2023

green energy lab.at

Hybrid District Heating DEMO

Final Report







Foto: shutterstock, © metamorworks

Foto: Pecold/Shutterstock

Foto: Manuel Schmid/Shutterstock

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart Cities Demo“ durchgeführt. Das Projekt ist mit der Forschungsinitiative Green Energy Lab assoziiert, einem Teil der österreichischen Innovationsoffensive „Vorzeigeregion Energie“ des Klima- und Energiefonds.

Smart Cities Demo – Living Urban Innovation 2018

Programmsteuerung:
Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Open Innovation-Entwicklung & Umsetzung von P2X-Geschäfts- & Finanzierungsmodellen durch Hybridfernwärme in Neusiedl- Hybrid DH DEMO

D7.2 Endbericht über Ergebnisse, Handlungsempfehlungen und Schlussfolgerungen

erstellt am 28.02.2023

Erstellt von:

Enercon *David Weiß*	***4ward Energy Research*** *Thomas Nacht, Johanna Ganglbauer, Alois Kraußler* ***Evelyn Hummer***	***Energie Burgenland*** *Teresa Handler, Matthias Lehner*	***Forschung Burgenland*** *Monika Millendorfer, Christian Pfeiffer, Marion Rabelhofer, Lukas Gnam Markus Puchegger, Markus Spindler*	***TBH Ingenieur GmbH*** *Christoph Urschler, Rainer Kogler*

DANKSAGUNG

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Smart Cities Demo“ durchgeführt.

ANMERKUNG

Dieses Deliverable stellt ein projektinternes Dokument dar.

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzfassung 3

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt 5

2.1 Ausgangssituation 5

2.1.1 Ausgangssituation der Stadtgemeinde Neusiedl am See 5

2.1.2 Bedarf für das Vorhaben „Hybrid District Heating DEMO“ 6

2.2 Ziele 9

2.3 Stand der Technik 10

3 Projektinhalt 15

3.1 Lösungsansatz des Projektes 15

3.2 Vorgehensweise 16

3.2.1 Rahmenbedingungen 16

3.2.2 Partizipative Maßnahmen - Open Innovation Prozess 17

3.2.3 Konzeptentwicklung 18

3.2.4 Projektierung 18

3.2.5 Demonstration und Monitoring 19

4 Ergebnisse 20

4.1 Windkrafterzeugung 21

4.2 Energiegemeinschaften 22

4.3 Wärmeversorgung 30

4.4 Wasserstoff 31

4.5 Sektorkopplung 32

5 Schlussfolgerungen und Ausblick 34

6 Literaturverzeichnis 37

1 Kurzfassung

Die Umstellung unseres zentralisierten Energiesystems, das hauptsächlich auf fossilen Brennstoffen beruht, auf dezentralisierte und nachhaltige Systeme basiert auf der rasch wachsenden Zahl erneuerbarer Energiequellen (EE). Eine der wichtigsten erneuerbaren Energien ist die Windenergie, gefolgt von der Photovoltaik (PV). Im Gegensatz zu Kraftwerken auf der Basis fossiler Brennstoffe, die jederzeit verfügbar sind und genau auf den tatsächlichen Bedarf abgestimmt werden können, zeichnen sich die erneuerbaren Energien durch völlig andere und stark schwankende Produktionseigenschaften aus. So liefern Windturbinen nur dann Energie, wenn Wind weht, und PV-Anlagen sind von der einfallenden Sonnenstrahlung abhängig, die je nach Wetter- und Wolkenbedingungen stark schwanken kann. Folglich ist es recht schwierig, die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien genau vorherzusagen. Außerdem ist es möglich, dass die Erzeugung aus erneuerbaren Energien je nach Wetterlage die Vorhersagen übersteigt. Insbesondere in solchen Situationen kann die schwankende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen sowohl für das Energienetz als auch für die Energiemärkte zu erhöhten Kosten und Aufwand führen. Die Wirtschaftlichkeit von Windkraftanlagen hängt stark von den Einspeisevergütungen und -preisen ab. Andererseits sollen Geschäftsmodelle entwickelt werden, die zur Dekarbonisierung anderer Energiesektoren (Wärme, Gas, Mobilität) durch erneuerbare Stromerzeugung beitragen. Daher konzentrierte sich das Projekt auf die Entwicklung der oben genannten neuartigen Geschäftsmodelle und die ihnen zugrundeliegenden technischen Anforderungen, wie z.B. Vorhersageansätze und rechnerische Optimierungsmodelle. Diese Anforderungen sind essentiell, um zukünftige Geschäftsmodelle zu evaluieren, bevor sie in einem realen Testfeld erprobt werden, d.h. in der österreichischen Stadt Neusiedl am See, einer Stadt im östlichen Bundesland Burgenland, direkt am Nordufer des Neusiedlersees gelegen. Die Stadt Neusiedl stellt somit ein ideales „urban living lab“ dar.

Ausgehend von dieser Situation wurde das Projekt Hybrid District Heating Demo entwickelt, in dem eine Kombination von innovativen Technologien für sektorenkoppelnde Geschäftsmodelle simuliert und mit Hilfe eines betrieblichen Optimierungsmodells für die Umsetzung vorbereitet wurde, wobei nach dem Open Innovation-Ansatz entsprechende Geschäftsmodelle entwickelt und auch implementiert wurden, damit „der Köder nicht dem Angler, sondern dem Fisch schmeckt“. Das Projekt **Hybrid DH DEMO** zielte daher darauf ab, verschiedene Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit dem Energieträger Wind über ein „hybrides District Heating“-System am „Energy Hub“ Neusiedl nach dem Open Innovation-Ansatz zu entwickelnd und diese durch eine partizipative Implementierung näher an die Stadt Neusiedl und dessen BürgerInnen heranzutragen.

Die so entwickelte Umsetzung beinhaltet eine Wärmepumpenanlage, die direkt mit Strom aus dem Windpark Neusiedl betrieben wird. Diese Wärmepumpenanlage kann im Sommer durch Nutzung der Umgebungswärme autark betrieben werden. Im Winter wird die Restwärme aus dem Abgas des Biomassekessels als Wärmequelle genutzt. Der Unternehmenspartner Energie Burgenland Green Energy GmbH hat dieses Anlagenkonzept in Neusiedl umgesetzt, die Wärmepumpenanlage ist seit 2021 in Betrieb und die optimierte Betriebsweise auf Basis des Optimierungsmodells wird derzeit in die Steuerung der Anlage implementiert.

Eine Erweiterung auf den Gasbereich in Form von erneuerbarem Wasserstoff ist ebenfalls in der konzeptionellen Entwicklung. In diesem Teil der Arbeit wurde untersucht, wie die überschüssige Windenergie mit Hilfe eines Elektrolyseurs auf der Grundlage eines geschätzten Wasserstoffbedarfs in naher Zukunft wirtschaftlich genutzt werden kann. Eine H_2-Pilotanlage mit einer Leistung von mehreren Kilowatt wurde installiert, um auch diese Geschäftsmodelle zu validieren.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

Aufbauend auf den vorgelagerten Sondierungsprojekten „Windvermarktung“ und „Hybrid DH“ wurde ein übergeordnetes Investitionsvorhaben entwickelt, dass die höherwertige Windkraftvermarktung im Stadtgebiet von Neusiedl zum Ziel hat, da erste angrenzende Windräder der Energie Burgenland bereits ohne Einspeisetarif, also auf dem freien Markt vermarktet werden müssen. Das Projekt *Hybrid DH DEMO* beschäftigte sich daher damit verschiedene Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit dem Energieträger Wind über ein „hybrides District Heating“-System am neu geschaffenen „Energy Hub Neusiedl am See“ nach dem Open Innovation-Ansatz zu entwickeln und diese durch eine partizipative Implementierung näher an die Stadt Neusiedl und deren Bürger und Bürgerinnen heranzutragen. Das Projekt wurde im Jahr 2019 gestartet.

