. Die erwarteten CO₂-Einsparungen entsprechen in Summe etwa den in Tabelle 1 ausgewiesenen bestehenden CO₂-Emissionen. Eine Detailanalyse pro umgesetzter Maßnahme ist unabdingbar, um den Erfolg der Maßnahme zu prüfen und bei Abweichung der Zielsetzungen rechtzeitig Fallback-Strategien zu initiieren (vgl. Kapitel 6). Da viele Maßnahmen mehreren Handlungsfeldern zugewiesen werden können, bspw. Fernwärmeausbau: Gebäude (Verbraucher), Energieversorgung (Netz) und Industrie (als Quelle), werden Maßnahmen nur einmalig genannt und dem Hauptaktionsfeld zugewiesen. Der Punkt Verwaltungsstrukturen (5.8) bildet eine Grundlage aller Handlungsfelder.

Tabelle 6: Aufschlüsselung und Priorisierung der Maßnahmen nach Handlungsfeld, wobei A die höchste Priorität bezeichnet und C die Niedrigste.

Handlungsfeld	Maßnahme	Priorität
Gebäudesektor	Sanierung nach hohen Energieeffizienzstandards (nach Möglichkeit EnerPHit oder klimaaktiv)	A
	Austausch des Heizungssystems auf erneuerbare Energieträger	A
	Neubau nach hohen Energieeffizienzstandards (nach Möglichkeit Passivhaus-Neubaustandard oder klimaaktiv, samt Heizsystemen mit erneuerbaren Energieträgern)	A
	Steigerung der Sanierungsrate durch Beratung und Information	A
	Nutzung ökologisch wiederverwertbarer Baumaterialien	B
	Integration von Monitoringsystemen zur Erfolgskontrolle und nachträglichen Systemverbesserungen	B
Mobilität	Erweiterung des intelligenten Verkehrs- und Parkleitsystem mit virtuellem Verkehrsplanungstool	A
	Ausbau der Elektromobilität samt Infrastruktur (Vorbild für öffentliche Verkehrsmittel, Bewerbung für den Privatbereich)	A
	Kostengünstigere/Kostenlose Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel	A
	Ausbau des Radnetzes	B
	Ausbau Mobilitätsdashboard	B
	Angebote für Car- und Bike-Sharing	B
Energieversorgung	Ausbau des Fernwärmenetzes	A
	Erweiterung der Einspeisequellen (bspw. durch zusätzliches Biomassekraftwerk, gewerbliche Prozessabwärme oder Netzwerks aus Erdsonden)	A

	Ausbau der PV und Solarthermie (Dach und Fassade)	A
	Boni für Nachverdichtungen	A
	Gründung von Bürgersolarkraftwerken	C
	Bewilligungsprozesse im Sinne Klimaschutz vor Denkmalschutz	B
	Bewerbung der Agri-PV bzw. Parkplatzaufstellung	B
	Evaluierung zweite Wasserkraftanlage/ Effizienzsteigerung bestehender Anlage	B
Abfallwirtschaft	Stärkere Förderung der Mülltrennung	A
	Verbesserung der Recyclingraten	A
	Ausbau Reuse Aktivitäten (Repair Cafe, Tauschbörsen)	B
	Informationskampagne zu Reparaturboni	C
Industrie, GHD und Landwirtschaft	Energieeffizienzsteigerung im Gebäude und im industriellen Prozess	A
	Integration von Energiemanagementsystemen	A
	Umsetzung eines Produktlebenszyklusmanagements	A
	Elektrifizierung von Dienstwagen	B
	Kollaboration bzgl. Energieerzeugung und -verbrauch mit Bevölkerung über die Marktgemeinde St. Johann in Tirol als Vermittler (bspw. Bürgersolarkraftwerke mit Abnehmer in der Industrie)	C
Energieraumplanung und Stadtentwicklung	Effizientere Flächennutzung	A
	Reduktion von Wärme- und Kälteverbrauch in öffentlichen Gebäuden (Vorbildfunktion)	A
	Ausbau von Grünflächen in der Stadt sowie an Fassaden und Dachflächen	A
	Optimierung von Verkehrswegen	B
Alltagspraktiken der Bevölkerung	Ausbau und Bewerbung Energieberatungsstelle St. Johann in Tirol	A
	Intensivierung der Medienkampagnen (mehrere Kanäle und Rückmeldemöglichkeit)	A
	Leuchtturmprojekte innerhalb der Marktgemeinde St. Johann in Tirol (bspw. Panorama Badewelt – siehe Bericht D3-2 vom Projekt EnerPHit-for-2040)	A
	Verbreitung von Leitfäden und Checklisten (bspw. outPHit-Outcomes für Sanierung)	B
	Öffentliche Workshops und Fortbildungsmöglichkeiten	B

7.1. Ziel-Szenario nach Handlungsfeld

Ausgehend von den identifizierten Maßnahmen (vgl. Tabelle 6), konnte für die Kernhandlungsfelder entsprechend den Emissionen laut Energiemosaik ein Ziel-Szenario bis 2040 erstellt werden [36]. So ergibt sich für die Mobilität durch hocheffiziente Umsetzung der Maßnahmen ein Restwert für 2040 von etwa 0 kt CO_{2äq}. Dabei wird davon ausgegangen, dass durch nationale und internationale politische Bestrebungen der Individualverkehr zu 100% elektrifiziert wird [134]. Notwendige ergänzende Maßnahmen sind insbesondere der Ausbau des öffentlichen Verkehrs und des Radwegenetzes. Diese sollen dazu beitragen bis 2040 den PKW-bezogenen Verkehr um etwa ein Drittel zu reduzieren (vgl. [134]). Hier ist analog zur Elektrifizierung des Individualverkehrs eine starke Abhängigkeit von nationalen Fördermaßnahmen und Zuschüssen zu identifizieren. Bereits aktuell erfolgt ein starker Ausbau der E-Mobilität im öffentlichen Verkehr und in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD). Diese beiden Maßnahmen bewirken rund ein Drittel der CO₂-Einsparungen im Mobilitätsbereich.

