

IEA Fortschrittliche Brennstoffzellen (AFC) Task 33: Stationäre Brennstoffzellen

Klimaneutrale Quartiere mit
dezentralen, auf wasserstoffbasierten Energiesystemen

G. Simader, E. Sibille

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

1/2024

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: Günter Simader, Elisabeth Sibille
Wien, 2024

IEA Fortschrittliche Brennstoffzellen (AFC) Task 33: stationäre Brennstoff- zellen

Klimaneutrale Quartiere mit
dezentralen, auf wasserstoffbasierten Energiesystemen

Dr. Günter Simader
Österreichische Energieagentur

Dr. Elisabeth Sibille
Österreichische Energieagentur

Wien, Mai 2024

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen, und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die Homepage nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhalt

1 Kurzfassung	9
2 Abstract	11
3 Ausgangslage	13
4 Projektinhalt	15
4.1 Darstellung des gesamten IEA Task 33.....	15
4.2 Beschreibung der spezifischen Projektziele	17
4.3 Vorgehensweise und Methoden.....	18
4.3.1 Status-quo-Studie.....	18
4.3.2 Entwicklung einer Modellierungs- und Simulationsmethode.....	19
4.3.3 Entwicklung von Empfehlungen für typische Anwendungen	21
5 Ergebnisse	27
5.1 Projektergebnisse.....	27
5.1.1 Energiegemeinschaft im urbanen Raum.....	27
5.1.2 Energiegemeinschaft im ländlichen Raum.....	28
5.1.3 Industrielles Areal.....	30
5.2 Publikationen	31
6 Vernetzung und Ergebnistransfer	33
6.1 Zielgruppen und Advisory Board.....	33
6.2 Dissemination der Projektergebnisse in Österreich	33
6.3 Dissemination der Projektergebnisse international	34
7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	35
7.1 Schlussfolgerungen	35
7.2 Ausblick	36
Tabellenverzeichnis	37
Abbildungsverzeichnis	38
Literaturverzeichnis	39
Abkürzungen	40

1 Kurzfassung

Die Entwicklung des Energiesystems hin zu den Energie- und Umweltzielen, die sich Österreich und die EU gesetzt haben, zeichnet sich insbesondere durch eine zunehmende dezentrale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern aus. Durch seine vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ist Wasserstoff als Energieträger ein technologischer Dreh- und Angelpunkt für die Dekarbonisierung mehrerer Schlüsselbereiche der Energiewende, wie Gebäude, Mobilität und Industrie. In diesem Kontext übernahm Österreich 2022 im IEA Advanced Fuel Cell Technology Collaboration Programme (AFC TCP) einen neuen Subtask, „Use of stationary fuel cells for climate-neutral districts and neighbourhoods“. In diesem Subtask wird untersucht, inwieweit stationäre Brennstoffzellen in Energiekonzepten basierend auf erneuerbaren Energieträgern in Energiegemeinschaften beziehungsweise klimaneutralen Quartieren zum Einsatz kommen können.

Das aktuelle Projekt untersucht die Erfolgsfaktoren bestehender Ansätze auf nationaler und europäischer Ebene mit dem Ziel, die Voraussetzungen und potenziellen Vorteile für eine Replikation in Österreich zu ermitteln und aufzuzeigen. Für diesen Zweck wurden Quartiere und Energiegemeinschaften, in denen wasserstoffbasierte Energiesysteme bereits eingesetzt wurden oder geplant sind, im Detail analysiert. Die Erfolgsfaktoren, Grenzen und Bedarfe für eine Replizierbarkeit in Österreich wurden einerseits mittels einer SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) und andererseits durch Interviews mit relevanten österreichischen Stakeholder:innen identifiziert.

Neben der technologischen Verfügbarkeit der Komponenten spielt für die erfolgreiche Planung und Umsetzung sowie für einen effizienten Betrieb die Modellierung der Energieflüsse eine entscheidende Rolle. Daher wurden parallel zur Recherche über die aktuell zur Verfügung stehenden Komponenten (Elektrolyseur, Wasserstoffspeicher, Brennstoffzellen) auch mögliche Tools zur Bilanzierung von Energieflüssen in Quartieren untersucht und getestet. Darauf aufbauend wurde eine Methode für die Modellierung und Simulation von drei typischen Quartieren in Österreich mit verschiedenen Szenarien entwickelt. Außerdem wurden Kriterien für eine anschließende Evaluierung der Vorteile festgelegt, welche beim Einsatz von Wasserstoff-Technologie hinsichtlich Klimaneutralität zu erwarten sind.

Die Projektergebnisse bestätigen in erster Linie die bereits bekannte entscheidende Rolle von Energieeffizienz und der Entwicklung erneuerbarer Energiequellen für die Erreichung der Klimaneutralität. Darüber hinaus konnten die Vorteile der Nutzung der Wasserstofftechnologie in Quartieren oder Energiegemeinschaften in Bezug auf Netzdienlichkeit gezeigt werden. In dieser Hinsicht stellt insbesondere die Aufnahme von überschüssigem erneuerbarem Strom im Sommer und dessen zeitversetzte Rückverstromung durch Brennstoffzellen zur Unterstützung des Stromnetzes bei möglichen Versorgungsengpässen im Winter in ländlichen Gebieten eine typische Anwendung dar. Auch wenn eine völlige Stromautarkie noch nicht realistisch ist, kann die Abwärme

aus Elektrolyseuren oder Brennstoffzellen in Nah-/Fernwärmenetzen genutzt werden, um den Wärmebedarf des Quartiers zu decken. In Quartieren mit Gebäuden mit hohem Energieeffizienzstandard kann eine vollständige Dekarbonisierung in Kombination mit Wärmepumpen erreicht werden. Die Studie zeigt außerdem eine vielversprechende Einsatzmöglichkeit der Wasserstofftechnologie für die Dekarbonisierung mehrere Anwendungen in Industriegebieten (Industriewärme, Mobilität, et cetera).

Zusammenfassend konnten in Österreich typische Anwendungen identifiziert werden, für die die technischen Komponenten bereits verfügbar sind. Allerdings stellen die Investitionskosten, der Platzbedarf und der Mangel an Erfahrung sowie an geeigneten Planungs- und Modellierungswerkzeugen derzeit Hindernisse für eine verbreitete Umsetzung dar.

Die Erkenntnisse aus der Studie wurden einerseits in Form einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlicht und andererseits in Form von Empfehlungen zusammengefasst, die den relevanten Stakeholder:innen in Österreich bei einem Ergebnis-Workshop präsentiert wurden.

2 Abstract

The development of the energy system towards the Austrian and European energy and environmental goals is characterised in particular by increasing decentralised electricity generation from renewable energy sources. Thanks to its wide range of possible applications, hydrogen as an energy carrier is a technological cornerstone for the decarbonisation of several key areas of the energy transition, such as buildings, mobility and industry. In this context, Austria took on a new sub-task in the IEA Advanced Fuel Cell Technology Collaboration Programme (AFC TCP) in 2022, “Use of stationary fuel cells for climate-neutral districts and neighbourhoods”. This subtask is investigating to what extent stationary fuel cells can be used in energy concepts based on renewable energy sources in energy communities or climate-neutral neighbourhoods.

The current project analyses the success factors of existing approaches at national and European level with the aim of identifying and demonstrating the prerequisites and potential benefits for replication in Austria. For this purpose, neighbourhoods and energy communities in which hydrogen-based energy systems have already been used or are planned were analysed in detail. The success factors and requirements as well as the remaining barriers for replicability in Austria were identified using a SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) on the one hand and interviews with relevant Austrian stakeholders on the other.

In addition to the technological availability of the components, the modelling of energy flows plays a decisive role for the successful planning and implementation as well as the efficient operation of fuel cells in neighbourhoods. Therefore, alongside the identification of the components which are currently available (electrolyser, hydrogen storage, fuel cells), possible tools for modelling energy flows in neighbourhoods were also investigated and tested. Based on this, a method was developed to model and simulate three typical neighbourhoods in Austria with different scenarios. In addition, criteria were defined for a subsequent evaluation of the benefits that can be expected from the use of hydrogen technology in terms of climate neutrality.

The project results firstly underlined the already known crucial role of energy efficiency and the development of renewable energy sources in achieving climate neutrality. It also demonstrated the advantages of using hydrogen technology in neighbourhoods or energy communities in terms of grid serviceability. In this respect, a typical application is the absorption of surplus renewable electricity in summer and its time-delayed reconversion into electricity by fuel cells to support the power grid during possible winter supply shortages in rural areas. Self-sufficiency in electricity is not yet realistic, but waste heat from electrolysers or fuel cells can be used in local/district heating networks to cover the neighbourhood's heating demand. In neighbourhoods where buildings combine high energy efficiency standards with smart integration of heat pumps (using waste heat of

the electrolyser and the fuel cell), complete decarbonisation of thermal energy demand can be expected. The study also shows a promising use of hydrogen technology for the decarbonisation of several applications in industrial areas (industrial heating, mobility, et cetera).