2.1 Ausgangssituation

2.1.1 Ausgangssituation der Stadtgemeinde Neusiedl am See

Die Stadtgemeinde Neusiedl am See liegt im gleichnamigen Bezirk im nördlichen Burgenland und weist eine Fläche von ca. 57 km² auf. Die Bezirksstadt zählte zu Projektbeginn 8.636 Einwohner und Einwohnerinnen (Stand Jänner 2020) und stellt eine der am schnellsten wachsenden Gemeinden Österreichs dar.

Städtische Ausgangssituation hinsichtlich des Energiesystems: Die Stadt liegt im Strom-Netzgebiet der Netz Burgenland GmbH. Auch das Fernwärmenetz betreibt der Projektpartner Burgenland Energie (zum Zeitpunkt der Einreichung Energie Burgenland). Das Wärmenetz der Stadtgemeinde Neusiedl wies im Jahr 2016 eine Spitzenlast in der Höhe von 4,8 MW auf. Der jährliche Wärmebedarf betrug knapp 12,5 GWh. Die Energiezentrale des Wärmenetzes der Stadtgemeinde Neusiedl verfügt über einen Hackgutkessel (2,6 MW) sowie einen Gaskessel, als Back-Up und Spitzenlastkessel (3,9 MW). Das städtische Fernwärmesystem zeichnet sich durch einen ganzjährig hohen Bedarf an Wärme aus. Die Reduktion des Gaskesselspitzenlastanteils zur CO_2-Einsparung über regional erzeugten erneuerbaren Strom stellt ein großes Potential dar.

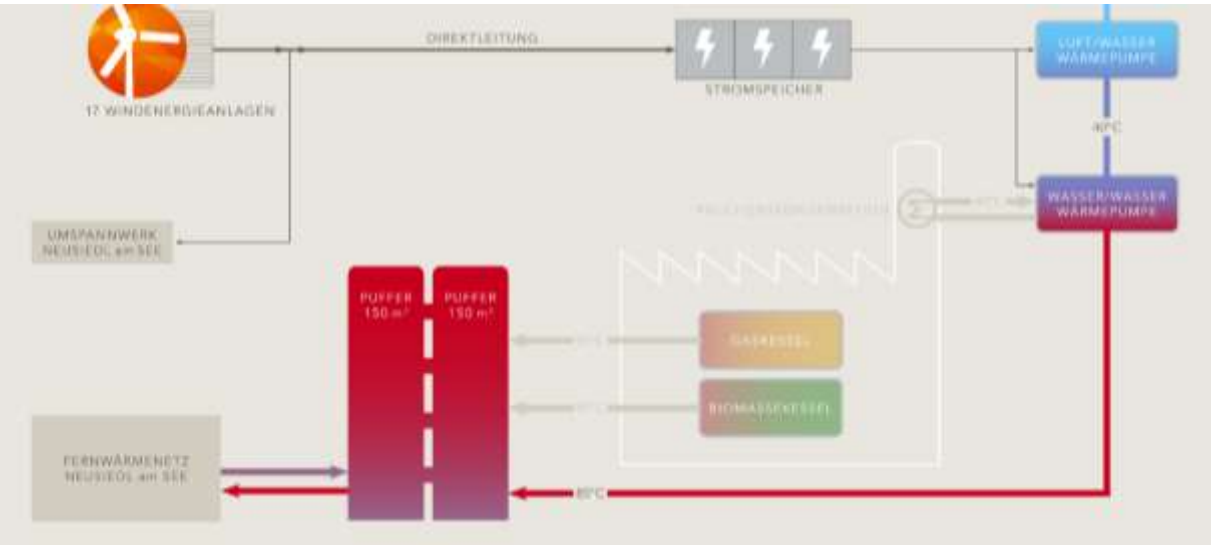
Zudem ist die Stadtgemeinde Neusiedl vom pannonischen Klima beeinflusst und durch den Klimawandel stark betroffen, wodurch ein stetig steigender Kältebedarf besteht, dessen mögliche Deckung mit dem vorhandenen Nahwärmenetz ein weiteres Potential für Geschäftsmodelle darstellt.

In unmittelbarer Nähe zum Stadtgebiet befindet sich zudem der ebenfalls von der Burgenland Energie betriebene Windpark Neusiedl, der mit 18 Windenergieanlagen eine Nennleistung von

32,4 MW aufweist. Im Jahr 2016 konnten damit knapp 48 GWh an Strom erzeugt werden. Der Windpark ist aufgrund seiner Inbetriebnahme Anfang der 2000er Jahre nicht mehr im Förderregime der OeMAG integriert, die erzeugte Windenergie wird somit auf dem freien Markt vermarktet. Als Folge der vorgelagerten Sondierungsprojekte „Windvermarktung“ und „Hybrid DH“ wurde ein übergeordnetes Investitionsvorhaben entwickelt, dass die höherwertige Windkraftvermarktung zum Ziel hat und über eine KPC-Förderung abgewickelt wird.

So wurde im am energetischen Knotenpunkt von Neusiedl, bei welchem sich die Fernwärmezentrale, das Erdgas- und das öffentliche Stromnetz befinden, eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe, eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine Erweiterung des Pufferspeichers, ein Batteriespeicher und eine Direktleitung zwischen dem Windpark und Wärmezentrale errichtet. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht des Energieknotens Neusiedl.

Abbildung 1: Energieknoten Neusiedl



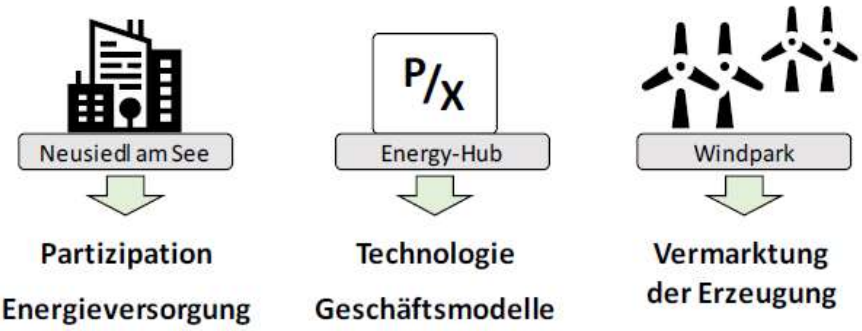
Auf Basis der dargestellten einzigartigen Ausgangssituation in der Stadt Neusiedl hinsichtlich der Errichtung eines energiedomänenübergreifenden Knotenpunktes ist das Potential für intelligente Lösungen zur Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Energie insbesondere über die angedachten P2X-Lösungen (insbesondere P2H und P2G) besonders groß. Die Stadt Neusiedl stellt somit ein ideales „urban living lab“ dar, damit nach dem Open Innovation-Ansatz entsprechende Geschäftsmodelle entwickelt und auch implementiert werden konnten.

2.1.2 Bedarf für das Vorhaben „Hybrid District Heating DEMO“

Die Problemstellung, die den Bedarf von *Hybrid DH DEMO* bedingt, beruht auf drei zentralen Bedarfssäulen (siehe Abbildung 2). Dabei treffen die Problemstellungen und Bedürfnisse der

Stadtbewohner und Stakeholder von Neusiedl mit energetischen und wirtschaftlichen Problemstellungen des Energieversorgers Burgenland Energie zusammen.