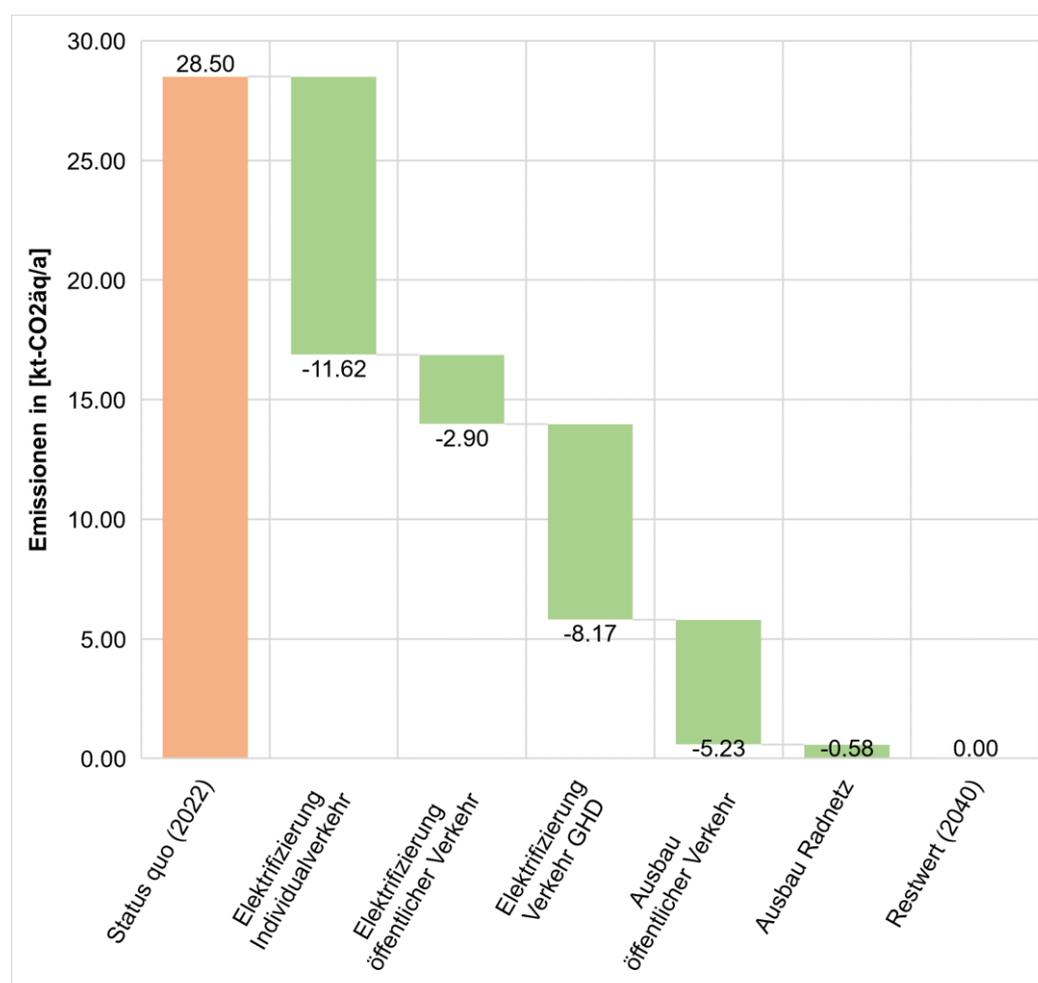


Abbildung 19: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Mobilität. Datengrundlage Status quo: [36], Datengrundlage zur Verbraucher bezogenen Aufteilung und Zielsetzung: [134].

Die Abfallwirtschaft hat umgerechnet auf die gesamte Einwohneranzahl von St. Johann in Tirol einen Emissionsbeitrag von 2,60kt CO_{2äq} [135]. Eine Effektaufschlüsselung nach unterschiedlichen Maßnahmen kann an dieser Stelle nur schwer erfolgen, bedingt durch deren starke Abhängigkeiten zueinander. Daher wird hier lediglich die Prozesskette einer nachhaltigen Abfallwirtschaft ausgewiesen, bestehend aus nachhaltigem Handeln, Reduzierung des Materialeinsatzes, Steigerung der Recyclingquoten, Ausbau der Abfallsammlung und -trennung sowie der Einsatz eines nachhaltigeren Produktdesigns. Bedingt durch die Prozesse der thermischen Verwertung ist von einem Restbeitrag von etwa 5% auszugehen [104], [105], den es entsprechend zu kompensieren gilt.

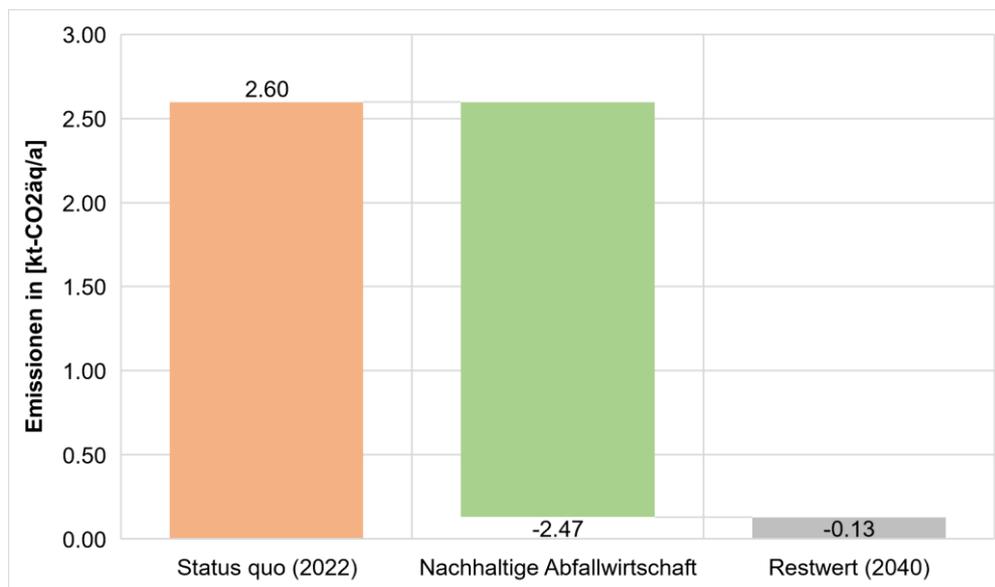


Abbildung 20: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Abfallwirtschaft. Datengrundlage Status quo: [36].

Gemäß [36] entfällt ein großer Anteil der Emissionen auf die Bereiche Landwirtschaft, Industrie und GHD (zusammen etwa 42,46 kt CO_{2äq}). Daher besteht in diesem Bereich großer Handlungsbedarf. Ein großer Anteil in den Bereichen GHD und Industrie entfällt auf elektrische Motoren und andere elektrische Verbraucher [136]. Dieser Bereich unterliegt mitunter der Energieeffizienzrichtlinie, dass über politische Zielsetzungen bis 2040 von Einsparungen von rund 11% auszugehen ist [137]. Ein Großteil der CO₂-Emissionen in der Marktgemeinde St. Johann in Tirol entfällt in diesem Handlungsfeld auf die Holzverarbeitung [36]. Zu den Maßnahmen diesen Anteil zu reduzieren zählen insbesondere (vgl. [136]):

- Einsatz von Wärmepumpen
- Elektrifizierung von Motoren
- Wasserstoffeinsatz in der Prozesswärme als CO₂-neutrales Gas (Einsatz von grünem Wasserstoff)

Sowohl industrielle Fertigungen als auch die Branchen der GHD sind i.d.R. gebunden an Gebäude. Deren energetische Sanierung, bspw. Einsatz energieeffizienter gebäudetechnischer Systeme wie LED und intelligenter Gebäudesteuerung sowie Sanierung der thermischen Gebäudehülle können dementsprechend große Energieeinsparungen und damit eine Reduzierung von Treibhausgasemissionen erzielen [138]. Industrielle Abwärme kann zudem weitergenutzt werden. Durch Einspeisung ins Fernwärmenetz basierend auf der nutzbaren Abwärme ergeben sich rund 4,4 kt CO_{2äq} an Einsparungen.