To summarise, typical applications were identified in Austria for which the technical components are already available. However, investment costs, space requirements and a lack of experience and suitable planning and modelling tools currently represent obstacles to widespread implementation.

The results of the study were published in the form of a scientific paper and summarised in recommendations, which were presented to relevant stakeholders in Austria at a results workshop.

3 Ausgangslage

Im Energiesystem der Zukunft, das stark durch eine dezentrale und erneuerbare Stromerzeugung geprägt sein wird, kann der Einsatz der Brennstoffzelle zu den energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen der EU sowie von Österreich beitragen. Basierend auf dezentralen Wasserstoffenergiekonzepten in Kombination mit Elektrolyseuren und Wasserstoffspeichern können mittels Brennstoffzellen verbesserte Eigenverbrauchsquoten der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie erzielt werden. Weiters können dadurch die Netzbezüge von elektrischer Energie reduziert beziehungsweise niedrig gehalten werden. In diesem Kontext setzt sich der Schwerpunkt in der Periode 2019 bis 2024 für die forcierte Technologieentwicklung von Schlüsselkomponenten und -systemen von Brennstoffzellen fort. In weiterer Folge werden Aktivitäten für die Unterstützung der Marktimplementierung durch die Analyse und Entwicklung der hierfür erforderlichen politischen Rahmenbedingungen beziehungsweise Instrumente und den Abbau existierender Implementierungsbarrieren durchgeführt.

Die durchgeführten Aktivitäten im Task 33 inkludieren:

- Die Durchführung und Monitoring von F&E-Aktivitäten (zudem die Analyse von Kosten für Zellen, Stacks und Systemen)
- System- und Marktanalysen (die technologischen ökonomischen und ökologischen Aspekte inklusive) basierend auf internationalen Brennstoffzellen-Programmen
- Die Analyse von regulativen Barrieren
- Die Schaffung eines „level playing fields“
- Verstärkte Disseminations- und Verbreitungsaktivitäten (inklusive Newsletter, Annual Reports, Workshops, spezifischen Reports zu aktuellen Themen, et cetera)

Das „Technology Collaboration Programme (TCP) on Advanced Fuel Cells“ strukturiert sich in die folgenden Tasks):

- Task 30: Electrolysis (Elektrolyse) (geleitet vom FZ Jülich)
- Task 31: PEFC – polymer electrolyte fuel cells (Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen)
- Task 32: SOFC – solid oxide fuel cells (Oxidkeramische Brennstoffzellen)
- Task 33: Stationary applications (Stationäre Applikationen)
- Task 34: Transport applications (Transportapplikationen)
- Task 36: System analyses (Systemanalysen; Zahlen, Daten und Fakten)
- Task 37: Modelling of Fuel Cells Systems, Periode: 2019 2024

Derzeit nehmen 14 Länder (China, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Israel, Italien, Japan, Kroatien, Österreich, Schweden, Schweiz, Spanien Südkorea und USA) an diesem Technology Collaboration Programme teil. Zusätzlich nimmt auch ein Sponsor (VTT Technical Research Center of Finland) teil.

4 Projektinhalt

4.1 Darstellung des gesamten IEA Task 33

In Task 33 (stationäre Anwendungen) stehen die folgenden Aufgaben auf dem Programm:

- Analyse der möglichen Einsatzmöglichkeiten von stationären Brennstoffzellen unter Einbeziehung der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit derselben Analyse der zum Einsatz kommenden Brennstoffe (inklusive power-to-gas, renewables-to-fuel cells, Biogas et cetera), wobei die Brennstoffproduktion nicht mit der Lebensmittelproduktion konkurrieren darf
- Analyse der politischen und regulativen Rahmenbedingungen (Stichwort: Raus aus Öl und Gas)
- Studie über die Verfügbarkeit und Anwendung von grünem Wasserstoff (in Kombination mit erneuerbaren Energieträgern)
- Untersuchung der Entwicklung der Technologie und von Märkten für große Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Anlagen, welche oft in sensiblen Sektoren – neben der Versorgung aus dem öffentlichen Netz – eingesetzt werden, wie beispielsweise in Spitälern, Banken, Supermärkten et cetera

Im Task 33 (stationäre Anwendungen) stehen die folgenden Subtasks auf dem Programm:

- Subtask 1: Fuel Cells for use in residential buildings
- Subtask 2: Different fuels for stationary fuel cells
- Subtask 3: Opportunities or threats for fuel cells caused by relevant European Directives and by other International frame conditions (until 2022)
- NEW Subtask 3: Use of stationary fuel cells for climate-neutral districts and neighbourhoods (2022 to 2024)
- Subtask 4: Large fuel cells plants and development of the MCFC technology

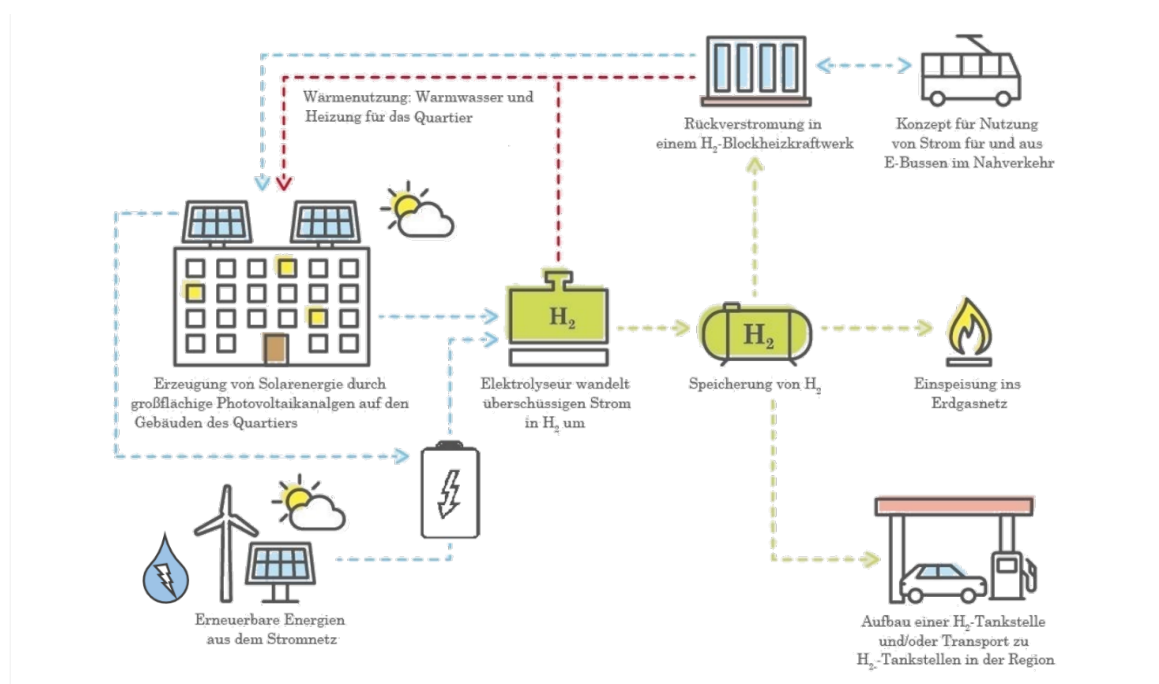
Die bisherigen Analysen im Task 33 haben gezeigt, dass der Einsatz von kleinen stationären Brennstoffzellen, die beispielsweise in Japan (Stichwort: Ene-Farm Systeme) bereits zu kommerziellen Produkten in einem Leistungsbereich von rund 1 kWel im Gebäudebereich geführt haben, in Österreich (beziehungsweise in Europa) aufgrund gänzlich anderer Rahmenbedingungen nicht erfolgreich in den Markt implementiert werden können (Simader & Vidovic, 2023).

In der Periode von 2022 bis 2024 wurde mit dem „operating agent“ vereinbart, dass Österreich den neuen Subtask: ‚Use of stationary fuel cells for climate-neutral districts and neighbourhoods‘ bearbeitet.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Vorprojekt konnte allerdings gezeigt werden, dass der Einsatz von stationären Brennstoffzellensystemen in größeren Anwendungen eine verbesserte Wirtschaftlichkeit aufweist und hohe Eigenverbrauchsquoten realisiert werden können. Durch die Ausweitung auf weitere Anwendungen wie die Elektromobilität kann dieser Aspekt weiter gestärkt werden. Damit können – bei entsprechender Auslegung der Speicher – die Netze sowohl in den Winter- als auch in den Sommermonaten entlastet und die Versorgungssicherheit beziehungsweise Resilienz des Energiesystems erhöht werden.