Abbildung 2: Bedarfssäulen des Projektes Hybrid DH DEMO



Open Innovation Ansatz

Erneuerbare Energiesysteme sind eine tragende Komponente der Energiewende und der Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen zum Zweck des Klimaschutzes daher jedenfalls zu befürworten. Jedoch muss dabei berücksichtig werden, dass bei der Planung und Entwicklung von erneuerbaren Energiesystemen stets verschiedene Akteure und Stakeholder-Gruppen beteiligt sind, deren Interessen und Motive teilweise sehr stark auseinandergehen und in manchen Fällen sogar konträr zueinander sein können.

In der traditionellen, produzenten-zentrierten Entwicklung von Geschäftsmodellen und auch Produkten (closed innovation) erfolgt der Innovationsprozess in Unternehmensgrenzen:

„[...] innovation starts with basic research. Results with commercial potential then move to applied research and to development of new products and processes. Production and diffusion then follow“. [1]

Den NutzerInnen bzw. KonsumentInnen kommt dabei eine passive Rolle zu. Ihre Bedürfnisse werden vom Unternehmen identifiziert und durch das Entwickeln neuer Geschäftsmodelle befriedigt – ein Modell, das häufig zu Misserfolgen führt [2].

Um einer umfangreichen Einbindung betroffener Bewohner und Bewohnerinnen, Firmen, Stakeholder und Akteure zur Nutzung von lokaler erneuerbarer Energie aus Windkraft zu genügen, wird im Projekt *Hybrid DH DEMO* ein detaillierter Prozess zur Stakeholder-Einbindung erarbeitet, der dem Open Innovation Ansatz folgt.

Technische und wirtschaftliche Herausforderungen

Die Förderung läuft für zunehmend mehr Windenergieanlagen der Burgenland Energie aus, das trifft vor allem auch auf den Windpark Neusiedl zu. Insgesamt befinden sich im Umfeld von Neusiedl aktuell 80 MW installierter Windkraft, die aktuell keine Förderung erfährt. Die Energie der dort vertriebenen Windkraftanlagen wird aktuell im liberalisierten Strommarkt vermarktet, jedoch ergeben sich aufgrund von Prognoseunsicherheiten Nachteile durch den daraus resultierenden hohen Ausgleichsenergiebedarf und dem damit verbundenen Aufwand. So wird ein großer Teil der erzeugten Windenergie nicht regional verbraucht, sondern über das Verbundnetz abtransportiert. Weiters bestehen bei einem Überangebot an Windkraft unattraktive Marktpreise, welche mitunter sogar negativ sein können. Dieser Umstand verhindert einen zukünftigen Betrieb und auch Ausbau von Windkraft und lässt keinen nachhaltigen Windkraftbetrieb ohne Förderung zu. Ziel sollte aber sein, dass die Windkraft mittelfristig auch ohne Fördertarife bestehen kann. Eine rein börsenabhängiges Geschäftsmodell ist somit für die Windkraft der Zukunft nur bedingt geeignet, wodurch alternative, nicht börsengebundene Geschäftsmodelle attraktiver werden. Damit neue Modelle betrieben werden können, bedarf es zusätzlicher Flexibilitäten um auf Bedarf und Erzeugung bestmöglich reagieren zu können. Damit sieht sich die Windenergie im Burgenland, wie auch in Neusiedl mit der Situation konfrontiert, sinnvolle Geschäftsmodelle für die Windkraftnutzung abseits des liberalisierten Marktes zu finden. Dem gegenüber besteht ein energietechnischer und sozialer Bedarf an leistbarer Energie in der Stadt Neusiedl am See. Auf energietechnischer Seite steht an erster Stelle die Problemstellung eines sub-optimal betriebenen Fernwärmenetzes (aktuell mit Biomasse und Erdgas betrieben) und der steigenden Unzufriedenheit der Kunden und Kundinnen wegen der stetig zunehmenden Kosten für die Wärmeversorgung. Um den Anforderungen der KundInnen gerecht zu werden, besteht ein Bedarf nach einer günstigeren Energiequelle für die Fernwärmerzeugung und einer Optimierung des Wärmenetzes. Der zukünftige Energieknoten in der Stadt Neusiedl bietet Potentiale für die alternative Nutzung der Windkraft. So ist die Sektorkopplung hinsichtlich Strom, Wärme und Gas im Kontext der Nutzung von Windstrom zur Wärme- und Wasserstofferzeugung ein geeignetes Geschäftsmodell für Neusiedl. Eine Erweiterung der Verwertungsoptionen hinsichtlich der Erzeugung von Wasserstoff aus erneuerbarem Strom für Mobilitäts- oder industrielle Anwendungen sowie die Forcierung des lokalen Verbrauchs durch geeignete regionale Geschäftsmodelle stellen weitere Potentiale für Geschäftsmodelle dar. Auf Basis dieser vielfältigen Handlungsoptionen für unterschiedliche Vermarktungsstrategien ergeben sich jedoch zahlreiche Herausforderungen, da der Betrieb äußerst komplex ist und stets die Frage der technischen und ökonomischen Optimierung der Energieflüsse erfolgen muss. Auch fehlt es noch an einem wirtschaftlichen Geschäftsmodell für die Nutzung von Wasserstoff, da die Erzeugungskosten hoch sind. Eine rein energetische Nutzung von

Wasserstoff ist daher ausgeschlossen. Mobilitäts- und Industrieanwendungen würden jedoch ein wirtschaftliches P2G-Potential grundsätzlich ermöglichen. Ebenso sind Stromversorgungsoptionen, die die Nutzung von regional erzeugter erneuerbarer Energie begünstigen, durch das Kostenumwälzungsprinzip der Netztarife stark eingeschränkt. So obliegt auch physikalisch lokal erzeugter und verbrauchter Strom den vollen Netzentgelten aller Netzebenen.

2.2 Ziele

Das Projekt *Hybrid DH DEMO* zielte darauf ab, verschiedene Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit dem Energieträger Wind über ein „hybrides District Heating"-System am neu geschaffenen „Energy Hub" nach dem Open Innovation-Ansatz zu entwickeln und diese durch eine partizipative Implementierung näher an die Stadt Neusiedl und deren Bürgerinnen und Bürger heranzutragen. Dabei wurden die folgenden Ziele verfolgt:

- Umfangreiche Einbindung betroffener Bewohner und Bewohnerinnen, Firmen, Stakeholder und Akteure entsprechend dem Open Innovation-Ansatz zur Nutzung von lokaler erneuerbarer Energie aus Windkraft.
- Einbindung des neuen Energie-Knotenpunktes in Neusiedl als Energiezentrale für die Nutzung von Windkraft durch unterschiedliche Nutzerinnen und Nutzer und Energieträger.
- Primär- und sekundärseitige Optimierung des Fernwärmenetzes Neusiedl sowie Bereitstellung von Flexibilitäten als Ausgleich der Fluktuationen von Windkrafterzeugung.
- Sicherstellung der Stromversorgung (direkt oder über das öffentliche Netz).
- Entwicklung und Bewertung eines Geschäftsmodelles für die Nutzung von Windkraft als Energiequelle für erneuerbaren Wasserstoff mit Fokus auf eine darauffolgende Mobilitäts- und Industrieanwendung.
- Wirtschaftliche und technische Optimierung der Fernwärmeerzeugung aus Windkraft über Wärmepumpe und Anbindung an den Windpark Neusiedl (direkt oder über das öffentliche Netz).
- Optimierung des Zusammenspiels unterschiedlicher lokaler und regionaler Verwertungsoptionen für Windkraft (P2H, P2G, lokale Nutzung)
- Errichtung der notwendigen Infrastruktur, die in einem Demonstrationsbetrieb die Nutzung von Windkraft zur Wärmeversorgung von Neusiedl und zur Versorgung unterschiedlicher Verbraucher, unter Berücksichtigung von deren Flexibilität, erprobt.