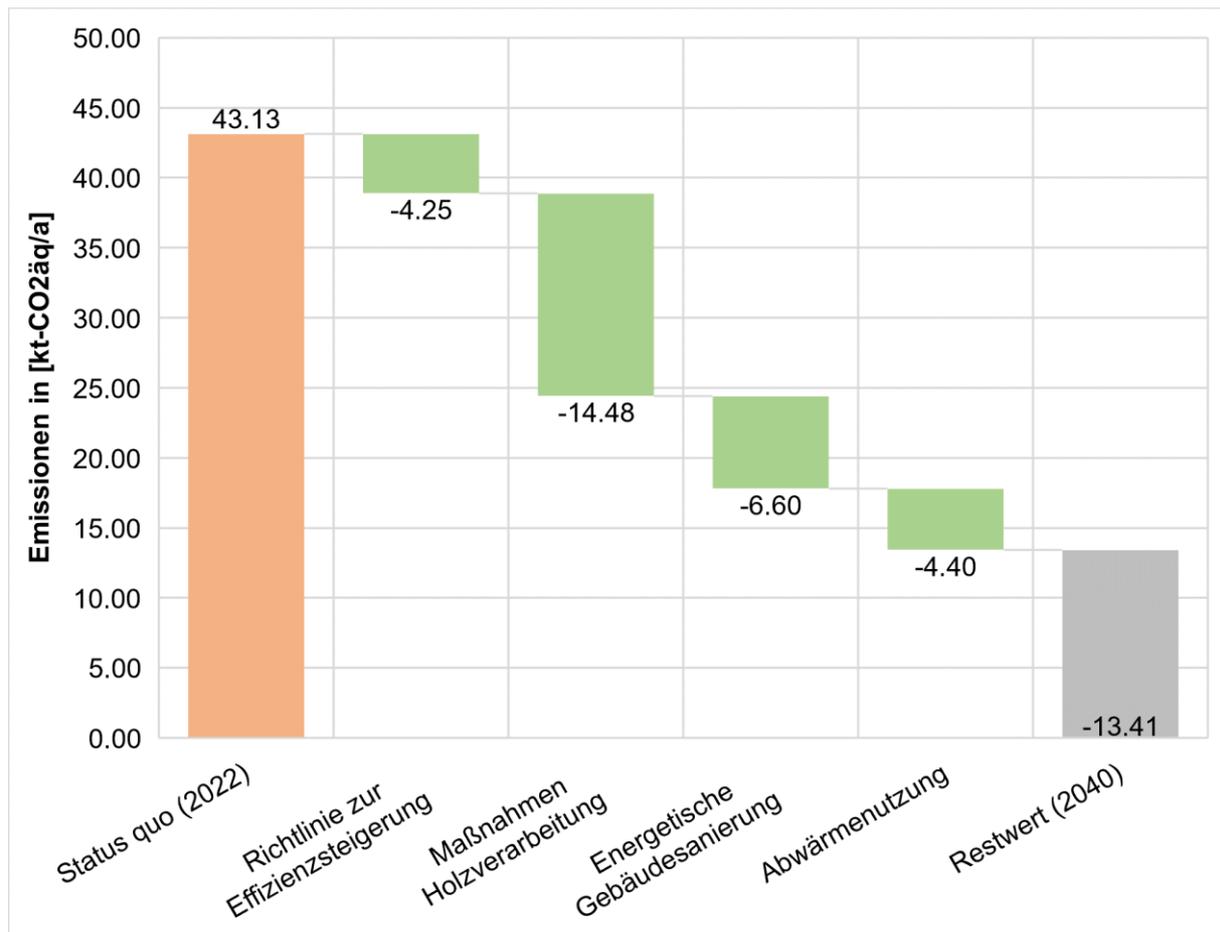


Abbildung 21: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Landwirtschaft, Industrie und GHD. Datengrundlage Status quo: [36], Datengrundlage Berechnungen zur Größenumwandlung und Zielsetzung: [136], [139], [140].

7.2. Übergeordnetes Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol

Die zuvor genannten Handlungsfelder bestimmen maßgeblich jedoch nicht ausschließlich die Energieversorgung in der Marktgemeinde St. Johann in Tirol. Die identifizierten Einsparmaßnahmen pro Handlungsfeld werden im Hinblick auf das Ziel-Szenario für die gesamte Marktgemeinde St. Johann in Tirol der übersichtlicher zusammengefasst, um Maßnahmen aus dem Gebäudesektor erweitert (bspw. Sanierung der thermischen Hülle, vgl. Kapitel 5.1.2) und vom Status quo abgezogen. Der Restwert kann

bspw. entsprechend der vorgestellten PV-Strategien (Freiflächenanlagen oder Dachinstallationen) kompensiert werden (vgl. Kapitel 5.3 und Kapitel 6).

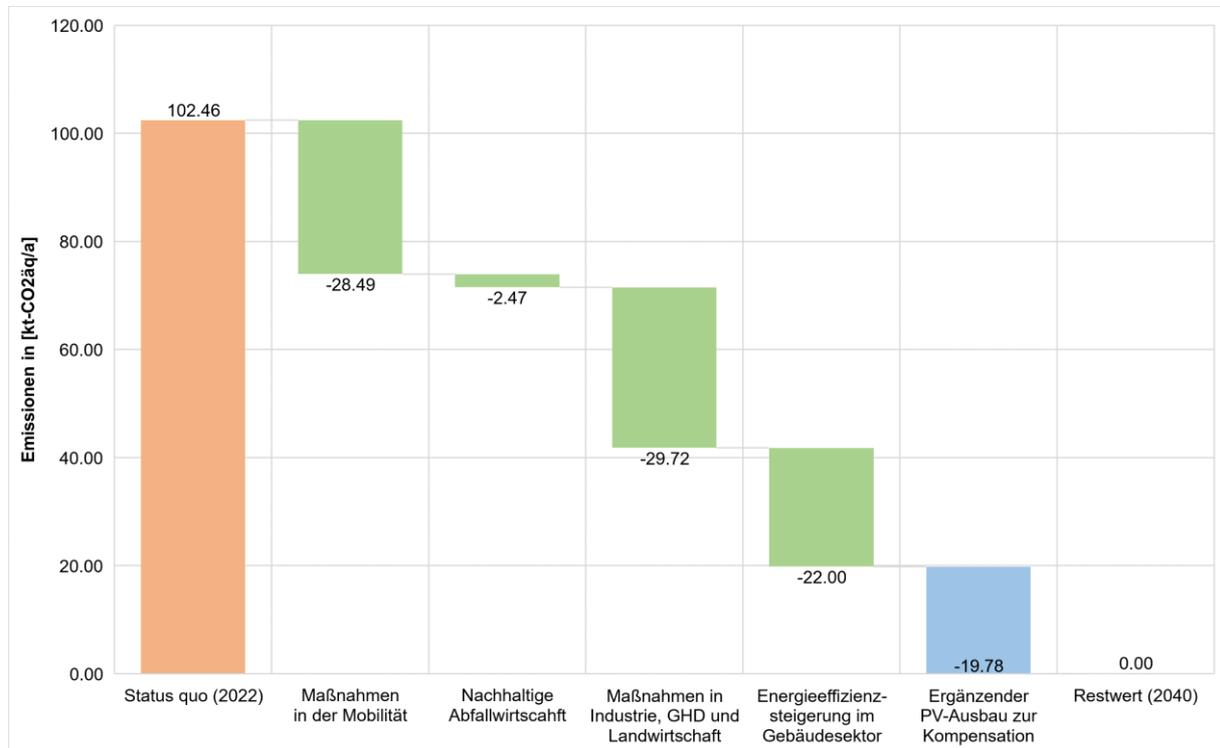


Abbildung 22: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, erweitert um die Kompensationsmaßnahme PV-Ausbau. Datengrundlage Status quo: [36], erweitert um Realdaten zum Gebäudebestand.

8 Schlusswort

Klimaneutralität im städtischen Kontext ist ein notwendiger Ansatz, um die Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren. Die Umsetzung erfordert die Beteiligung und intensive Zusammenarbeit von Politiker:innen, Stadtplaner:innen, der Bevölkerung und lokal ansässiger Unternehmen. Wirksame Kommunikations- und Koordinationsmechanismen werden dringend zu implementieren sein [141]. Obwohl die Herausforderungen groß sind, machen die Vorteile geringer Luftverschmutzung, einer lebenswerteren Umwelt, wirtschaftliche Einsparungen sowie Resilienz auf Klimaauswirkungen und Unabhängigkeit von überregionaler Energieversorgung das Ziel Klimaneutralität bis 2040 erstrebenswert. Der Fahrplan erweist sich als essenziell für die Realisierung und umfasst Maßnahmen für deren Umsetzung und Überprüfung in allen relevanten Bereichen. Durch Klimaneutralitätsfahrpläne können Kommunen, wie die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, eine Vorreiterrolle im Kampf gegen den Klimawandel einnehmen.