Wie es bereits einige Beispiele in Europa zeigen, können dezentrale Wasserstoffkonzepte in Kombination mit erneuerbaren Energieträgern in klimaneutralen Quartieren die Versorgungssicherheit derartiger Quartiere erhöhen, Beiträge zur Netzentlastung sowohl in den Sommer- als auch in den Wintermonaten leisten, zur Sektorkopplung entscheidend beitragen und signifikante Beiträge zum Klimaschutz leisten. Damit kann auch die soziale Akzeptanz von erneuerbaren Energieträgern in der Gesellschaft erhöht werden.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Energiesystems im Quartier „Neue Stadt“ in Esslingen, Deutschland



(Projekträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH, 2024)

4.2 Beschreibung der spezifischen Projektziele

In diesem Projekt wurde untersucht, inwieweit dezentrale Wasserstofflösungen basierend auf erneuerbaren Energieträgern in Kombination mit stationären Brennstoffzellen zur Klimaneutralität in Energiegemeinschaften beziehungsweise in klimaneutralen Quartieren beitragen können.

Pilot-Quartiere, in denen vereinzelt bereits stationäre Brennstoffzellen eingesetzt werden, verweisen bereits auf positive Ergebnisse, lassen aber keine direkten Rückschlüsse auf eine allgemeine Machbarkeit in Österreich zu.

Konkret wurden daher die folgenden Ziele im Projekt verfolgt:

- Analyse von Quartierlösungen (vorwiegend im Ausland beziehungsweise in den Task 33 Mitgliedsländern wie Deutschland), die bereits auf dezentrale Wasserstofflösungen setzen. Durch die systematische Untersuchung der Erfolgsfaktoren bei bestehenden Quartieren (vorwiegend in Deutschland beziehungsweise in Annex 33 Mitgliedsländern) und unter aktive Einbindung einer Stakeholdergruppe, werden im Rahmen dieses Vorhaben Erkenntnisse über die zu erwartenden Vorteile und die derzeit noch herrschenden Hürden beziehungsweise Barrieren analysiert.
- Eine wesentliche Motivation bei der Anwendung stationärer Brennstoffzellen ist die Erzielung eines "klimaneutralen Quartiers", wobei es dafür noch keine allgemein anerkannte Definition gibt. Im Vergleich zu herkömmlichen Plus-Energie-Quartieren ist nämlich die Wahl der Systemgrenzen, der Bewertungskriterien sowie der Bilanzierungsmethoden (vor allem die zeitliche Auflösung) von besonderer Relevanz, wenn Wasserstoff als Energieträger genutzt wird (Stichworte: Sektorkopplung und Langzeit-Speicher). Das Vorhaben hatte zum Ziel, bestehende Methoden zur energetischen Bewertung von Quartieren (z. B. basierend auf designPH und anderen relevanten Tools) zu evaluieren und Empfehlungen für deren Nutzung und Weiterentwicklung zu erarbeiten.
- Im Zuge der Projektarbeiten wurde weiters der Stand der Technik der Hardware-Komponenten erhoben. Der Stand der zurzeit verfügbaren Technologien für den Einsatz der Wasserstofftechnologien in Quartieren (Elektrolyseure, Speicher, Brennstoffzellen) wurde erhoben.
 - Die Modellierung der Energieflüsse in einem Quartier (zwischen Erzeugung, Speicherung, Verbrauch, mit unterschiedlichen Prioritätsregeln ist eine entscheidende Voraussetzung für die tatsächlich erfolgreiche Planung, Umsetzung und für den energieeffizienten Betrieb des Energiesystems. Insbesondere bei dem Einsatz von Wasserstofftechnologien, die saisonale Speicher und eine hohe Sektorkopplung ermöglichen, ist dieser Punkt sehr wichtig. Daher wurde im Projekt ein Fokus auf die derzeit verfügbaren open-source Tools gelegt. Eine Reihe von Tools wurde analysiert und drei davon wurden getestet. Ziel war es, eine Modellierungs- und Simulationsmethode zu wählen, welche für die weitere Analyse typischer Anwendungen in Österreich genutzt werden kann.

- Mit Hilfe der entwickelten Methode wurden drei typische Anwendungen von Brennstoffzellen auf Quartiersebene modelliert und simuliert. Konkret durchgeführt wurden Simulationen an drei strukturell unterschiedlichen Quartieren (ein gewerbliches Gebiet, ein städtisches Quartier und eine Energiegemeinschaft in einem ländlichen Gebiet), um Aussagen über die wichtigsten Voraussetzungen sowie die primären Vorteile treffen zu können.
- Erreichung und Vernetzung von Stakeholdern durch Veröffentlichungen (Publikationen und Konferenzbeiträge) und ein Ergebnisworkshop, insbesondere durch die Aufarbeitung der Ergebnisse in eine klare Entscheidungshilfe. Weitere Vernetzungsaktivitäten, wie die Teilnahme an den Annex 33 Meetings, tragen darüber hinaus dazu bei, die weiteren notwendigen Innovationen (Hardware, Software) und Aktivitäten (organisatorische Maßnahmen, Förderung) zur Erreichung eines letztendlich möglichst evolvierenden Einsatzes von Energielösungen mit Wasserstoff für geeignete klimaneutrale Quartiere in Österreich zu erreichen.

4.3 Vorgehensweise und Methoden

In den folgenden Abschnitten werden die Vorgehensweise und Methoden, die zu den Ergebnissen geführt haben, erläutert.

4.3.1 Status-quo-Studie

Es wurde zunächst nach bereits realisierten sowie noch in Planung befindlichen Projekte gesucht, in denen wasserstoffbasierte Energiesysteme in Quartieren eingesetzt wurden. Diejenigen Projekte, die sich ausdrücklich zum Ziel gesetzt haben, das entsprechende Quartier klimaneutraler (oder energieautark) zu machen, sowie aufgrund ihres Reifegrads (bereits realisiert oder in einer fortgeschrittenen Planungsphase) eine hochwahrscheinliche Umsetzung aufzeigen, wurden im Detail analysiert und die Daten dazu in Form von Steckbriefen zusammengefasst. Auch die Komponenten, welche bei der Realisierung dieser Projekte zum Einsatz kommen, wurden analysiert und beschrieben.

Der Stand der Technik sowie die Verfügbarkeit und der Platzbedarf von Elektrolyseuren, Wasserstoffspeichern und Brennstoffzellen wurden erfasst und tabellarisch im Anhang dargestellt. Auch die Rolle von Planungs- und Dimensionierungstools wurde ermittelt und die Ergebnisse aus der Recherche nach bestehenden Open-Source-Tools wurden zusammengefasst. Anhand von Interviews mit zahlreichen relevanten Stakeholdern aus der Branche (Projektbeteiligte, Komponenten- und Toolhersteller) wurde die Analyse mit weiteren Informationen ergänzt und vertieft.

Darauf aufbauend wurden die untersuchten Quartiere in Typen klassifiziert und es wurden für die in diesem Projekt relevanten Anwendungen die Erfolgsfaktoren, Grenzen und Bedarfe für die

Replizierbarkeit in Österreich mittels einer SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) identifiziert.

Der Begriff „Klimaneutralität“ beziehungsweise „klimaneutrales Quartier/klimaneutrales Areal“ ist derzeit nicht allgemeingültig definiert. In der Analyse zur Einsatzfähigkeit stationärer Brennstoffzellen in integrierten erneuerbaren Energiekonzepten von klimaneutralen Quartieren wurde zunächst ermittelt, welche Definitionen des Begriffs „klimaneutrales Quartier“ derzeit innerhalb und außerhalb Österreichs angewandt werden. Es wurde außerdem der Frage nachgegangen, welche Bewertungsmethoden und Zertifizierungssysteme (national und international) für die Bewertung von klimaneutralen Quartieren herangezogen werden. Ebenso wurde untersucht, wie sich die gängigsten Bewertungsmethoden hinsichtlich der Bilanzierungsgrenzen der Energieversorgung (zeitliche Auflösung der Bilanzierung und räumliche Abgrenzung) unterscheiden, sowie wie der erfassten Energieverbrauchssektoren (Strom und Wärme für Gebäude, öffentliche Infrastruktur und E-Mobilität) in den verschiedenen Bewertungstools zu klimaneutralen Quartieren unterscheiden. Insbesondere wurden die in Österreich relevanten Planungs- beziehungsweise Bewertungsmethoden (Zukunftsquartier-Ansatz und klimaaktiv Standard für Siedlungen und Quartiere) (Schöfmann, et al., 2020) der Bewertungsmethode der Deutschen Energie-Agentur (DENA) (Energie-Agentur, 2024) gegenübergestellt.