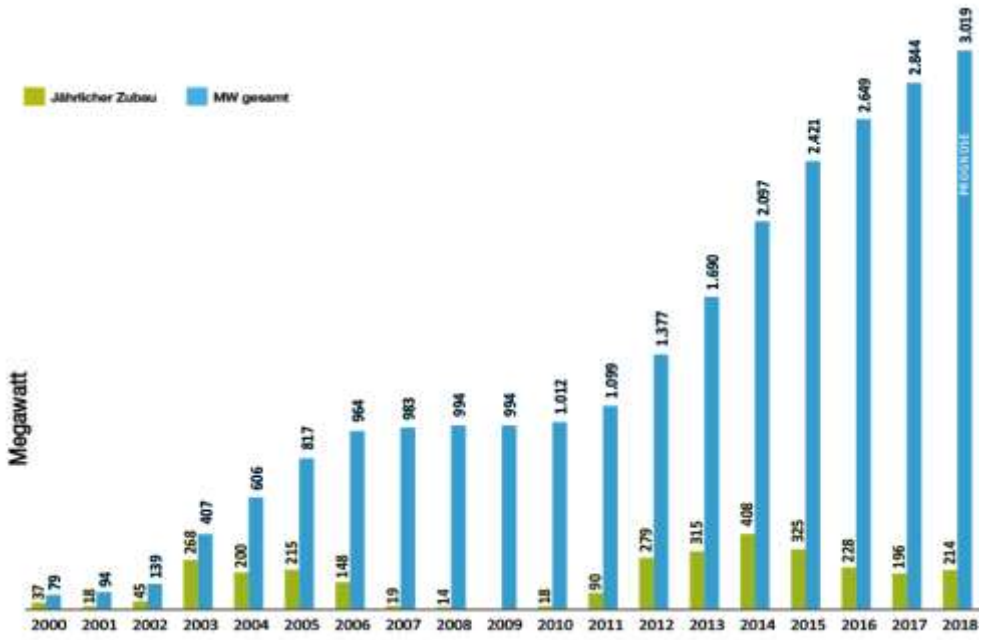
2.3 Stand der Technik

Der hier dargestellt Stand der Technik bezieht sich auf den Zeitpunkt der Projekteinreichung bzw. des Projektstarts und bildete die Grundlage für das Projekt *Hybrid DH Demo*.

Situation und Ausbau der Windkraft in Österreich

In der Energiestrategie #mission 2030 wird das Ziel definiert, den Gesamtstromverbrauch in Österreich bis 2030 bilanziell zu 100% aus erneuerbaren Energieträgern zu erzeugen. Eine Dekarbonisierung der Energiewirtschaft ist bis 2050 geplant [3]. Dafür ist ein umfassender Ausbau erneuerbarer Energieträger, vor allem in der Stromerzeugung notwendig. Im Jahr 2027 belief sich der Anteil Erneuerbarer in der Stromerzeugung auf 71,7 % [4]. Eine wesentliche Rolle für den Ausbau der Erneuerbaren in Österreich spielt die Windenergie, wie die Entwicklung des Zubaus an Windkraftanlagen demonstriert, siehe Abbildung 3.

Abbildung 3: Entwicklung der Windkraft in Österreich [5]

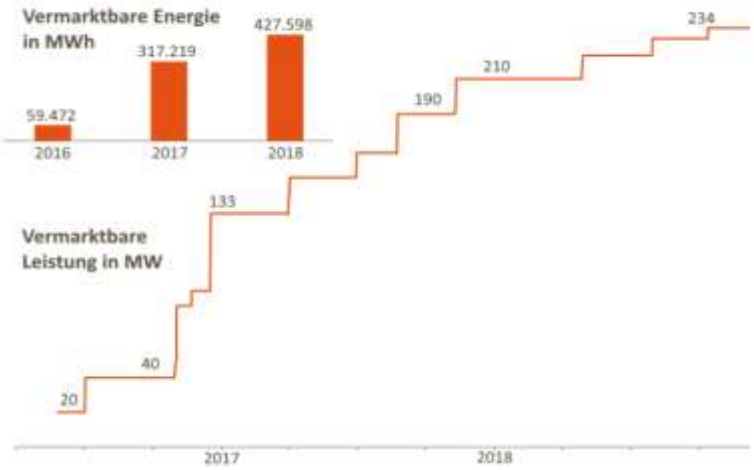


Bezüglich des Ausbaus der Windkraft spielt in Österreich vor allem das Burgenland eine Vorreiterrolle, wo im Jahresschnitt bilanziell um rund 50 % mehr elektrische Energie erzeugt als verbraucht wird [6]. Dieser Vorstoß in Richtung erneuerbare Energieregion Burgenland ist durch den massiven Ausbau von Windkraftanlagen gelungen. Der Bauboom der Windkraft begann im Burgenland im Jahr 2002, im Jahr 2018 befanden sich 426 Anlagen mit einer gesamt installierten Leistung von 1.026,1 MW in Betrieb [5]. Einen wesentlichen Beitrag zu

diesen Zahlen leistet die Energie Burgenland, die mit 225 Anlagen und einer Leistung von 522 MW mehr als die Hälfte der Anlagen und der installierten Leistung im Burgenland stellt.

Der bisherige und weitere Zubau an Windkraft beruht zu großen Teilen auf der zum Zeitpunkt der Einreichung des Vorhabens attraktiven Förderung durch die OeMAG (2018: 8,20 Cent/kWh) [7]. Der Fördertarif ist jedoch zeitlich begrenzt, was dazu führt, dass zunehmend mehr bestehende Windkraftanlagen keine Tarifförderung mehr erhalten. Abbildung 4 zeigt diese Entwicklung für die Anlagen der Energie Burgenland.

Abbildung 4: Windkraftanlagen der Energie Burgenland ohne Tarifförderung [8]



Da die nicht mehr geförderten Anlagen auch aus der von der OeMAG bewirtschafteten Bilanzgruppe fallen, müssen diese am liberalisierten Strommarkt vermarktet werden. Dies führt jedoch aufgrund von Prognoseunsicherheiten (vgl. Abbildung 5) in der Erzeugung und Vermarktung zu erheblichen Risiken und Kosten für Ausgleichsenergie. Dier Vermarktung passiert in der 24/7 Windleitwarte der Energie Burgenland, welche die Windenergie am Terminmarkt, Day Ahead Markt und Intraday Markt bewirtschaftet sowie die einzelnen Assets auf Fahrplanbasis steuert. Um weiterhin den Ausbau und die langfristige Wirtschaftlichkeit von bestehenden Windkraftanlagen und somit den Absolut-Zuwachs an Windkapazität für das Voranschreiten der Energiewende sicherzustellen, sind alternative Geschäftsmodelle für die Windkrafterzeugung notwendig.

Abbildung 5: Abweichung zwischen Prognose und tatsächlicher Einspeisung von Windkraftanlagen [8]



Die nachfolgend behandelten Geschäftsmodelle stellen keine taxative Auflistung der Möglichkeiten für die Nutzung von Windkraft dar, sondern behandeln lediglich jene Punkte, die im Kontext des Forschungsprojektes relevant sind.

Flexibilitäten und gekoppelte Systeme

Flexibilitäten stehen als eine der wichtigsten Mechanismen zur Bewältigung der Herausforderungen in einem Energiesystem basierend auf fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern in Diskussion [9] [10]. Im Kontext von *Hybrid DH DEMO* wurden sie in erster Linie zur Kompensation von Fluktuationen von Windkrafterzeugung diskutiert, wodurch dieses Geschäftsmodell auch zur Erhöhung der Versorgungssicherheit dient.