9 Danksagung

Die Studientätigkeiten im FuE-Dienstleistungsprojekt „EnerPHit-for-2040“ [22] wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des Programms „Leuchttürme für resiliente Städte 2040“ unter der FFG-Fördervertragsnummer 899852 durchgeführt. „Leuchttürme für resiliente Städte 2040“ ist ein Programm des Klima- und Energiefonds und wird von der FFG abgewickelt.



10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieverbrauchsdaten für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, aufgeteilt nach Sektoren (basierend auf dem Energiemosaik [36]).....	15
Tabelle 2: Gebäudebestand von St. Johann in Tirol klassifiziert nach den TABULA-Gebäudeklassen, kumulierte Darstellung (Stand: Mai 2024).	19
Tabelle 3: Aufschlüsselung der Verkehrsdaten für St. Johann in Tirol nach Alltagsmobilität, private Sonderfahrten und Gütermobilität. Die Daten umfassen alle energie- und klimarelevanten Verkehrsleistungen, die von den vier Nutzungen Wohnen, Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie Dienstleistungen verursacht wurden (basierend auf dem Energiemosaik [36]).	31
Tabelle 4: Beispielprojekte für PV-Freiflächen und Dachaufbauten als Sofortmaßnahme (Bildquelle: Google Maps).	62
Tabelle 5: Beispielprojekte für den Einsatz der „Solarcontainer“ (Bildquelle: Google Maps). 64	
Tabelle 6: Aufschlüsselung und Priorisierung der Maßnahmen nach Handlungsfeld, wobei A die höchste Priorität genießt und C die Niedrigste.	65

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gegenwärtiger Fernwärmeversorgungsbereich der Marktgemeinde St. Johann in Tirol (orange-Fläche). Bildquelle: [24].	8
Abbildung 2: PV-Potential für St. Johann in Tirol und Umland nach TirolSolar. Bildquelle: [25].	9
Abbildung 3: Sankey-Diagramm des Energieverbrauchs für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, Stand März 2022. Bildquelle: [36].	15
Abbildung 4: Verlauf der CO ₂ -Emissionen für vier verschiedene Varianten der energetischen Gebäudesanierung für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol (V1: Heizsystemwechsel bei Sanierung auf erneuerbare Energien).	20
Abbildung 5: Beispiel von Fassadenelementen mit aktiven und passiven Anlagenkomponenten. Bildquelle: [73]. Bildrechte: (CC-BY).	25
Abbildung 6: elektrischer Energiebedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.	28
Abbildung 7: Wärmebedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring von St. Johann in Tirol.	28
Abbildung 8: Erzeugung elektrischer Energie mittels PV über installierte Anlagen auf den gemeindeeigenen Liegenschaften, visualisiert über das Energie-Monitoring der Marktgemeinde St. Johann in Tirol.	29
Abbildung 9: Panorama Badewelt in der Marktgemeinde St. Johann in Tirol, eines jener Gebäude mit dem größten Bezug der Fernwärme. Bildquelle: Google Maps.	29
Abbildung 10: Parkleitsystem zur Optimierung des Verkehrsflusses und damit zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Transportwesen.	33
Abbildung 11: Lastprofil für die elektrische Energieversorgung. Bildquelle: Karsten Adam [83].	34

Abbildung 12: Konzeptionelle Darstellung von zentralem Netzwerk zu dezentralem Netzwerk. Bildquelle: ABB [88].....	36
Abbildung 13: Vergleich der Solarstrahlung Winter (oben) zu Sommer (unten) für St. Johann in Tirol. Bildquelle: [25].	38
Abbildung 14: Darstellung von Schutzzonen im Ortskern der Marktgemeinde St. Johann in Ti- rol.	40
Abbildung 15: Grundlastversorgung St. Johann in Tirol durch Wasserkraft.....	40
Abbildung 16: PV-Ausbauszenarien für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol unter unter- schiedlichen Zielsetzungen.....	42
Abbildung 17: Übersicht des bestehenden Fernwärme-Versorgungsgebiets zu dem tatsächli- chem Ortsgebiet St. Johann in Tirol. Bildquelle Hintergrund: [25], Bildquelle Fernwärme: [24].	51
Abbildung 18: Prinzipielle Darstellung des Einsatzes von Sofortmaßnahmen im Sinne des Risiko-Managements am Beispiel des Ziels Sanierung im EnerPHit-Standard mit Wechsel des Heizsystems auf erneuerbare Energien.	60
Abbildung 19: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Mobilität. Datengrundlage Status quo: [36], Datengrundlage zur Verbraucher bezogenen Aufteilung und Zielsetzung: [135].	67
Abbildung 20: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Abfallwirtschaft. Datengrundlage Status quo: [36].....	68
Abbildung 21: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol für das Handlungsfeld Landwirtschaft, Industrie und GHD. Datengrundlage Status quo: [36], Datengrundlage Berech- nungen zur Größenumwandlung und Zielsetzung: [137], [140], [141].	69
Abbildung 22: Ziel-Szenario für die Marktgemeinde St. Johann in Tirol, erweitert um die Kompensationsmaßnahme PV-Ausbau. Datengrundlage Status quo: [36], erweitert um Real- daten zum Gebäudebestand.	70

12 Referenzen

- [1] D. Dodman, „Cities and climate change initiative. Tool Series. Developing Local Climate Change Plans. A guide for cities in developing countries“, United Nations Human Settlements Programme, Online, 2012. Zugegriffen: 31. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Developing%20Local%20Climate%20Change%20Plans.pdf>
- [2] P. Capros u. a., „Energy-system modelling of the EU strategy towards climate-neutrality“, *Energy Policy*, Bd. 134, S. 110960, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.110960.
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), „The Paris Agreement“, Online. Zugegriffen: 31. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- [4] Europäisches Parlament: Directive (EU), „2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), EUR-Lex“, Online, 2018. Zugegriffen: 31. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
- [5] C. Rosenzweig, W. Solecki, S. A. Hammer, und S. Mehrotra, „Cities lead the way in climate-change action“, *Nature*, Bd. 467, Nr. 7318, S. 909–911, Okt. 2010, doi: 10.1038/467909a.
- [6] M. Salvia, F. Pietrapertosa, V. D’Alonzo, P. Clerici Maestosi, S. G. Simoes, und D. Reckien, „Key dimensions of cities’ engagement in the transition to climate neutrality“, *Journal of Environmental Management*, Bd. 344, S. 118519, Okt. 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2023.118519.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Hrsg., „Urban Systems and Other Settlements“, in *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*, 1. Aufl., Cambridge University Press, 2023, S. 861–952. doi: 10.1017/9781009157926.010.
- [8] U. Röhr und G. Alber, „Geschlechterverhältnisse und Klima im Wandel. Erste Schritte in Richtung einer transformativen Klimapolitik“, *GENDER*, Bd. 10, Nr. 2, S. 112–127, Mai 2018, doi: 10.3224/gender.v10i2.08.
- [9] J. O. Nriagu, *Encyclopedia of environmental health*. Amsterdam London: Elsevier Science, 2011.
- [10] M. Salvia u. a., „Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 135, S. 110253, Jän. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110253.
- [11] J. van der Heijden, J. Patterson, S. Juhola, und M. Wolfram, „Special section: advancing the role of cities in climate governance – promise, limits, politics“, *Journal of Environmental Planning and Management*, Bd. 62, Nr. 3, S. 365–373, Feb. 2019, doi: 10.1080/09640568.2018.1513832.