4.3.2 Entwicklung einer Modellierungs- und Simulationsmethode

Eine wesentliche Fragestellung am Anfang des Projekts war, wie die Energieflüsse in einem Quartier oder in einer Energiegemeinschaft modelliert und simuliert werden können, um Planungssicherheit zum Einsatz eines wasserstoffbasierten Energiesystems zu ermöglichen. Im Rahmen des Projektes wurden die derzeit zur Verfügung stehenden Tools aufgestellt und miteinander verglichen. Eine erste Multi-kriterien Analyse hat darauffolgend einen ersten Vergleich ermöglicht. Die Kriterien für die Analyse waren:

- Eine open-source oder quasi-open-source Verfügbarkeit
- Eine stündliche Bilanzierung (oder viertelstündliche)
- Eine mögliche Berücksichtigung von Speicher, Mobilität und wasserstoffbasierte Elemente (Elektrolyseur, Brennstoffzelle)

Aus der Duzen an Anwendungen, die anfänglich gelistet wurden, wurden 3 Tools selektiert, welche respektive in Deutschland, der Schweiz und Italien entwickelt wurden:

- districtPH (Herausgeber: Passivhaus Institut GmbH, Darmstadt) (Passivhaus Institut GmbH, 2024)
- City Energy Analyst (Herausgeber: Institute of Technology in Architecture ETH Zürich) (Chair of Architecture and Building Systems, ETH Zurich, 2024)

- MESS (MESSpy - Multi-Energy System Simulator, Herausgeber: Department of Industrial Engineering (DIEF), University of Florence (UNIFI) (Universität Florenz, 2024)

Diese drei Tools wurden in weiterer Folge getestet. Für den Test wurde ein Beispiels-Quartier zugrunde gelegt (Energiegemeinschaft im urbanen Raum, siehe nächster Absatz). Dieses Quartier wurde jeweils mit den drei Tools modelliert und es wurde hiermit getestet, wie die Eingabe bei den Tools funktioniert und wie die Ergebnisse dargestellt werden.

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Test der drei Tools zusammen.

Tabelle 1: Test der drei Tools

Kriterien / Tools	districtPH	City Energy Analyst	MESS
Fokus der Software	Sanierung der Gebäude in einem Quartier	Energiemodellierung von Quartieren und Städten	Simulation von Multi-Energie-Systemen
Lizenz	Kommerziell	Open Source	Open Source
Benutzeroberfläche	Excel (deutsch)	GUI (englisch)	Phyton
Abbildung Wasserstoffkomponente	Nein	nein	ja
Abbildung Energiespeicherung	Eingeschränkt	nein	Ja
Abbildung Mobilität	ja	ja	Ja (über Last-Profile)
Energiegemeinschaften	nein	nein	Geplant
Sektorkopplung	nein	ja	ja

Die Ergebnisse der Testphase führte zur Entwicklung einer Methode, die für weitere Simulationsarbeiten verwendet werden soll. Bei dieser Methode werden als Erstes Last-Profile für die Gebäude und für die weiteren Verbraucher im Quartier mit der Anwendung „district PH“ definiert. Dort kann insbesondere die Energieeffizienz der Gebäude genau angegeben werden und die Wärme und Stromlasten für das gesamte Quartier abgeleitet werden. Die Verbraucherprofile (Strom und Wärme) sowie die Erzeugungsprofile aus erneuerbaren Energieträgern werden in einem zweiten Schritt in die Anwendung MESS exportiert. Dort werden die Komponenten (Elektrolyseur, Speicher, Brennstoffzellen) abgebildet und Prioritäten für die Energieflüsse definiert. Die Simulation läuft auf einer stündlichen Basis und die Ergebnisse können z. B. in Form von Balkendiagramme mit einer Energiebilanzierung für jeden Monat übersichtlich dargestellt werden.

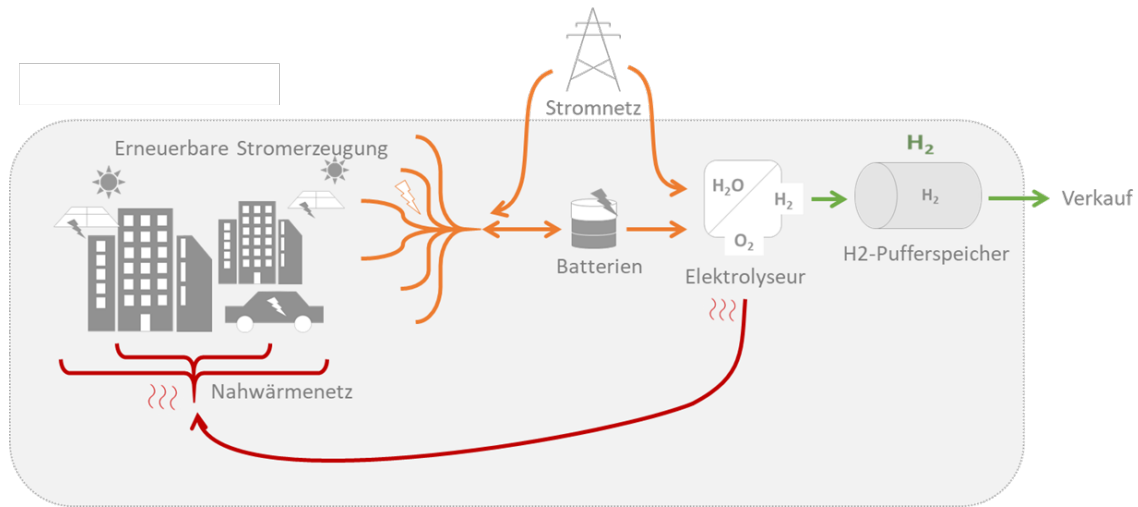
4.3.3 Entwicklung von Empfehlungen für typische Anwendungen

Für die Erarbeitung von Empfehlungen für typische Anwendungen, die aus diesem Projekt resultieren sollen, wurden drei, für Österreich typische Anwendungen modelliert und simuliert. Zwei dieser Quartierstypen wurden so gewählt, dass sie möglichst viele Formen von Energiegemeinschaften in Österreich abbilden können. Ein Quartierstyp repräsentiert ein urbanes Umfeld, der zweite Quartierstyp ein ländliches Umfeld. Der dritte Typ repräsentiert ein industrielles Areal, bei dem untersucht wird, in wie fern die Nutzung von Wasserstoff die Dekarbonisierung deren Anwendungen unterstützt. Der dritte Quartierstyp repräsentiert ein industrielles Areal, bei dem untersucht wird, in wie fern die Nutzung von Wasserstoff die Dekarbonisierung deren Anwendungen unterstützt. Alle drei Quartiere lehnen sich an einem realen Beispiel, welche in den Steckbriefen beschrieben wurden. Für die Studie mussten die Quartiere verallgemeinert bzw. strukturell vereinfacht werden. Die folgenden Absätze geben eine kurze Beschreibung der gewählten Quartierstypen und der Szenarien, die für die Simulationen zum Einsatz gekommen sind.

Quartier Typ 1: Energiegemeinschaft im urbanen Raum

In einer typischen Energiegemeinschaft im urbanen Raum wird erneuerbarem Strom aus PV (Fassade und Dach) lokal erzeugt und direkt verbraucht beziehungsweise über Batterien kurzgespeichert. Ist die PV-Erzeugung ausgebaut, kann es jedoch zu Überschüssen im Sommer kommen, die entweder unwirtschaftlich ins Netz eingespeist werden oder gar nicht genutzt werden können. Zudem weist typischerweise die Energiegemeinschaft einen hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern für die Raumwärme (Gasheizungen) und die Mobilität. Als Beispiel für die Simulation wurde die Energiegemeinschaft „Green Energy Center“ in Innsbruck zur Grundlage gelegt (FEN Sustain Systems GmbH, 2024). Das Quartier besteht aus einer Mischung aus mehrgeschossigen Wohngebäuden mit Büros und Supermarktflächen. Die Mobilität (e-Autos und Ladestationen, Straßenbahn) wurde ebenfalls in der Simulation berücksichtigt. Die Eigenschaften des Quartiers wurden weiterhin für die Simulation vereinfacht. Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung des Quartiers mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologien.

Abbildung 2: Schematische Darstellung des Quartierstyp 1: Energiegemeinschaft im urbanen Raum



Quelle: Österreichische Energieagentur

Die Simulation wurde für drei Szenarien, die einer schrittweisen Sanierung des Quartiers mit Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartier entsprechen, durchgeführt. Die Daten zu den Szenarien sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 1

Bezeichnung	Szenario 1 „wie Bestand“	Szenario 2 „durchschnittliche Sanierung“	Szenario 3 „hochwertige Sanierung“
Gebäudestandard	Schlecht	Durchschnittliche Sanierung	Sehr gut (Passivhaus)
PV	500 kWp	1.000 kWp	2.000 kWp
Elektrolyse	-	100 kW mit mindestens 25 % Auslastung	100 kW mit mindestens 25 % Auslastung