Mit Fokus auf die Inhalte des Projektes sind speziell thermische Speicher und Gas (Wasserstoff, synthetisches Erdgas) von Relevanz. Beidem wird über Sektorkopplung aufgrund ihrer im Vergleich zu elektrischen Speichern geringen Kosten ein hohes Potential zugerechnet [11]. Bei der Sektorkopplung werden einzelne Energieverteilungsnetze in integrierte Energiesysteme (hybride Netze), die den Einsatz von Flexibilitäten enorm erleichtern, umgewandelt. Dabei ist die Kopplung unterschiedlicher Netze und Infrastrukturen notwendig, um zusätzliche Speicherpotentiale zu generieren [12]. In integrierten Energiesystemen ist das Ziel, ein globales Optimum für die Nutzung aller betrachteten Energiearten (Strom, Wärme, Mobilität etc.) zu schaffen. Derzeit ist der Ansatz integrierter Energiesysteme ein bedeutendes Thema der Forschung; siehe z.B.: Intensys4EU, Eco.District.Heat, Symbiose-4-IUG, usw.

Windkraft als Energiequelle für Power to Heat (P2H)

Da in Deutschland im Rahmen des Einspeisemanagements Windkraft- und PV-Anlagen bei kritischen Netzsituationen abgeregelt werden müssen, ist das Geschäftsmodell der Windkraft-gekoppelten zentralen P2H-Anlagen dort schon seit einigen Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen [13] [14]. Analog dazu werden und wurden für Österreich Potentiale, Wirtschaftlichkeit und Systemlösungen für P2H in unterschiedlichen Studien untersucht [15] [8]. Umsetzungsprojekte im Bereich P2H für die Nutzung Erneuerbaren Stroms werden derzeit meist nach dem physikalischen Prinzip der Widerstandsheizung betrieben [16] [17]. Die exergetisch effizientere, hinsichtlich der technischen Integration in die Wärmenetze und der techno-ökonomischen Betriebsoptimierung aber herausforderndere Technologie der Großwärmepumpen wird derzeit nur in wenigen Wärmenetzen und nicht in Kombination mit regional zur Verfügung stehender fluktuierender Erzeugung durchgeführt. So beitreibt beispielsweise die Wien Energie eine Großwärmepumpe beim Kraftwerkspark Simmering, die sowohl lokalen Strom aus den regelbaren thermischen Kraftwerksblocks als auch deren Abwärme nutzen kann [18].

Investitionskosten für die Integration von Wärmepumpen in Wärmenetze inkl. der hydraulischen Einbindung und Regelung werden lt. Herstellerangaben mit rund 600 €/kW angegeben [19]. Werden als Stromkosten die Opportunitätskosten von nicht eingespeistem Windstrom zum Marktpreis angesetzt (lt. § 41 ÖSG 2012 für das 4. Quartal 2018: 57,62 Euro/MWh), so ergeben sich abhängig von der Arbeitszahl der Wärmepumpe bspw. operative Wärmegestehungskosten von ~ 20 €/MWh bei einer Arbeitszahl von 3.

Windkraft als Energiequelle für Power to Gas (P2G)

Als vielversprechendes zukünftiges Geschäftsmodell für Windkraft wird die Umwandlung in Wasserstoff angesehen, wobei mittels eines Elektrolyseurs die elektrische Energie in Wasserstoff umgewandelt wird. Elektrolyseure sind zwar bereits als Standardprodukt erhältlich, funktionierende Geschäftsmodelle im Energiesektor als Grundlage für eine breite Systemintegration für diese Technologie sind derzeit jedoch noch nicht vorhanden. Zwar speist beispielsweise Greenpeace Energy etwa 1 TWh an „Windgas“ zur Versorgung von etwa 14.000 Kunden in das Gasnetz ein [20], trotz dieses Beispiels für eine kommerzielle Anwendung ist jedoch generell zu sagen, dass die tatsächliche Anwendung von Elektrolyseuren zur Erzeugung von Wasserstoff aus Windkraft noch in der Pilot- und

Demonstrationsphase befindet. Dies wird auch durch die Fülle an Forschungs- und Entwicklungsprojekten zu diesem Thema belegt[1] [2] [3] [4].

Bei den verwendeten Komponenten handelt es sich zumeist um Einzelanwendungen, die entsprechend teuer sind. Eine Reduktion der Kosten für die Anlagenkomponenten ist notwendig, um hier einen wirtschaftlichen Betrieb einer P2G-Anlage zu ermöglichen. Derzeit ist von Investitionskosten zwischen 400 und 6.500 €/kW [21], je nach Technologie und Anwendung, auszugehen. Preisprognosen gehen davon aus, dass sich diese Kosten auf 130 bis 800 €/kW reduzieren werden. Eine Abschätzung der Herstellkosten für Wasserstoff über P2G nach Abzug der Strombezugskosten wurden auf rund 95 €/MWh$_{H2}$ beziffert [22], für synthetisches Erdgas wurden 153 €/MWh$_{CH4}$ bestimmt. Grundsätzlich werden für P2G-Anlagen stromseitig und gasseitig motivierte Einsatzkonzepte unterschieden. Während beim stromseitigen Ansatz P2G als eine Art Speicher zum Ausgleich von schwankender Nachfrage und fluktuierender, erneuerbarer Erzeugung verstanden werden kann, basiert der gasseitige Ansatz auf dem Zubau zusätzlicher erneuerbarer Energien, um den Strom dieser Anlagen zur Erzeugung regenerativer Brennstoffe zu nutzen [23].

[1] Store & Go (https://www.iwr.de/news.php?id=35244)
[2] Windgas Hamburg (https://www.uniper.energy/storage/de/geschaeft/power-to-gas)
[3] Wind2H2 (https://www.nrel.gov/hydrogen/wind-to-hydrogen.html)
[4] Wind2Hydrogen (http://www.energieinstitut-linz.at/v2/portfolio-item/wind2hydrogen/)

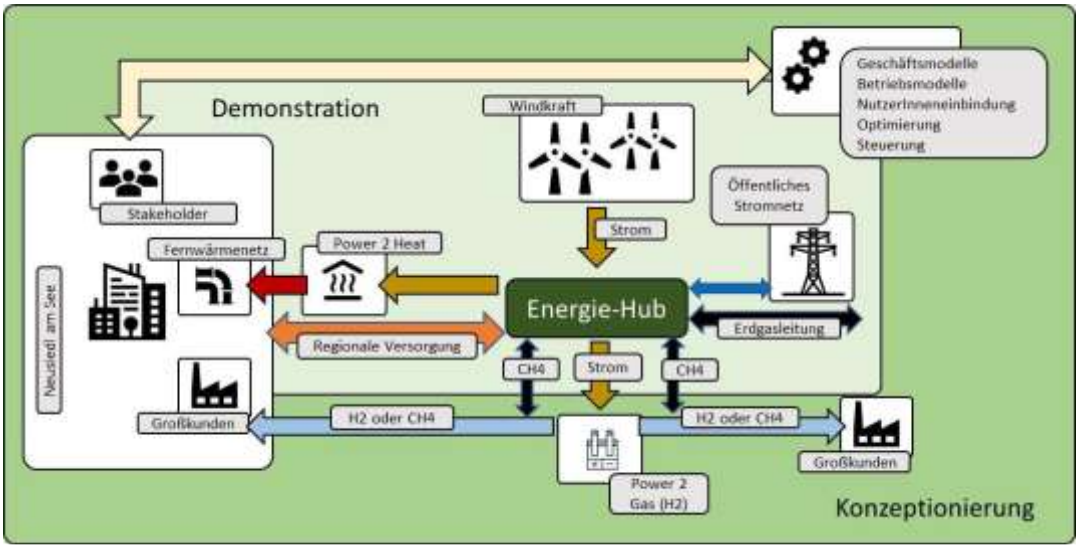
3 Projektinhalt

Die im Projekt gewählte Vorgehensweise und die damit in Verbindung stehenden Methoden werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

3.1 Lösungsansatz des Projektes

Um die Ziele des Projektes zu erreichen wurde der in Abbildung 6 dargestellte Ansatz verfolgt, der sich auf drei Schwerpunkte konzentriert: (1) Die Stadt Neusiedl und ihre Bewohner und Bewohnerinnen bzw. Nutzerinnen und Nutzer als Bedarfsträger und Innovationsmotor, (2) technische Demonstration des „Energy-Hubs“ und (3) Erarbeitung und Erprobung von unterschiedlichen Geschäftsmodellen für die Nutzung von Windkraft.