- [12] J. S. Bansard, P. H. Pattberg, und O. Widerberg, „Cities to the rescue? Assessing the performance of transnational municipal networks in „global climate governance“, *Int Environ Agreements*, Bd. 17, Nr. 2, S. 229–246, Apr. 2017, doi: 10.1007/s10784-016-9318-9.
- [13] G. Ulpiani, N. Vettors, D. Shtjefni, G. Kakoulaki, und N. Taylor, „Let’s hear it from the cities: On the role of renewable energy in reaching climate neutrality in urban Europe“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 183, S. 113444, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113444.
- [14] Europäisches Parlament: Directive (EU), „2018/2001 of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources“, 2018.
- [15] G. F. Nemet, T. Holloway, und P. Meier, „Implications of incorporating air-quality co-benefits into climate change policymaking“, *Environ. Res. Lett.*, Bd. 5, Nr. 1, S. 014007, Jän. 2010, doi: 10.1088/1748-9326/5/1/014007.
- [16] Y. Zhang, S. J. Smith, J. H. Bowden, Z. Adelman, und J. J. West, „Co-benefits of global, domestic, and sectoral greenhouse gas mitigation for US air quality and human health in 2050“, *Environ. Res. Lett.*, Bd. 12, Nr. 11, S. 114033, Nov. 2017, doi: 10.1088/1748-9326/aa8f76.
- [17] M. Maione u. a., „Air quality and climate change: Designing new win-win policies for Europe“, *Environmental Science & Policy*, Bd. 65, S. 48–57, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.envsci.2016.03.011.
- [18] Großherzogtum Luxemburg (offizielles Portal), „Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) - Kostenlos auf sämtlichen Netzen“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://luxembourg.public.lu/de/leben/mobilit%C3%A4t/oeffentlicher-personennahverkehr.html>
- [19] NEUE HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH, „Passivbauweise“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.neueheimat.tirol/projekte/passivbauweise>
- [20] A. Ciambra, I. Stamos, und A. Siragusa, „Localizing and Monitoring Climate Neutrality through the Sustainable Development Goals (SDGs) Framework: The Case of Madrid“, *Sustainability*, Bd. 15, Nr. 6, S. 4819, März 2023, doi: 10.3390/su15064819.
- [21] Statistik Austria, „STATatlas“. Zugegriffen: 2. Mai 2026. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/atlas/>
- [22] A. Franze, „EnerPHit für ein klimaresilientes St. Johann in Tirol“. Zugegriffen: 1. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://smartcities.at/projects/klimaresilientes-st-johann/>
- [23] Mader Michael, „St. Johann versucht noch mehr Energie einzusparen“, *Tiroler Tageszeitung*, 2022. Zugegriffen: 13. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tt.com/artikel/30830447/st-johann-versucht-noch-mehr-energie-einzusparen>
- [24] Ortswärme St. Johann in Tirol GmbH, „Versorgungsgebiet der Fernwärme“. Zugegriffen: 6. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ortswaerme.info/fernwaerme/versorgungsgebiet/>

- [25] Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Landesstatistik und TIRIS, „TirolSolar - Potentiale für St. Johann in Tirol“. Zugegriffen: 6. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tirolsolar.at/#15/47.5250/12.4279>
- [26] V. Castán Broto und H. Bulkeley, „A survey of urban climate change experiments in 100 cities“, *Global Environmental Change*, Bd. 23, Nr. 1, S. 92–102, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005.
- [27] H. Schröder und H. Bulkeley, „Global cities and the governance of climate change: what is the role of law in cities?“, *Fordham Urban Law Journal*, Bd. 36, S. 313, 2009.
- [28] Climate Alliance, „Climate Alliance - Review and Outlook 2017/2018“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.climatealliance.org/fileadmin/Inhalte/7_Downloads/Climate_Alliance_Annual_Report_and_Outlook_2017_2018.pdf
- [29] Climate Alliance, „Climate Alliance - Member List“. Zugegriffen: 6. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.climatealliance.org/fileadmin/Inhalte/2_Municipalities/Climate_Alliance_member_list.pdf
- [30] M. Volgger, „Photovoltaik - Potenzialanalyse und Ausbaustrategie mit Fokus auf gebäudeintegrierte Systeme am Beispiel St. Johann in Tirol“, Masterthesis, Universität Innsbruck, Österreich, 2024.
- [31] British Standards Institution, Hrsg., *Specification for the demonstration of carbon neutrality: PAS 2060: 2014*. London: BSI, 2014.
- [32] Generaldirektion Kommunikation und Europäisches Parlament - Sprecher: Jaume Duch Guillot, „Was versteht man unter Klimaneutralität und wie kann diese bis 2050 erreicht werden?“ Zugegriffen: 30. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2019/10/story/20190926STO62270/20190926STO62270_de.pdf
- [33] I. Tsiropoulos, P. Siskos, und P. Capros, „The cost of recharging infrastructure for electric vehicles in the EU in a climate neutrality context: Factors influencing investments in 2030 and 2050“, *Applied Energy*, Bd. 322, S. 119446, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2022.119446.
- [34] A. Narayanan, K. Mets, M. Strobbe, und C. Devellder, „Feasibility of 100% renewable energy-based electricity production for cities with storage and flexibility“, *Renewable Energy*, Bd. 134, S. 698–709, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.11.049.
- [35] M. Mendizabal, O. Heidrich, E. Feliu, G. García-Blanco, und A. Mendizabal, „Stimulating urban transition and transformation to achieve sustainable and resilient cities“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 94, S. 410–418, Okt. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.06.003.
- [36] BOKU Universität Wien, Institut für Raumplanung, Umweltplanung und Bodenordnung (IRUB),

- Paris Lodron Universität Salzburg, und Spatial Services, Salzburg, „Energiesmosaik Austria“, Energiesmosaik Austria. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energiesmosaik.at>
- [37] L. Abart-Heriszt, S. Erker, und G. Stoeglehner, „The Energy Mosaic Austria—A Nationwide Energy and Greenhouse Gas Inventory on Municipal Level as Action Field of Integrated Spatial and Energy Planning“, *Energies*, Bd. 12, Nr. 16, S. 3065, Aug. 2019, doi: 10.3390/en12163065.
- [38] Passivhaus Institut Darmstadt, „districtPH - Energieeinsparpotenziale auf Quartiersebene bewerten“. Zugegriffen: 6. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://passiv.de/de/04_php/07_districtph/07_districtph.html
- [39] T. Loga, B. Stein, und N. Diefenbach, „TABULA building typologies in 20 European countries— Making energy-related features of residential building stocks comparable“, *Energy and Buildings*, Bd. 132, S. 4–12, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.094.
- [40] IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, „TABULA WebTool“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>
- [41] IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, „TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/tabula/>
- [42] S. Rivas, R. Urraca, V. Palermo, und P. Bertoldi, „Covenant of Mayors 2020: Drivers and barriers for monitoring climate action plans“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 332, S. 130029, Jän. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.130029.
- [43] J. G. Borràs, C. Lerma, Á. Mas, J. Vercher, und E. Gil, „Contribution of green roofs to energy savings in building renovations“, *Energy for Sustainable Development*, Bd. 71, S. 212–221, Dez. 2022, doi: 10.1016/j.esd.2022.09.020.
- [44] J.-L. Genre, F. Flourentzos, und T. Stockli, „Building refurbishment: habitat upgrading“, *Energy and Buildings*, Bd. 31, Nr. 2, S. 155–157, Feb. 2000, doi: 10.1016/S0378-7788(99)00029-8.
- [45] K. Sandberg, T. Orskaug, und A. Andersson, „Prefabricated Wood Elements for Sustainable Renovation of Residential Building Façades“, *Energy Procedia*, Bd. 96, S. 756–767, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.138.
- [46] Passivhaus Institut Darmstadt, „Energiestandards“. [Online]. Verfügbar unter: https://passiv.de/de/03_zertifizierung/02_zertifizierung_gebäude/04_enerphit/04_enerphit.htm
- [47] G. Dermentzis, F. Ochs, A. Thuer, und W. Streicher, „Supporting decision-making for heating and distribution systems in a new residential district - An Austrian case study“, *Energy*, Bd. 224, S. 120141, Juni 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.120141.