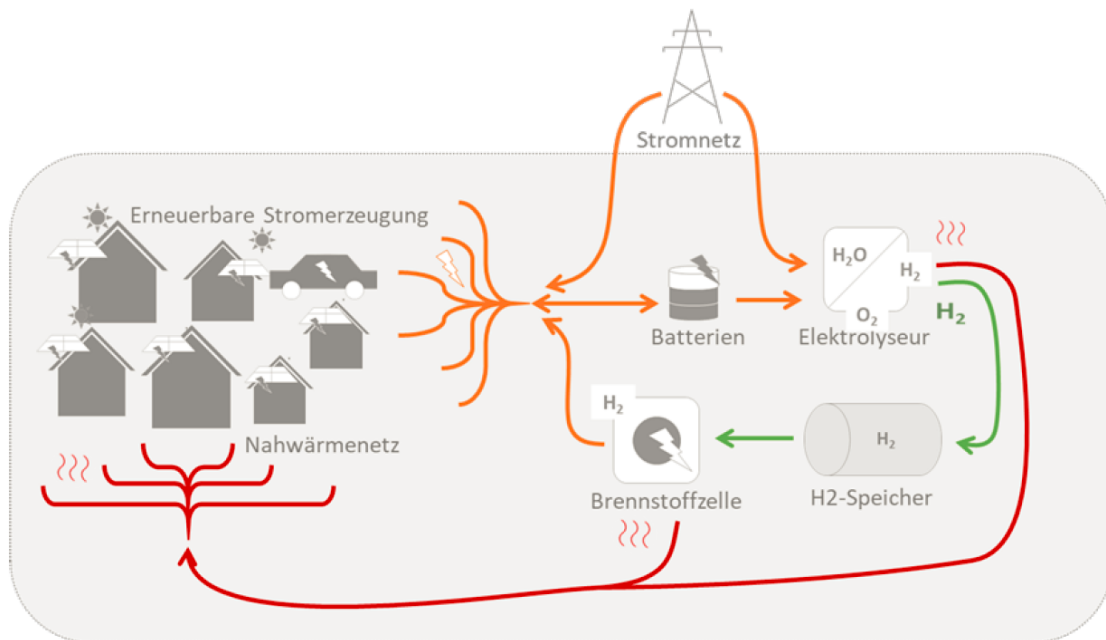
Eigenschaften: 11.600 m² Wohnfläche, 800 m² Büros, 2.000 m² Supermarkt, E-Ladestationen mit Bedarf aus Car-Sharing

Quartier Typ 2: Energiegemeinschaft im ländlichen Raum

Quartierstyp 2 ist eine Energiegemeinschaft mit hauptsächlich Einfamilienhäusern sowie mit Mehrfamilienhäusern und Dienstleistungsgebäuden im geringen Ausmaß. Die Besonderheit im

ländlichen Raum ist eine eher schlechte Anbindung an das Stromnetz, welche zu Problemen mit der Versorgungssicherheit im Winter führen kann. Großzügige Flächen für eine umfangreiche lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern stehen in diesem ländlichen Gebiet zur Verfügung. Zudem ist, wie im anderen Quartier im Bestand noch ein hoher Bedarf an fossil-basierten Energieträgern für die Raumwärme und die Mobilität. Als Beispiel für die Simulation wurde die Energiegemeinschaft in Gasen (Almenland) zu Grunde gelegt (Klima- und Energiefonds Österreich, 2024). Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung des Quartiers mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologien.

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Quartierstyp 2: Energiegemeinschaft im ländlichen Raum



Quelle: Österreichische Energieagentur

Auch für dieses Quartier wurden drei Szenarien entworfen und simuliert. Die Szenarien sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 2

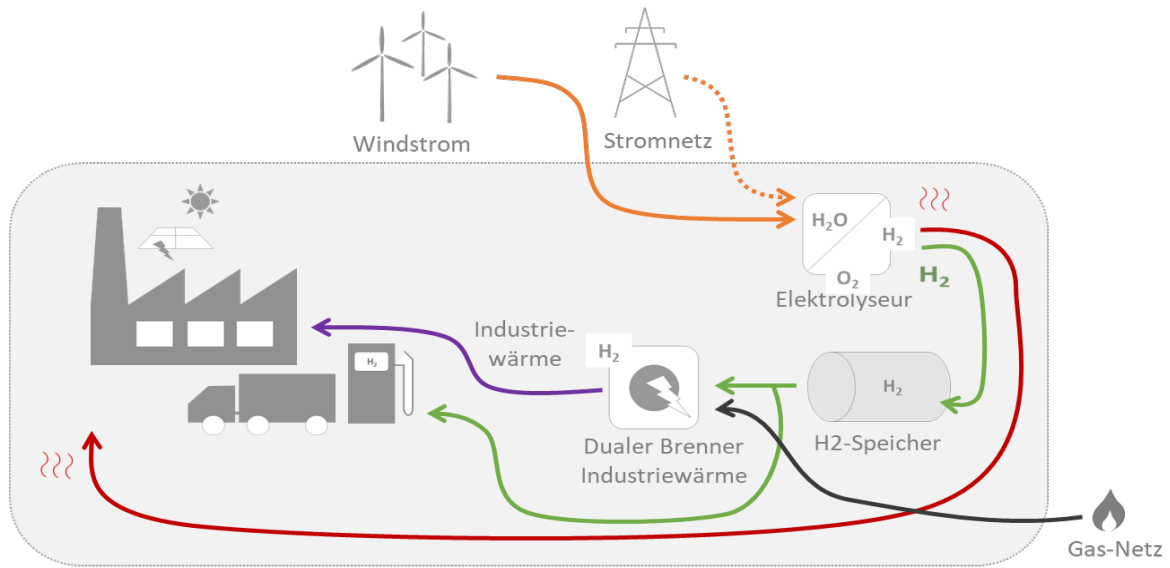
Bezeichnung	Szenario 1 „wie Bestand“	Szenario 2 „durchschnittliche Sanierung“	Szenario 3 „hochwertige Sanierung“
Gebäudestandard	Schlecht	Durchschnittliche Sanierung	Hoch (Passivhaus)
PV	500 kWp	1.000 kWp	2.000 kWp
Elektrolyse	-	100 kW (Betrieb nur in Sommer)	100 kW (Betrieb nur in Sommer)
Brennstoffzelle	-	11 kW (Betrieb nur im Winter)	11 kW (Betrieb nur im Winter)
H2-Speicher	-	500m ³ bei 30 bar	500m ³ bei 30 bar
Batterie-Speicher	1.000 kWh	1.000 kWh	1.000 kWh

Eigenschaften: 3.800 m² Wohnfläche, 3.200 m² Schulen und Kindergarten, 450 m² Büros, 1.600 m² Gastronomie, E-Ladestationen

Quartier Typ 3: industrielles Areal

Energieverbraucher und -erzeuger können in industriellen Arealen sehr unterschiedlich sein. Die hier gewählte Anwendung lehnt sich an ein reales Beispiel an, die MPreis Produktionsanlage in Völs in Tirol, wo Wasserstofftechnologie (Elektrolyseur, H2-Speicher) eingesetzt wurde (MPREIS Warenvertriebs GmbH, 2024). Für die Simulation und Analyse wurde der Fokus auf die Erzeugung der Industrierwärme und auf die Mobilität (LKW-Transporter) gelegt, wie es in dem folgenden Schema dargestellt ist.

Abbildung 4: Schematische Darstellung des Quartierstyp 3: Industrielles Areal



Quelle: Österreichische Energieagentur

Hier wurde die Auswirkung einer schrittweisen Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Strom im Elektrolyseur auf die Dekarbonisierung der verschiedenen Verbraucher der Anlage simuliert. Die Eigenschaften des Quartiers, die simuliert wurden, sind in der folgende Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 3

Anlagenteile	Anlagendetails
Bedarf Erdgas	12 GWh pro Jahr
PV	2 MWp
Mobilität beziehungsweise- Logistik	5 x H2-Trucks beziehungsweise 73.000 kg H2 pro Jahr
Brennstoffzelle	-
Elektrolyse	3 MW
H2-Speicher	300 m ³ 30 bar

Bewertung der Klimaneutralität

Ziel ist es, für jeden dieser drei Quartierstypen die Rolle der Wasserstofftechnologie zur Erreichung der Klimaneutralität zu bewerten. Für diesen Zweck wurden die im Rahmen der Status quo Studie analysierten Bewertungsmethoden zu Grunde gelegt. Fünf Kriterien wurden für die Bewertung der Klimaneutralität der drei untersuchten Quartiere gewählt:

- Energieeffizienz (Wärme, Strom, Mobilität)
- Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Endverbrauch (alle Sektoren)
- Sektorkopplung (diversifizierte Nutzung der Energieträger einschließlich Business Case für den Verkauf von Strom oder Wasserstoff)
- Netzdienlichkeit (Speicherkapazität im Sommer und Verringerung der Nachfragespitzen im Winter)
- Gesamte Lebenszyklus-Emissionen

Die Quartiere in den verschiedenen Szenarien wurden anhand der Simulationsergebnisse sowie anhand der aus der Status-quo-Studie gewonnenen Erkenntnisse mit diesen Kriterien auf einer Skala von 1 bis 5 (1= schlecht; 5=sehr gut) bewertet und in Form eines Netzdiagramm dargestellt (siehe Kapitel Ergebnisse).