Abbildung 6: Ansatz des Projektes Hybrid DH DEMO



Der Energie-Hub ist als zentrale Stelle für die Verteilung der vorhandenen Energie zuständig. Dort passiert die Optimierung des holistischen Betriebes sowie die Steuerung der Komponenten. Die elektrische Energie wird über Stromleitungen drei Bereichen zugewiesen:

(1) Power-to-Heat Anwendungen für das Fernwärmenetz in Neusiedl am See

(2) Stromnutzung in Neusiedl am See für Großkunden (direkt oder über das öff. Netz)

(3) Power-to-Gas Anwendungen in und außerhalb von Neusiedl (Konzeptionierung)

Das Gesamtbild wird durch die Einbindung der relevanten Stakeholder (Nutzer:innen, Bewohner:innen etc.) sowie die daran gekoppelte Entwicklung von Geschäfts- und Betriebsmodellen abgerundet. Im Demonstrationsbetrieb wurden die dafür relevanten Modelle implementiert und erprobt.

3.2 Vorgehensweise

Das Projekt gliederte sich in mehrere Phasen. Die in den jeweiligen Projektphasen zur Anwendung kommenden Methoden werden in den nachfolgenden Unterkapiteln näher beschrieben.

3.2.1 Rahmenbedingungen

Zu Beginn des Projektes lag der Fokus auf der Erhebung der notwendigen Daten für die Realisierung der Versorgung durch die Windkraftanlagen, wobei eine intensive Abstimmung mit der Forschungsinitiative Green Energy Lab erfolgte. Konkret wurden zur Erhebung der technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Grundlagen folgende Schritte gesetzt.

- Analyse Windkrafterzeugung: Es erfolgte zunächst eine Analyse der Windkrafterzeugung im Untersuchungsgebiet. Dabei wurde neben der Erzeugung auch die abgeregelte Energie berücksichtigt.
- Im Zuge der Erarbeitung der rechtlichen Grundlagen wurde auch das Konzept der Energiegemeinschaften berücksichtigt, das durch das 2021 beschlossene Erneuerbaren Ausbau Gesetz (EAG) erstmals eine gemeinschaftliche (lokale/regionale) Nutzung von erneuerbarer Energie ermöglicht.
- Analyse Rahmenbedingungen Wärmeversorgung: Sekundärseitige Netzoptimierungsmaßnahmen implizieren die Analyse des Ausführungszustandes der kundenseitigen Wärmeversorgungsanlagen. Dazu wurden vier Bestandgebäude im Besitz der Gemeinde Neusiedl analysiert. Die Bewertung der vorhandenen technischen Anlagen der Gebäude erfolgt auf Basis der Bestandsaufnahmen, sowie anhand bestehender technischer Dokumentationen und Verbrauchsdaten, die durch die Gemeinde zur Verfügung gestellt wurden. Zudem wurden in Hinblick auf geplante Neubau-/Sanierungstätigkeiten im Fernwärmegebiet mittelfristige Anschluss- und Netzverdichtungspotentiale erhoben. In weiterer Folge wurde die energiewirtschaftliche Situation und die rechtlichen Rahmenbedingungen der Wärmeversorgung analysiert und aufbereitet.
- Analyse Rahmenbedingungen Energiesektor Wasserstoff: Hierbei wurden die Grundlagen für die Erzeugung, Nutzung und Speicherung von Wasserstoff anhand einer umfassenden Literaturrecherche erarbeitet. In weiterer Folge wurden all energietechnisch und wirtschaftlich relevanten Daten erhoben und analysiert, ein Fokus lag dabei auf der Einbindung von P2G in einen Windpark. Ebenso wurden die technischen Rahmenbedingungen und notwendigen Komponenten, sowie die energiewirtschaftliche und rechtliche Situation für mögliche Wasserstoffanwendungen

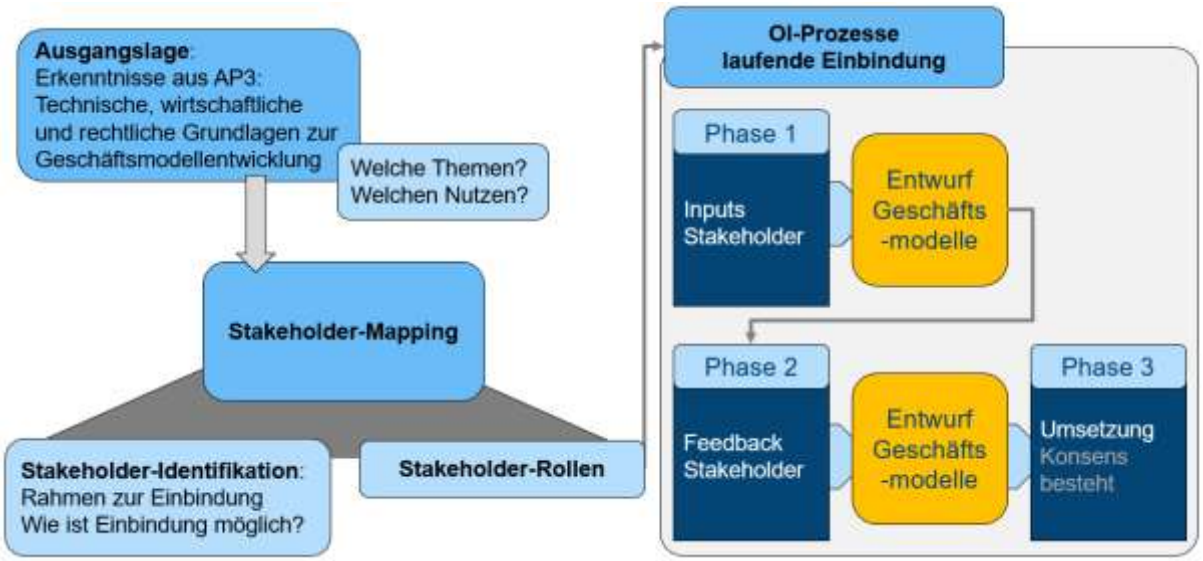
im Projektgebiet (öffentlicher Verkehr, Einspeisung in das Gasnetz, Individualverkehr) erhoben und analysiert.

- Analyse Sektorkopplung: Ziel war es, die notwendigen technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen für die Sektorkopplung im Energy-Hub zu erheben. Dabei wurden die Daten für die relevanten Komponenten Wärmepumpe und Elektrolyseur erhoben und für die weitere Verarbeitung aufbereitet.

3.2.2 Partizipative Maßnahmen - Open Innovation Prozess

Aufgrund der enormen Komplexität, die das gegenständliche Projekt aufwies, musste vorab ein entsprechender Rahmen zur Ansprache der relevanten Akteure geschaffen werden. Daher bauen die Maßnahmen zur direkten Stakeholder-Einbindung auf den Ergebnissen der „technische, wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen zur Geschäftsmodellentwicklung“ auf. Die in der Phase „Rahmenbedingungen“ gewonnenen Erkenntnisse wurden spezifischen Stakeholder-Gruppen als Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt wodurch eine eingehende, zielgerichtete Vermittlung der Projektinhalte mit all ihrer Komplexität gewährleisten werden konnte. Parallel zur Erarbeitung der Rahmenbedingungen wurden nichtsdestotrotz die notwendigen Schritte zur Einbindung der Stakeholder geplant. Nach der ersten Input-Phase wurden zu jeder Geschäftsmodell-Idee „Factsheets“ erstellt, die von verschiedenen Stakeholdern bewertet und kommentiert wurden. Auf dieser Basis wurden die Geschäftsmodelle verfeinert und den Stakeholdern zur finalen Evaluierung vorgestellt. Den adaptierten Fahrplan zur Stakeholder-Einbindung zeigt Abbildung 7.