- [48] G. Dermentzis, J. Schnieders, R. Pfluger, D. Pfeifer, W. Feist, und F. Ochs, „An overview of energy district tools in Europe and the importance of an equivalent heating reference temperature for district simulations“, *Bauphysik*, Bd. 39, Nr. 5, S. 316–329, Okt. 2017, doi: 10.1002/bapi.201710036.
- [49] IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, „TABULA WebTool“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>
- [50] IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, „TABULA' – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>
- [51] T. Loga, B. Stein, und N. Diefenbach, „TABULA building typologies in 20 European countries— Making energy-related features of residential building stocks comparable“, *Energy and Buildings*, Bd. 132, S. 4–12, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.094.
- [52] Passivhaus Institut Darmstadt, „districtPH - Energieeinsparpotenziale auf Quartiersebene bewerten“. Zugegriffen: 6. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://passiv.de/de/04_phpp/07_districtph/07_districtph.html
- [53] Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz, „Baunetz_Wissen_Bauphysik - EnEV“. Zugegriffen: 6. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/e/enev-4424473>
- [54] Eurostat, „Archive: Consumption of energy“. Zugegriffen: 6. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy
- [55] F. Filippidou, N. Nieboer, und H. Visscher, „Are we moving fast enough? The energy renovation rate of the Dutch non-profit housing using the national energy labelling database“, *Energy Policy*, Bd. 109, S. 488–498, Okt. 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.07.025.
- [56] European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport., *Energy renovation :the trump card for the new start of Europe*. LU: Publications Office, 2015. Zugegriffen: 14. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2790/40266>
- [57] V. Corrado und I. Ballarini, „Refurbishment trends of the residential building stock: Analysis of a regional pilot case in Italy“, *Energy and Buildings*, Bd. 132, S. 91–106, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.022.
- [58] L. Itard und G. Klunder, „Comparing environmental impacts of renovated housing stock with new construction“, *Building Research & Information*, Bd. 35, Nr. 3, S. 252–267, Mai 2007, doi: 10.1080/09613210601068161.
- [59] P. Bertoldi, B. Boza-Kiss, N. Della Valle, und M. Economidou, „The role of one-stop shops in energy renovation - a comparative analysis of OSSs cases in Europe“, *Energy and Buildings*, Bd.

250, S. 111273, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111273.

- [60] H. Schöberl, „Raus aus Öl und Gas! Bereit für das Erneuerbare-Wärme-Paket mit EnerPHit-Sanierung“, in *Tagungsband der 27. Internationalen Passivhaustagung*, Innsbruck, Österreich: Passivhaus Institut Darmstadt, 2024, S. 260.
- [61] B. Boza-Kiss, P. Bertoldi, N. Della Valle, und M. Economidou, *One-stop shops for residential building energy renovation in the EU: analysis & policy recommendations*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.
- [62] A. Bagaini, E. Croci, und T. Molteni, „Boosting energy home renovation through innovative business models: ONE-STOP-SHOP solutions assessment“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 331, S. 129990, Jän. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129990.
- [63] G. Pardalis, K. Mahapatra, und B. Mainali, „Comparing public- and private-driven one-stop-shops for energy renovations of residential buildings in Europe“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 365, S. 132683, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132683.
- [64] K. Mahapatra *u. a.*, „Business models for full service energy renovation of single-family houses in Nordic countries“, *Applied Energy*, Bd. 112, S. 1558–1565, Dez. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.01.010.
- [65] P. Pihelo, T. Kalamees, und K. Kuusk, „nZEB Renovation with Prefabricated Modular Panels“, *Energy Procedia*, Bd. 132, S. 1006–1011, Okt. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.708.
- [66] Andriel Evandro Fenner, V. Zoloedova, und C. J. Kibert, „Conference Report 2017: State-of-the-art of Modular Construction“, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.18051.60960.
- [67] K. Sandberg, T. Orskaug, und A. Andersson, „Prefabricated Wood Elements for Sustainable Renovation of Residential Building Façades“, *Energy Procedia*, Bd. 96, S. 756–767, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.138.
- [68] A. Martinez, I. Urra, J. Hernandez, T. Diallo, und X. Zhao, „Development of a Smart Modular Heat Recovery Unit Adaptable into a Ventilated Façade“, *Procedia Environmental Sciences*, Bd. 38, S. 94–101, 2017, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.086.
- [69] F. Ochs, M. Magni, und G. Dermentzis, „Integration of Heat Pumps in Buildings and District Heating Systems—Evaluation on a Building and Energy System Level“, *Energies*, Bd. 15, Nr. 11, S. 3889, Mai 2022, doi: 10.3390/en15113889.
- [70] G. V. Fracastoro und M. Serraino, „Energy analyses of buildings equipped with exhaust air heat pumps (EAHP)“, *Energy and Buildings*, Bd. 42, Nr. 8, S. 1283–1289, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.enbuild.2010.02.021.
- [71] X. Zhang *u. a.*, „Active Solar Thermal Facades (ASTFs): From concept, application to research

- questions“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 50, S. 32–63, Okt. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.108.
- [72] D. M. Kammen und D. A. Sunter, „City-integrated renewable energy for urban sustainability“, *Science*, Bd. 352, Nr. 6288, S. 922–928, Mai 2016, doi: 10.1126/science.aad9302.
- [73] J. Torres u. a., „Plug and Play Modular Façade Construction System for Renovation for Residential Buildings“, *Buildings*, Bd. 11, Nr. 9, S. 419, Sep. 2021, doi: 10.3390/buildings11090419.
- [74] European Commission, „Nearly-zero energy and zero-emission buildings“. Zugegriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-and-zero-emission-buildings_en
- [75] Passivhaus Institut Darmstadt, „outPHit - Projektwebsite“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://outphit.eu/de/>
- [76] V. Göswein, J. D. Silvestre, C. Sousa Monteiro, G. Habert, F. Freire, und F. Pittau, „Influence of material choice, renovation rate, and electricity grid to achieve a Paris Agreement-compatible building stock: A Portuguese case study“, *Building and Environment*, Bd. 195, S. 107773, Mai 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107773.
- [77] J. Glover, D. O. White, und T. A. G. Langrish, „Wood versus Concrete and Steel in House Construction: A Life Cycle Assessment“, *Journal of Forestry*, Bd. 100, Nr. 8, S. 34–41, Dez. 2002, doi: 10.1093/jof/100.8.34.
- [78] A. Martínez-Rocamora, J. Solís-Guzmán, und M. Marrero, „LCA databases focused on construction materials: A review“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 58, S. 565–573, Mai 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.243.
- [79] G. Terán-Cuadrado, S. Sbahieh, F. Tahir, A. Nurdiawati, M. A. Almarshoud, und S. G. Al-Ghamdi, „Evaluating the influence of functional unit on life cycle assessment (LCA) reliability of concrete“, *Materials Today: Proceedings*, S. S2214785324002669, Mai 2024, doi: 10.1016/j.matpr.2024.04.079.
- [80] D. Schenk und A. Amiri, „Life cycle energy analysis of residential wooden buildings versus concrete and steel buildings: A review“, *Front. Built Environ.*, Bd. 8, S. 975071, Sep. 2022, doi: 10.3389/fbuil.2022.975071.
- [81] H. U. Gökçe und K. U. Gökçe, „Multi dimensional energy monitoring, analysis and optimization system for energy efficient building operations“, *Sustainable Cities and Society*, Bd. 10, S. 161–173, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.scs.2013.08.004.
- [82] Marktgemeinde St. Johann in Tirol, „Verkehrsoptimierung“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.st.johann.tirol/innovation/verkehrsoptimierung/>