5 Ergebnisse

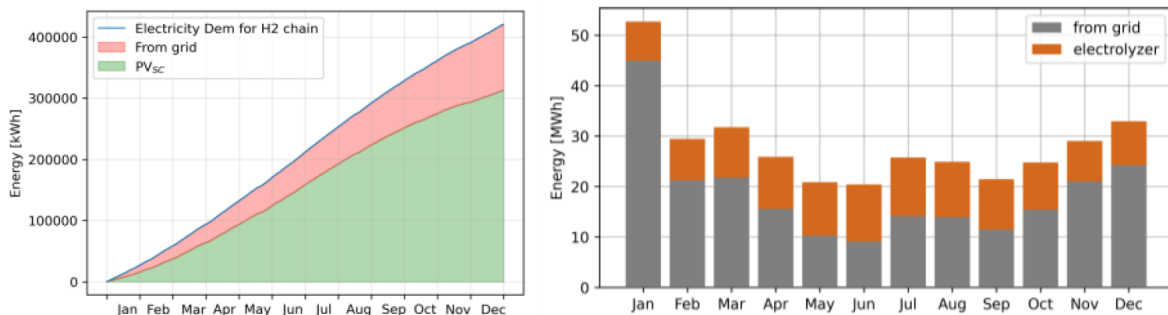
5.1 Projektergebnisse

Die Ergebnisse aus den Simulationen, kombiniert mit den Erkenntnissen aus der Status-quo-Analyse und den Stakeholder-Interviews haben zu Empfehlungen geführt, wo und unter welchen Voraussetzungen der Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartier zur Erreichung der Klimaneutralität zielführend ist. Die Ergebnisse wurden in Form einer Broschüre ausgearbeitet, welche sich an österreichische Stakeholder richtet und im Rahmen des Ergebnis-Workshops präsentiert wurden.

5.1.1 Energiegemeinschaft im urbanen Raum

Die Ergebnisse der Simulationen für die verschiedenen Szenarien bei der Energiegemeinschaft im urbanen Raum zeigen, dass selbst im Fall eines möglichst maximalen PV-Ausbaus (Szenario 3), Bezüge vom Netz erforderlich sind für eine gleichmäßige H₂-Erzeugung (direkter Abnehmer oder Einspeisung ins Gasnetz).

Abbildung 5: Szenario 3. Links: kumulierter Stromverbrauch zur Erzeugung einer gleichmäßigen Wasserstoffproduktion über das Jahr, nach Erzeugung (Netz oder PV). Rechts: monatlicher Wärmeverbrauch für das Quartier nach Wärmequelle (Gasnetz oder Abwärme aus dem Elektrolyseur)



Quelle: Österreichische Energieagentur

Wie in den Grafiken ersichtlich, kann die Abwärme aus dem Elektrolyseur genutzt werden und einen großen Teil des Wärmebedarfs für die Gebäude (Raumwärme und Warmwasser) decken, vorausgesetzt, die Gebäude sind auf einem hohen Energieeffizienz-Standard saniert. Ist die Abwärmenutzung mit Wärmepumpen kombiniert, ist eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs über die Abwärme vom Elektrolyseur realistisch.

Welche Verbesserungen der Einsatz eines wasserstoffbasierten Energiesystems hinsichtlich der Erreichung der Klimaneutralität bringen kann und unter welchen Voraussetzungen, wurde anschließend gelistet und in der folgenden Tabelle dargestellt. Die detaillierte Ausführung mit Netzdiagramm ist in der Projektbroschüre aufgestellt.

Tabelle 5: Voraussetzungen und zu erwartenden Vorteilen bei dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 1

Voraussetzungen	Vorteile
Die Gebäude sind auf höchstem Effizienzstandard (renoviert)	Reduzierte Netzbelastung durch Überschussproduktion
Erheblicher lokaler Überschuss an erneuerbarer Strom (z. B. PV)	Langfristiges Geschäftsmodell mit dem Verkauf von Wasserstoff
Möglicher Anschluss oder Installation von Wärmepumpen, die die Abwärme des Elektrolyseurs nutzen.	Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch des Quartiers
Entsprechendes Energieüberwachungs- und Managementsystem	Dekarbonisierung des Wärmebedarfs
Kunde für grünen Wasserstoff oder Möglichkeit der Einspeisung in das Gasnetz	-
Sicherheitsvorkehrungen notwendig für die Speicherung von Wasserstoff im Quartier	-

Fazit: Für eine gleichmäßige (und einigermaßen wirtschaftliche) Wasserstoffproduktion im urbanen Rau, ist der Flächenbedarf der PV-Anlage kombiniert mit dem der Wasserstoffkomponenten (Elektrolyseur, Wasserstoff-Pufferspeicher) sehr hoch. Diese Aspekte bilden eine starke Barriere zu einer generalisierten Anwendung dieser Technologie im Quartiertyp 1.

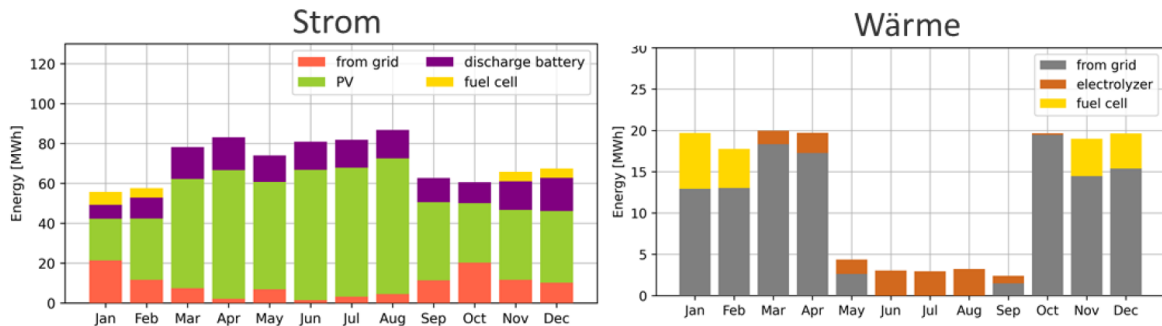
5.1.2 Energiegemeinschaft im ländlichen Raum

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass im Szenario 3 (siehe Kapitel 4.3), wenn

- die PV-Flächen völlig ausgebaut sind,
- die Gebäude auf den höchsten Energieeffizienz-Standard renoviert sind und
- die Wasserstoffkomponenten im Einsatz mit einem großen Wasserstoffspeicher sind,

circa 10 % des winterlichen Stromverbrauchs durch die Brennstoffzelle gedeckt werden kann.

Abbildung 6: Szenario 3. Links: monatlicher Stromverbrauch nach Erzeugung (Netz, PV, Ausladen der Batteriespeicher, Brennstoffzelle). Rechts: monatlicher Wärmeverbrauch nach Wärmequelle (Gasnetz, Abwärme aus dem Elektrolyseur oder aus der Brennstoffzelle)



Quelle: Österreichische Energieagentur

Mit einem entsprechenden Energiemanagementsystem kann die Brennstoffzelle dafür genutzt werden, Verbrauchsspitzen im Winter zu ebnen und dadurch das Netz zu entlasten. Eine vollständige Stromautarkie würde jedoch eine viel größere Erzeugung und Speicherkapazität erfordern. Dies ist unter den derzeitigen Randbedingungen (Preis, Platzbedarf, Sicherheit) nicht realistisch.

Ist die Wasserstofftechnologie installiert, kann und soll die Abwärme des Elektrolyseurs und der Brennstoffzelle optimal (zum Beispiel durch den zusätzlichen Einsatz von Wärmepumpen) genutzt werden, um den Wärmebedarf der Energiegemeinschaft zu dekarbonisieren.

Welche Verbesserungen der Einsatz eines wasserstoffbasierten Energiesystems hinsichtlich der Erreichung der Klimaneutralität bringen kann und unter welchen Voraussetzungen, wurde in der folgenden Tabelle dargestellt. Die detaillierte Ausführung mit den Netzdiagrammen wurde beim Ergebnis-Workshop vorgestellt.

Tabelle 6: Voraussetzungen und zu erwartende Vorteilen mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 2

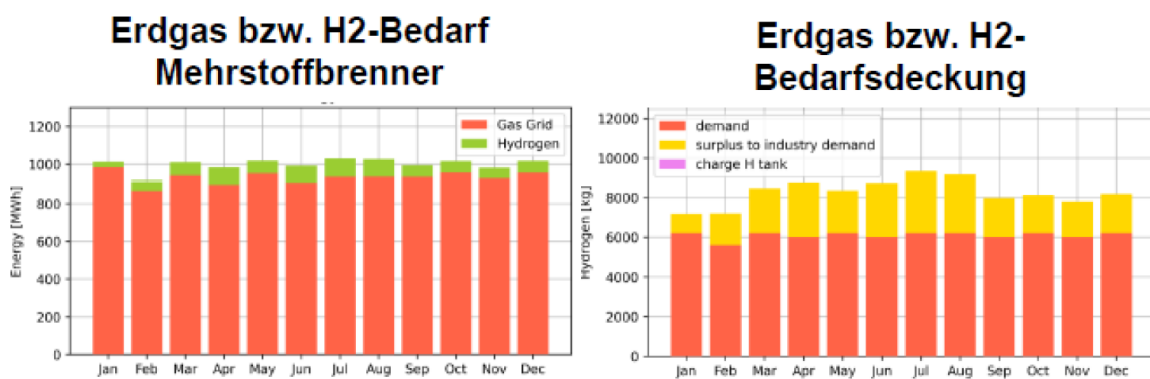
Voraussetzungen	Vorteile
Die Gebäude sind auf höchstem Effizienzstandard (renoviert)	Entlastung des Netzes im Winter
Erheblicher lokaler Überschuss an erneuerbarer Strom (z.B. PV)	Verringerung des Risiko von Stromausfällen

Voraussetzungen	Vorteile
Platz für einen großen H2-Speicher	Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger am Endenergieverbrauch des Quartiers
Möglicher Anschluss oder Installation von Wärmepumpen, die die Abwärme des Elektrolyseurs nutzen.	Dekarbonisierung des Wärmebedarfs
Entsprechendes Energieüberwachungs- und Managementsystem	-

5.1.3 Industrielles Areal

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass mit einem 50 % Anteil von erneuerbaren Energieträgern (in dem Fall PV) in der Stromerzeugung, circa zwei Drittel des Wasserstoffbedarfs für die Betankung der Wasserstoff-LKWs aus erneuerbarem Strom stammt. Allerdings ist nur ein kleiner Teil des produzierten Wasserstoffs (etwa 5 %) für die Erzeugung der industriellen Wärme übrig.