Abbildung 7: Adaptierter Fahrplan zur Stakeholder-Einbindung



3.2.3 Konzeptentwicklung

In diesem Abschnitt wurden unterschiedliche Energieversorgungsansätze des Projektes Hybrid DH DEMO ausdefiniert und die notwendigen Komponenten grundlegend definiert. Weiters wurden Geschäfts- und Betriebsmodelle erarbeitet und validiert.

Im ersten Schritt lag der Fokus auf die technische Optimierung der P2H-Anlage für die Versorgung des Fernwärmenetzes. Weiters wurden Maßnahmen zur Optimierung des Fernwärmenetzes untersucht. Teil der Untersuchung war ebenfalls die Optimierung der direkten Versorgung der P2H Anlage durch die Windkraftanlagen.

Im nächsten Schritt erfolgte die Entwicklung von Geschäftsmodellen im Kontext der Energiegemeinschaften sowie lag der Fokus auf die technische Auslegung der P2G-Anlage zur Erzeugung von Wasserstoff. Dabei wurde ein Konzept für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff erarbeitet. Teil der Untersuchung war auch die Entwicklung von Geschäftsmodellen für die Erzeugung und Vermarktung des erneuerbaren Wasserstoffes.

Die einzelnen Ansätze wurden zusammengeführt und gemeinsam bewertet. Dafür wurde ein übergeordnetes System entwickelt. Dabei erfolgte die Optimierung des Energieeinsatzes der Windkrafterzeugung im Energy Hub und es wurden die Regeln für den Betrieb festgelegt. Es erfolgte eine Analyse und Validierung der Ansätze. Auch hierbei wurden die NutzerInnen wiederum in die Validierung und Erarbeitung einbezogen.

Sämtliche entwickelten Ansätze wurden anhand eines techno-ökonomischen Simulationsmodells bewertet.

3.2.4 Projektierung

Der Prozess der Projektierung gliederte sich in die Arbeitsschritte (1) Software- und Reglerentwicklung, (2) Komponentenauswahl, (3) Planungsprozess und (4) Umsetzung des Demonstrators.

Für die **Software- und Reglerentwicklung** mussten zu Beginn die Anforderungen an die Software sowie die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik definiert werden. Nach der Ausschreibung wurden die Software und die Regelung der Anlage vom Lieferanten entwickelt und in mehreren Iterationsschritten mit Energie Burgenland, als Betreiber der Anlage, abgestimmt.

Aufgrund der Neuartigkeit des Anlagendesigns ging der **Komponentenauswahl** eine umfassende Marktrecherche und eine Vielzahl an Besprechungen voraus. Auf Basis bisheriger Erfahrungswerte wurden die komplexen Anforderungen an die einzelnen

Komponenten mit relevanten Lieferanten besprochen und diskutiert. Die Ausschreibung der einzelnen technischen Komponenten erfolgte gemäß Bundesvergabegesetz.

Der **Planungsprozess** gliederte sich in die Phasen der Vorentwurfs- und Entwurfsplanung, die Fachkoordination, die Bewilligungsplanung, Führungsplanung, die Ausschreibung und das Prüfen der Angebote. Im Zuge des Planungsprozesses wurden ebenso die behördlichen Bewilligungen zur Errichtung und zum Betrieb der Anlage eingeholt.

Nach erfolgter behördlicher Bewilligung und Abschluss der Ausschreibungsverfahren mit Zuschlag an die Lieferanten startete die **Umsetzung des Demonstrators** mit den erforderlichen Bau- und Installationsarbeiten. Nach Abschluss der Arbeiten wurden umfangreiche Inbetriebnahmetests durchgeführt und das Anlagenpersonal geschult.

3.2.5 Demonstration und Monitoring

Schließlich erfolgte auch der Demonstrationsbetrieb sowie wurde ein Monitoringprozess des Projektes Hybrid DH DEMO über ein Monitoring-Konzept durchgeführt. Die Monitoring-Indikatoren wurden laufend erhoben und am Ende ausgewertet.

Da ein hoher Anteil partizipativer Maßnahmen erfolgte, wurden auch für die Partizipation relevante Monitoring-Indikatoren erarbeitet. Auch wurde ein Feedbacksystem für die NutzerInnen bereitgestellt.

Auch wurde die Demonstrationsphase durchgeführt. Dabei kamen die entwickelten Konzepte und definierten Indikatoren zum Einsatz. Es wurden hierbei auch die Nutzer umfassend eingebunden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem Demonstrationsbetrieb wurden die Ergebnisse zusammengefasst, analysiert und aufbereitet.

4 Ergebnisse

Das Projektziel **verschiedene Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit dem Energieträger Wind über ein „hybrides District Heating“-System am neu geschaffenen „Energy Hub“ nach dem Open Innovation-Ansatz** zu entwickeln und zu demonstrieren wurde erreicht.

Die nachfolgenden Kapitel enthalten eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse des Projektes. Details hierzu sind in den im Zuge des Projektes erstellten Deliverables nachzulesen:

- **Deliverable zu AP 2: Bericht zur Bedarfs- und Akzeptanzanalyse und den partizipativen Maßnahmen:** Beinhaltet das Open Innovation-Konzept sowie die Bedarfs- und Akzeptanzanalyse im Projekt Hybrid DH DEMO.
- **Deliverable zu AP 3: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren und der Sektorkopplung:** Beinhaltet die vorherrschenden Rahmenbedingungen für die Realisierung der Stromversorgung durch Windenergieanlagen. Die Analysen befassen sich dabei mit den Energiesektoren Strom, Wärme und Wasserstoff sowie der Sektorkopplung. Zudem erfolgt eine Darstellung der Analyse der Windkrafterzeugung im Untersuchungsgebiet.
- **Deliverable zu AP 4: Beschreibung der Teilkonzepte für die einzelnen betrachteten Bereiche & Beschreibung des übergeordneten Gesamtkonzeptes:** Ergebnis-Dokumentation der im Projekt erarbeiteten Geschäftsmodellansätze. Es beinhaltet Factsheets für die verschiedenen Geschäftsmodelle, welche für den Open Innovation-Prozess verwendet wurden. Zudem erfolgt eine Detailbeschreibung jener Geschäftsmodelle, welche für das Projektteam relevant sind.
- **Deliverable zu AP 5: Vorbereitung Demonstration:** Beinhaltet die Dokumentation über die Vorbereitung der Power2Heat-Anlage in Neusiedl. Zudem erfolgt eine Beschreibung der Reglerarchitektur und hinterlegten Software, der installierten Komponenten und ein Bericht zur Implementierung des Gesamtkonzeptes.
- **Deliverable zu AP 6: Bericht über die Monitoring Ergebnisse von Hybrid DH DEMO:** Darin werden der Demonstrationsbetrieb sowie der gesamte Monitoringprozess und die daraus generierten Ergebnisse des Projektes Hybrid DH DEMO dokumentiert.
- **Deliverables zu AP 7:** Als Ergebnis der Arbeiten liegt eine Dokumentation der durchgeführten Disseminationsmaßnahmen (**D 7.1 Disseminationsplan**) sowie eine ausgearbeitete Verwertungsstrategie (**D 7.3 Verwertungsplan**) vor, die festlegt, wie

die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Projekt von den einzelnen Partnern genutzt werden.