- [83] K. Adam, „Lastprofile nach EWE im Frühjahr 2014 mit Kraftwerkseinsatz werktags schematisch – heute veraltet“. Zugegriffen: 6. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Lastprofil#/media/Datei:Lastprofil_EWE_Fr%C3%BChjahr_mit_Kraftwerkseinsatz_schematisch.svg
- [84] C. Breyer u. a., „On the History and Future of 100% Renewable Energy Systems Research“, *IEEE Access*, Bd. 10, S. 78176–78218, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3193402.
- [85] N. Martin, L. Talens-Peiró, G. Villalba-Méndez, R. Nebot-Medina, und C. Madrid-López, „An energy future beyond climate neutrality: Comprehensive evaluations of transition pathways“, *Applied Energy*, Bd. 331, S. 120366, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.apenergy.2022.120366.
- [86] J. Z. Thellufsen u. a., „Smart energy cities in a 100% renewable energy context“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 129, S. 109922, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.109922.
- [87] ABB, „Webauftritt ABB“. Zugegriffen: 2. April 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://new.abb.com>
- [88] Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft, Abteilung Gewerbeteknik, Druckgeräte, Kesselwesen, „Industrieemissions-Richtlinie“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmaw.gv.at/Themen/Technik-und-Vermessung/betriebsanlagentechnik/Industrieemissions-Richtlinie.html>
- [89] Klima- und Energiefonds, „Klimaschutzministerium: Nicht-Handeln im Kampf gegen Klimakrise kostet Österreich 15 Milliarden Euro jährlich“. Zugegriffen: 24. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimafonds.gv.at/press/klimaschutzministerium-nicht-handeln-im-kampf-gegen-klimakrise-kostet-oesterreich-15-milliarden-euro-jaehrlich/>
- [90] Österreichs Energie, „Netzberechnungen Österreich - Einfluss der Entwicklungen von Elektromobilität und Photovoltaik auf das österreichische Stromnetz“. Zugegriffen: 24. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/2020.11_Studie_NetzberechnungenAT_PVundEV.pdf
- [91] Land Tirol, „Impressum Solarpotenziale Tirol“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tirol.gv.at/statistik-budget/tiris/tiris-anwendungen/solar-tirol/impressum-solarpotenziale-tirol/>
- [92] J. Pflügl, „Keine PV-Anlage wegen des Ortsbilds? Künftig könnte es neue Regeln geben“, *Der Standard*, 2024. Zugegriffen: 20. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.derstandard.at/story/3000000222110/keine-pv-anlage-wegen-des-ortsbilds-kuenftig-koennte-es-neue-regeln-geben>
- [93] PV Austria, „Photovoltaik in Österreich 2022“. Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://pvaustralia.at/wp-content/uploads/Bundeslaender-Factsheet_AT.pdf
- [94] V. Quaschnig, *Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland*

- für das 21. Jahrhundert, Als Ms. gedr. in Fortschritt-Berichte VDI Reihe 6, Energietechnik, no. 437. Düsseldorf: VDI-Verl, 2000.
- [95] D. Feldman u. a., „Fall 2023 Solar Industry Update“, 2023. Zugegriffen: 25. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/88026.pdf>
- [96] R. McKenna u. a., „High-resolution large-scale onshore wind energy assessments: A review of potential definitions, methodologies and future research needs“, *Renewable Energy*, Bd. 182, S. 659–684, Jän. 2022, doi: 10.1016/j.renene.2021.10.027.
- [97] R. Maier, L. Lütz, S. Risch, F. Kullmann, J. Weinand, und D. Stolten, „Potential of floating, parking, and agri photovoltaics in Germany“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 200, S. 114500, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.rser.2024.114500.
- [98] R. F. Ferreira, R. A. Marques Lameirinhas, C. P. Correia V. Bernardo, J. P. N. Torres, und M. Santos, „Agri-PV in Portugal: How to combine agriculture and photovoltaic production“, *Energy for Sustainable Development*, Bd. 79, S. 101408, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.esd.2024.101408.
- [99] M. Trommsdorff u. a., „Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, 2024. Zugegriffen: 25. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>
- [100] Next2Sun Austria GmbH, „AgriPV“. Zugegriffen: 2. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://next2sun.com/en/agripv/>
- [101] Klima- und Energiefonds, „Gemeinschaft schafft Energie“. [Online]. Verfügbar unter: <https://energiegemeinschaften.gv.at/>
- [102] Wien Energie GmbH | Wien Energie Vertrieb GmbH & Co KG, „Sparbuch am Dach: Das Bürger*innen-Solarkraftwerk“. Zugegriffen: 6. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://positionen.wienenergie.at/projekte/strom/pv-beteiligung/>
- [103] red, wien.ORF.at/Agenturen, „30. Bürger-Solarkraftwerk auf Busgarage“, *ORF Wien*, 2024. Zugegriffen: 20. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://wien.orf.at/stories/3252993/>
- [104] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2023; Statusbericht 2024“. Zugegriffen: 29. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7119f610-1180-4337-8837-f5c45e73b4b5/BAWP_Statusbericht_2024.pdf
- [105] Umweltbundesamt, Österreich, „Dashboard Klimadaten“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/klima/dashboard>
- [106] T. Labeodan, W. Zeiler, G. Boxem, und Y. Zhao, „Occupancy measurement in commercial office