Abbildung 7: Links: monatlicher Energieverbrauch für die Erzeugung der Industriewärme, nach Brennstoff (Gas oder Wasserstoff). Rechts: Monatliche Wasserstoffproduktion und Verbrauch nach Anwendung (unten, orange: die Betankung der LKW-Flotte und oben, gelb der Wasserstoff zur Erzeugung der Industriewärme)



Quelle: Österreichische Energieagentur

Welche Verbesserungen der Einsatz eines wasserstoffbasierten Energiesystems hinsichtlich der Erreichung der Klimaneutralität bringen kann und unter welchen Voraussetzungen, wurde in der folgenden Tabelle dargestellt. Die detaillierte Ausführung mit den Netzdiagrammen wurde im Rahmen des Ergebnis-Workshops vorgestellt.

Tabelle 7: Die Voraussetzungen für und die zu erwartenden Vorteile mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 3

Voraussetzungen	Vorteile
Lokale oder nahe gelegene Erzeugung von erneuerbarer Energie beziehungsweise Anschluss an einem Netz, das im Sommer mit Energieüberschüssen konfrontiert ist	Absorption von Überschüssen aus dem Netz (Netzentlastung) – Geschäftsmodell
Effizienter Betrieb des Areal	Dekarbonisierung der Anwendungen (Mobilität, industrielle Wärme, Wärmebedarf für die Büros)
Mögliche Installation eines großen Wasserstoffspeichers	Dekarbonisierung von Notfallsystemen (Stromerzeuger)
Diversifizierte Nutzung von Wasserstoff	-
Sicherheitsvorkehrungen notwendig für die Speicherung von Wasserstoff auf dem Areal	-
Entsprechendes Energieüberwachungs- und Managementsystem	-

5.2 Publikationen

Die Projektaktivitäten und Ergebnisse sind in diversen Publikationen aufgeführt, welche sich an unterschiedliche Stakeholder-Gruppen richten, sowohl in Österreich als auch international:

- Im Rahmen der Stakeholder-Interviews, die in der Periode von Februar bis April 2023 stattfanden, wurde das Projekt sowie der IEA Task 33 den jeweiligen Interview-Partner vorgestellt. Die Projektpräsentation steht zum Download auf der *Projektwebseite* [Dezentrale Wasserstofflösungen in klimaneutralen Quartieren: AEA - Österreichische Energieagentur \(energyagency.at\)](#) bereit.
- Im Rahmen der EFC Conference in Capri in September 2023 wurden die Methode und die Ergebnisse der Tooltests vorgestellt (Quaine, Sibille, Simader, & Fleischhacker, 2023). Der Konferenzbeitrag kann heruntergeladen werden. Dieser Artikel – ergänzt mit den weiteren Ergebnissen aus der Simulationen – wird in der „special issue“ vom „international journal of hydrogen energy“ publiziert (voraussichtlich in Herbst 2024).
- Im Rahmen des IEA Task Meetings in März 2023 wurden das Projekt und die bisherigen Fortschritte den internationalen Task-Mitgliedern präsentiert. Die Präsentation ist auf der Projekt-

Webseite verfügbar. Die weiteren Fortschritte sowie die Projektergebnisse wurden den Mitgliedern am 8. April 2024 im Rahmen des IEA Task Meetings in Vancouver online vorgestellt. Die Präsentation ist ebenfalls auf der Projektwebsite verfügbar. Zudem wird ein Bericht in englischer Sprache über das Projekt verfasst und demnächst auf der IEA Webseite zur Verfügung gestellt.

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

6.1 Zielgruppen und Advisory Board

Das Projekt und seine Ergebnisse richten sich an verschiedene Zielgruppen:

- Städte, Gemeinden, Bundesländer (Bund), wie beispielsweise, Städte- und Gemeindebund oder Projektentwickler, die sich für diese Art von Technologie interessieren und konkrete Beispiele beziehungsweise konkrete Voraussetzungen dafür bekommen möchten
- Technologieanbieter, Produkthersteller, die ihre Technologie in Österreich verbreiten möchten und sich über den Stand der Technik bei den anderen Hersteller:innen informieren möchten
- Wissenschaftliche Akteure und Softwaretool Entwickler:innen, die sich mit der Modellierung und Simulation von Energieflüssen in Quartieren oder Energiegemeinschaft beschäftigen
- Energieversorger:innen, die sich über die wissenschaftlichen Erkenntnisse über mögliche Energiesysteme der Zukunft informieren können.

Im Rahmen der Interviews wurde das Projekt den Akteur:innen aus den diversen Zielgruppen vorgestellt, und diese wurden zu ihrer Einstellung zum Einsatz von Wasserstofftechnologien in Quartieren befragt.

In Summe wurden 31 Personen kontaktiert und 23 Interviews durchgeführt. Diese Interviews haben dabei geholfen, das Vorhaben und die Forschungsfragen zu kommunizieren. Weiters hat das Projektteam dadurch bereits am Projektanfang ein klareres Bild über die Einstellung der diversen Zielgruppen erhalten, insbesondere, wo die meisten Vorteile und Barrieren wahrgenommen werden.

6.2 Dissemination der Projektergebnisse in Österreich

Die aus der Studie in AP4 resultierenden, typischen Anwendungsfälle wurden in Form von Empfehlungen zusammengefasst. Diese Ergebnisse und Empfehlungen wurden im Rahmen eines Ergebnis-Workshops am 8. April 2024 präsentiert.

Der Workshop wurde beworben mittels persönlicher Einladung an die Stakeholder, die bereits im vorherigen Jahr für die Interviews kontaktiert worden waren. Zusätzlich wurde der Workshop auf diversen Plattformen angekündigt, wie zum Beispiel LinkedIn, die HyPa-Plattform (Österreichische Energieagentur, 2024) sowie auf der AEA Projekt-Webseite (Österreichische Energieagentur, 2024).

Neben der Präsentation des IEA AFC TCP und des Task 33 sowie der Projektergebnisse wurden im Ergebnis-Workshop auch verschiedene Fachvorträge gehalten. Zudem wurde Zeit für Diskussionen der Ergebnisse und mögliche Vernetzungen eingeräumt.

Zum Workshop hatten sich Personen angemeldet, welche zum Großteil die Interview-Partner aus der ersten Phase des Projektes waren. Die Aufzeichnung des Workshops und die Präsentationen sind auf die Projekt-Webseite verfügbar.

Das Projekt und die Ergebnisse sind auf der Webseite der AEA sowie auf der Webseite von Nachhaltig Wirtschaften ersichtlich. Es ist darüber hinaus geplant, dass die Projektergebnisse in englischer Sprache auf der Webseite des AFC TPC zur Verfügung gestellt wird.

6.3 Dissemination der Projektergebnisse international

Das fand Projekt Anklang auf internationaler Ebene, zum einen in den wissenschaftlichen Kreisen, die sich mit der Entwicklung von Modellierungswerkzeugen für Quartiere beschäftigen, und zum anderen in der Task 33 der IEA.

Die österreichische Energieagentur nahm teil an zwei „IEA Task 33“ Meetings (einmal „live“ in Tokio in März 2023 und einmal online in Vancouver in April 2024), in denen die Ergebnisse den teilnehmenden Ländern präsentiert werden. Die Teilnahme an diesen Meetings wurden genutzt, um einen Wissens- und Ergebnistransfer zwischen den Partnern herzustellen sowie um mögliche Synergien für die weiteren Forschungsaktivitäten zu finden. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Aktivitäten der Task-Mitglieder sich derzeit auf Anwendungen in der Mobilität oder für unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme/Notstromversorgungen basierend auf Wasserstoff fokussieren und dass deshalb **außerhalb Europa kaum Beispiele** für klimaneutrale Quartiere mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologie, wie wir sie in diesem Projekt definiert haben, von den Mitglieder gefunden werden konnten.

Die Methodik und die Ergebnisse der in AP4 durchgeführten Analysen sowie die Empfehlungen zur Verbesserung der Software-Tools wurden in Form einer wissenschaftlichen Publikation herausgearbeitet. Diese Ergebnisse wurden bei der „European Fuel Cells and Hydrogen Conference“, in September 2023 in Capri vorgetragen (Quaine, Sibille, Simader, & Fleischhacker, 2023) und – mit den weiteren Projektergebnissen ergänzt – in der „special issue“ vom „international journal of hydrogen energy“ publiziert (voraussichtlich in Herbst 2024).

Sowohl bei der Konferenz als auch beim Workshop haben die Tooltests und die Modellierung beziehungsweise die Simulationsversuche großes Interesse in den wissenschaftlichen Kreisen geweckt. Da die Tools sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, sind der internationaler Austausch sowie die Kooperationsmöglichkeiten sehr gut aufgenommen worden.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

7.1 Schlussfolgerungen

Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Studie sind in den folgenden Punkten zusammengefasst:

- Hohe Energieeffizienzstandards und der weitere Ausbau von erneuerbaren Energieträgern sind die primären und wichtigsten Schritte für Quartiere für die Erreichung der Klimaneutralität
- Der Mehrwert von dezentralen Wasserstofftechnologien in Quartieren setzt sich hauptsächlich zusammen aus
 - der Versorgungssicherheit für Strom und Netzentlastung in Winter wie im Quartier Typ 2 „Energiegemeinschaft im ländlichen Raum“ beschrieben – eine Stromautarkie in den Wintermonaten erscheint derzeit nicht realistisch – und
 - die Dekarbonisierung des Endverbrauchs in Industrie Arealen (Industriewärme, Mobilität, Notstromversorgung), wie im Quartier Typ 3 „industrielles Areal“ beschrieben.
- Bei der Verwendung von Wasserstofftechnologien in Quartieren soll die Abwärme des Elektrolyseurs oder der Brennstoffzelle für die Deckung des Wärmebedarfs genutzt werden, um den Wärmebedarf zu unterstützen. Die Ergebnisse der Simulationen haben gezeigt, dass bei Gebäuden mit hohem Energieeffizienzstandard eine vollständige Dekarbonisierung der Raumheizung durch Abwärmenutzung (mit Wärmepumpen) erreicht werden kann.
- Die technischen Komponenten (Hardware) für den Einsatz von wasserstoffbasierten Systemen (Elektrolyseure, Speicher, Brennstoffzellen) in Quartieren sind verfügbar. Die wesentlichen Barrieren liegen nach wie vor bei den Investitionskosten, beim Platzbedarf für die Infrastruktur und der Mangel an Erfahrung beziehungsweise an geeigneten Planungs- und Bilanzierungstools.

7.2 Ausblick

Am Ende des Projektes kristallisieren sich insbesondere zwei Forschungsschwerpunkte heraus für die zukünftige Arbeit.

Der erste Schwerpunkt

Der erste Schwerpunkt betrifft die Weiterentwicklung des Modellierungstools. Die Methode, die mit der Anwendung MESS entwickelt wurde, ist noch im „early stage“ und die Modellierungs- beziehungsweise Simulationsarbeiten waren sehr aufwändig. Wie bereits in der Status-quo-Studie erwähnt, ist die eine allgemein anwendbare Anwendung notwendig, um in der Planung und verbreitete Umsetzung von Energiegemeinschaften, mit oder ohne Wasserstofftechnologien zu ermöglichen. Insbesondere um Strom-, Wasserstoff- oder Wärmespeicher in einem Quartier richtig zueinander zu proportionieren und zu priorisieren müssen eigene Modelle entwickelt werden. Berechnungsmethoden zur Findung des energetisch-wirtschaftliches Optimums für die möglichen Anwendungen müssen auch in diesen Planungstools berücksichtigt werden.

Was die in dem Projekt verwendete Methode anbelangt, sind bis zu einer kommerziellen Version insbesondere die folgenden Entwicklungsschritte notwendig:

- Integration einer Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Bewertung der Klimaneutralität von Quartieren anhand verschiedenen Kriterien
- Entwicklung der Benutzeroberfläche

Der zweite Schwerpunkt

Der zweite Schwerpunkt, der sich für eine künftige Recherche herauskristallisiert hat, betrifft unterbrechungsfreien Stromversorgungssysteme beziehungsweise Notstromversorgungen basierend auf Wasserstoff. Durch den internationalen Austausch hat sich gezeigt, dass viele Länder die Wasserstofftechnologie an dieser Stelle als wichtig sehen und Schwerpunkte in diese Bereiche legen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Test der drei Tools	20
Tabelle 2: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 1	22
Tabelle 3: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 2	24
Tabelle 4: Szenarien für die Simulation von Quartiertyp 3	25
Tabelle 5: Voraussetzungen und zu erwartenden Vorteilen bei dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 1	28
Tabelle 6: Voraussetzungen und zu erwartende Vorteilen mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 2	29
Tabelle 7: Die Voraussetzungen für und die zu erwartenden Vorteile mit dem Einsatz von Wasserstofftechnologie im Quartierstyp 3	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Energiesystems im Quartier „Neue Stadt“ in Esslingen, Deutschland.....	16
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Quartierstyp 1: Energiegemeinschaft im urbanen Raum	22
Abbildung 3: Schematische Darstellung des Quartierstyp 2: Energiegemeinschaft im ländlichen Raum	23
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Quartierstyp 3: Industrielles Areal.....	25
Abbildung 5: Szenario 3. Links: kumulierter Stromverbrauch zur Erzeugung einer gleichmäßigen Wasserstoffproduktion über das Jahr, nach Erzeugung (Netz oder PV),. Rechts: monatlicher Wärmeverbrauch für das Quartier nach Wärmequelle (Gasnetz oder Abwärme aus dem Elektrolyseur)	27
Abbildung 6: Szenario 3. Links: monatlicher Stromverbrauch nach Erzeugung (Netz, PV, Ausladen der Batteriespeicher, Brennstoffzelle). Rechts: monatlicher Wärmeverbrauch nach Wärmequelle (Gasnetz, Abwärme aus dem Elektrolyseur oder aus der Brennstoffzelle)	29
Abbildung 7: Links: monatlicher Energieverbrauch für die Erzeugung der Industriewärme, nach Brennstoff (Gas oder Wasserstoff). Rechts: Monatliche Wasserstoffproduktion und Verbrauch nach Anwendung (unten, orange: die Betankung der LKW-Flotte und oben, gelb der Wasserstoff zur Erzeugung der Industriewärme).....	30

Literaturverzeichnis

Chair of Architecture and Building Systems, ETH Zurich. (17. 05 2024). Abgerufen von cityenergyanalyst.com/

Energie-Agentur, D. (17. 05 2024). *Deutsche Energie-Agentur*. Abgerufen von dena.de/projekte/projekte/projektarchiv/klimaneutrale-quartiere-und-areale/

FEN Sustain Systems GmbH. (17. 05 2024). Abgerufen von green-energy-center.com/

Klima- und Energiefonds Österreich. (17. 05 2024). Abgerufen von klimaundenergiemodellregionen.at/ausgewahlte-projekte/best-practice-projekte/showbpp/525

MPREIS Warenvertriebs GmbH. (17. 05 2024). Abgerufen von mpreis.at/wasserstoff

Österreichische Energieagentur. (17. 05 2024). Abgerufen von hypa.at/

Österreichische Energieagentur. (17. 05 2024). Abgerufen von energyagency.at/dezentrale-wasserstoffloesungen-in-klimaneutralen-quartieren

Passivhaus Institut GmbH. (17. 05 2024). Abgerufen von passiv.de/de/04_phpp/07_districtph/07_districtph.html

Projekträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH. (17. 05 2024). Abgerufen von ptj.de/fokusthemen/klimaschutz/sektoer-gebaeude

Quaine, K., Sibille, E., Simader, G., & Fleischhacker, N. (2023). The Viability of Climate Neutral Districts Integrating “Power on Demand” and “Power to Hydrogen” regimes: A Comparative Study of Simulation Tools. Capri: EFC Conference.

Schöfmann, P., Zegler, T., Bartlmä, N., Schneider, S., Leibold, J., & Bell, D. (2020). *Zukunftsquartier, Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien*. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).

Simader, G., & Vidovic, P. (2023). *IEA Fortschrittliche Brennstoffzellen*. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,. Abgerufen von energyagency.at/fileadmin/1_energyagency/projekte/gruener_wasserstoff/iea_fortschrittliche_brennstoffzellen_annex_33_-_brennstoffzellen_fuer_stationaere_anwendungen.pdf

Universtität Florenz. (17. 05 2024). Von github.com/pielube/MESSpy abgerufen

Abkürzungen

AEA	Österreichische Energieagentur
AFC	Advanced Fuel Cell
ENEA	Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development
ExCo	Executive Committee
FC	Fuel Cell
F&E	Forschung und Entwicklung
HyPa	Hydrogen Partnership Austria
H ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser/Wasserdampf
IEA	Internationale Energieagentur
LKW.	Lastkraftzeug
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell
O ₂	Sauerstoff
PV.	Photovoltaik

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at