- buildings for demand-driven control applications—A survey and detection system evaluation“, *Energy and Buildings*, Bd. 93, S. 303–314, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.02.028.
- [107] T. A. Nguyen und M. Aiello, „Energy intelligent buildings based on user activity: A survey“, *Energy and Buildings*, Bd. 56, S. 244–257, Jän. 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.09.005.
- [108] Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH, „Räumliche Energieplanung“. Zugegriffen: 5. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://waermeplanung.at/>
- [109] Energie Tirol, „Energieeffizienz ist planbar! - Raumordnung beeinflusst den Energieverbrauch“. Zugegriffen: 5. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.oerok.gv.at/fileadmin/user_upload/Bilder/2.Reiter-Raum_u._Region/1.OEREK/OEREK_2011/PS_Energieraumplanung/Energieraumplanung/Leitfaden_Energieeffizienz_Tirol_2012.pdf
- [110] S. Lenzholzer *u. a.*, „Awareness of urban climate adaptation strategies –an international overview“, *Urban Climate*, Bd. 34, S. 100705, Dez. 2020, doi: 10.1016/j.uclim.2020.100705.
- [111] P. Ole Fanger und J. Toftum, „Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates“, *Energy and Buildings*, Bd. 34, Nr. 6, S. 533–536, Juli 2002, doi: 10.1016/S0378-7788(02)00003-8.
- [112] K. Wąs, J. Radoń, und A. Sadłowska-Sałęga, „Thermal Comfort—Case Study in a Lightweight Passive House“, *Energies*, Bd. 15, Nr. 13, S. 4687, Juni 2022, doi: 10.3390/en15134687.
- [113] A. Albatayneh, M. Jaradat, M. B. AlKhatib, R. Abdallah, A. Juaidi, und F. Manzano-Agugliaro, „The Significance of the Adaptive Thermal Comfort Practice over the Structure Retrofits to Sustain Indoor Thermal Comfort“, *Energies*, Bd. 14, Nr. 10, S. 2946, Mai 2021, doi: 10.3390/en14102946.
- [114] C. Calculli, A. M. D’Uggento, A. Labarile, und N. Ribecco, „Evaluating people’s awareness about climate changes and environmental issues: A case study“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 324, S. 129244, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129244.
- [115] C. Rosenzweig *u. a.*, „Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change“, *Nature*, Bd. 453, Nr. 7193, S. 353–357, Mai 2008, doi: 10.1038/nature06937.
- [116] M. Jakučionytė-Skodienė, R. Dagilūūtė, und G. Liobikienė, „Do general pro-environmental behaviour, attitude, and knowledge contribute to energy savings and climate change mitigation in the residential sector?“, *Energy*, Bd. 193, S. 116784, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116784.
- [117] A. Paço und T. Lavrador, „Environmental knowledge and attitudes and behaviours towards energy consumption“, *Journal of Environmental Management*, Bd. 197, S. 384–392, Juli 2017, doi: 10.1016/j.jenvman.2017.03.100.

- [118] M. Jakučionytė-Skodienė und G. Liobikienė, „Changes in energy consumption and CO2 emissions in the Lithuanian household sector caused by environmental awareness and climate change policy“, *Energy Policy*, Bd. 180, S. 113687, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.enpol.2023.113687.
- [119] J. Hidalgo-Crespo u. a., „Understanding citizens’ environmental concern and their pro-environmental behaviours and attitudes and their influence on energy use“, *Energy Reports*, Bd. 8, S. 103–109, Juni 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.01.116.
- [120] M. M. Alomari, H. EL-Kanj, A. Topal, und N. I. Alshdaifat, „Energy conservation behavior of university occupants in Kuwait: A multigroup analysis“, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Bd. 52, S. 102198, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2022.102198.
- [121] M. A. R. Lopes, C. H. Antunes, und N. Martins, „Energy behaviours as promoters of energy efficiency: A 21st century review“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 16, Nr. 6, S. 4095–4104, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.03.034.
- [122] R. E. Dunlap und R. York, „The Globalization of Environmental Concern and The Limits of The Postmaterialist Values Explanation: Evidence from Four Multinational Surveys“, *The Sociological Quarterly*, Bd. 49, Nr. 3, S. 529–563, Aug. 2008, doi: 10.1111/j.1533-8525.2008.00127.x.
- [123] J. E. Givens und A. K. Jorgenson, „The Effects of Affluence, Economic Development, and Environmental Degradation on Environmental Concern: A Multilevel Analysis“, *Organization & Environment*, Bd. 24, Nr. 1, S. 74–91, März 2011, doi: 10.1177/1086026611406030.
- [124] K. W. Knight, „Public awareness and perception of climate change: a quantitative cross-national study“, *Environmental Sociology*, Bd. 2, Nr. 1, S. 101–113, Jän. 2016, doi: 10.1080/23251042.2015.1128055.
- [125] L. Scruggs und S. Benegal, „Declining public concern about climate change: Can we blame the great recession?“, *Global Environmental Change*, Bd. 22, Nr. 2, S. 505–515, Mai 2012, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2012.01.002.
- [126] D.-J. Jansen, „Flood risk and climate change: A disconnect between homeowners’ awareness and mitigating actions?“, *Climate Risk Management*, Bd. 44, S. 100616, 2024, doi: 10.1016/j.crm.2024.100616.
- [127] A. Lemonsu u. a., „Comparison of microclimate measurements and perceptions as part of a global evaluation of environmental quality at neighbourhood scale“, *Int J Biometeorol*, Bd. 64, Nr. 2, S. 265–276, Feb. 2020, doi: 10.1007/s00484-019-01686-1.
- [128] C. Vasilikou und M. Nikolopoulou, „Outdoor thermal comfort for pedestrians in movement: thermal walks in complex urban morphology“, *Int J Biometeorol*, Bd. 64, Nr. 2, S. 277–291, Feb. 2020, doi: 10.1007/s00484-019-01782-2.
- [129] Klima-Bündnis, „Die Energiekarawane: Eine hoch wirksame Kampagne für Kommunen jeder

- Größe!“ Zugegriffen: 1. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimabuendnis.org/newsroom/news/news-detail/die-energiekarawane-eine-hoch-wirksame-kampagne-fuer-kommunen-jeder-groesse.html>
- [130] Passivhaus Institut Darmstadt, „Wärmedämmung der obersten Geschossdecke“. Zugegriffen: 2. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://passipedia.de/baulich/oberstegeschossdeckedaemmen22>
- [131] B. Keushkerian und C. Abi Shdid, „Building a sustainable future: Exploring the nexus between climate awareness and thermal insulation choices in new home construction“, *Energy Reports*, Bd. 11, S. 5092–5103, Juni 2024, doi: 10.1016/j.egyr.2024.04.061.
- [132] Marktgemeinde St. Johann in Tirol, „Papierlose Verwaltung“. Zugegriffen: 29. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.st.johann.tirol/innovation/papierlose-verwaltung/?kontrast=220>
- [133] SolarCont GmbH, „Solarenergie Jederzeit, Überall! Wir machen Solarenergie mobil: Einfach zu transportieren. Einfach zu installieren. Unser Solarcontainer!“ Zugegriffen: 26. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.solarcontainer.one/>
- [134] Österreichischer Städtebund, „Österreichs Städte in Zahlen 2023“. Zugegriffen: 2. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.staedtebund.gv.at/ePaper-oestiz/oestiz-2023/>
- [135] Stadt Wien, „Wiener Klimafahrplan - Unser Weg zur klimagerechten Stadt“. 2022. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/3951390?originalFilename=true>
- [136] C. Diendorfer *u. a.*, „Klimaneutralität Österreichs bis 2040 - Beitrag der österreichischen Industrie“, 2021. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:0ac604d1-7928-492f-991a-4845dce78c27/Begleitstudie_Endbericht.pdf
- [137] Europäisches Parlament, „Kurzdarstellungen zur Europäischen Union - Energieeffizienz“. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz>
- [138] F. Ascione *u. a.*, „A real industrial building: Modeling, calibration and Pareto optimization of energy retrofit“, *Journal of Building Engineering*, Bd. 29, S. 101186, Mai 2020, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101186.
- [139] Umweltbundesamt, Österreich, „Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger“. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>
- [140] Naturefund e.V., „Grundlage der CO₂-Berechnung“. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.naturefund.de/wissen/co2_rechner/daten

- [141] X.-C. Tan, Y. Wang, B.-H. Gu, L.-S. Kong, und A. Zeng, „Research on the national climate governance system toward carbon neutrality—A critical literature review“, *Fundamental Research*, Bd. 2, Nr. 3, S. 384–391, Mai 2022, doi: 10.1016/j.fmre.2022.03.010.