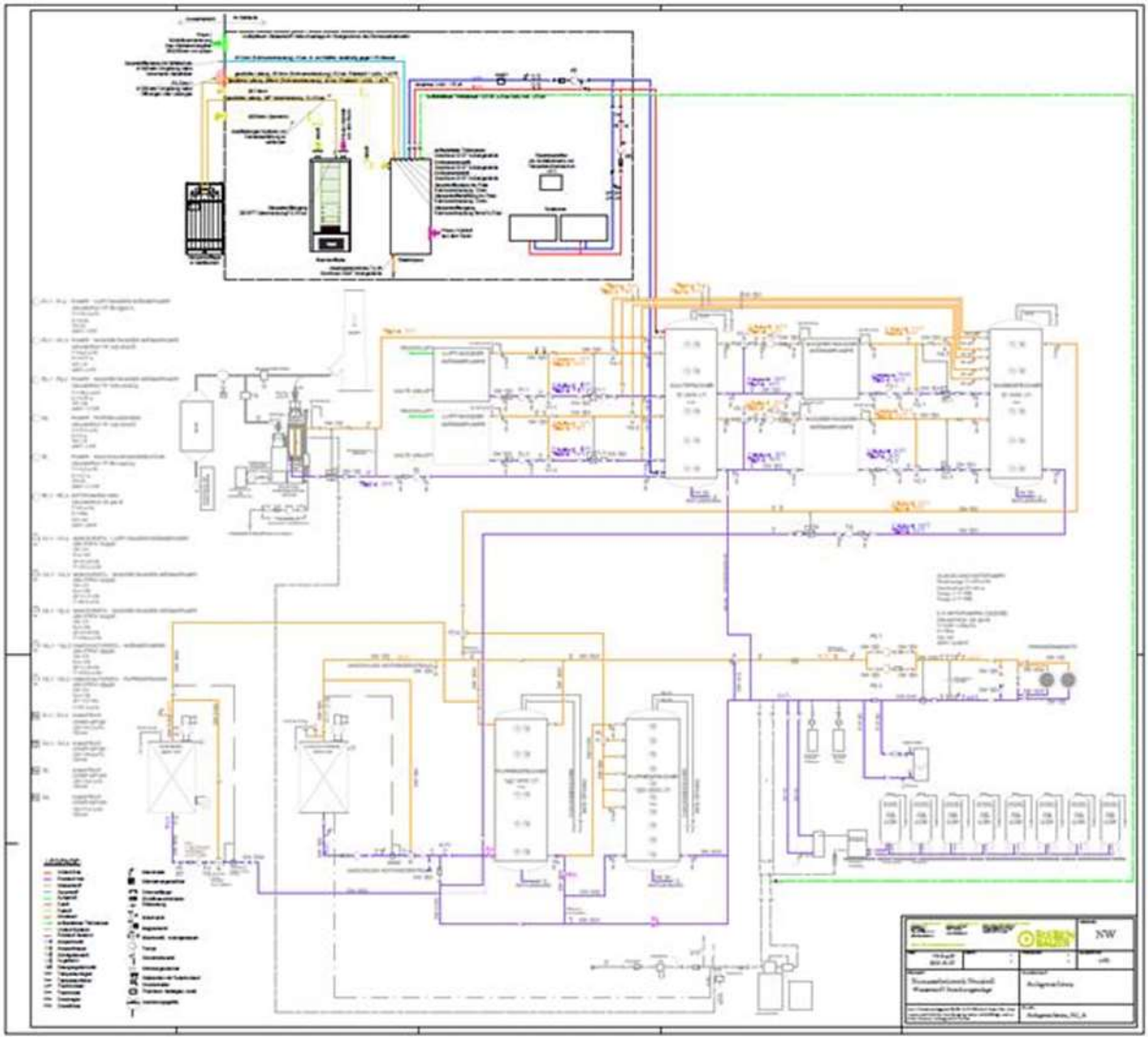
4.1 Windkrafterzeugung

Analysiert wurden die Windparks Weiden 1 und 2 sowie Neusiedl 1 und 2, die alle am Umspannwerk Neusiedl in das öffentliche Netz einspeisen und daher aus Projektsicht für etwaige Direktversorgungen mit elektrischer Energie relevant sind. Als Datengrundlage wurden Erzeugungszeitreihen aus den letzten drei Jahren herangezogen.

Die Analysen haben gezeigt, dass die Windparks sehr ähnliche Erzeugungsverläufe aufweisen, was angesichts der geographischen Nähe zueinander nicht verwundert. Generell lässt sich sagen, dass die mittlere Erzeugung der Windkraftanlagen in den Wintermonaten höher ausfällt als in den Sommermonaten. Im Tagesverlauf kann die Erzeugung deutlich schwanken, wobei tendenziell die Erzeugung in der zweiten Tageshälfte etwas höher ist als in der ersten Tageshälfte. Es wurden außerdem die Überschreitungswahrscheinlichkeiten, also die Wahrscheinlichkeiten, dass eine gewisse Einspeiseleistung überschritten wird, analysiert. Die Details dazu finden sich im Bericht.

Zudem wurden auch eine Analyse der wetter- oder marktbedingte Abregelung von Windkraftanlagen am Standort durchgeführt. Diese legt nahe, dass ein Geschäftsmodell, welches auf eine Versorgung von Kundinnen und Kunden mit ausschließlich abgeregelter Leistung aufbaut, nicht wirtschaftlich sinnvoll ist, da die Energiemengen zu gering sind.

Abbildung 8: Anlagenschema Energy Hub Neusiedl



4.2 Energiegemeinschaften

Die Analyse der unterschiedlichen Geschäftsmodelle hat für das Projekt HDH-Demo den Themenbereich der Erneuerbaren Energiegemeinschaften als eine zukunftsträchtige Möglichkeit zur Nutzung erneuerbarer Energie aus dem Umfeld des Energy Hubs identifiziert. In diesem Themenbereich wurden zwei konkrete Geschäftsmodelle definiert:

- **Projektentwicklung und Betreuung:**

Bei diesem Geschäftsmodell steht die Gründung und Betreuung einer (erneuerbaren) Energiegemeinschaft im Vordergrund. Der Dienstleister tritt als Experte auf. Die Kund:innen bestehen in erster Linie aus Interessent:innen für die Gründung einer (erneuerbaren) Energiegemeinschaft und verfügen ihrerseits nicht über das notwendige Know-How, diesen Prozess einzuleiten. Neben der Gründung und Betreuung der Energiegemeinschaft beinhaltet das Geschäftsmodell auch die Entwicklung und Umsetzung von PV-Erzeugungsprojekten für die Einspeisung in die Energiegemeinschaft. Der wesentliche Vorteil für die Nutzer:innen dieser Dienstleistung besteht darin, dass sie sich nicht selber das notwendige Know-How aneignen müssen, sondern von der Erfahrung des Dienstleisters profitieren können.

- **PV-Erweiterungs-Contracting:**
  Bei diesem Geschäftsmodell handelt es sich um ein Investitionsmodell für PV-Anlagen, die in eine (erneuerbare) Energiegemeinschaft einspeisen sollen. Gerade im Kontext von (erneuerbaren) Energiegemeinschaften gibt es oft das Problem der Finanzierung von Erzeugungsanlagen, die den Bedarf der Gemeinschaftsmitglieder decken sollen. Die Anbieter dieses Modells, das können bspw. Energieversorger oder andere Investoren sein, stellen das notwendige Kapital zur Errichtung der Anlagen zur Verfügung. Die Nutzer:innen, das können bspw. Mitglieder der (erneuerbaren) Energiegemeinschaft oder die Trägerorganisation der (erneuerbaren) Energiegemeinschaft sein, treten als Betreiber der Anlage auf und können die erzeugte Energie im Gegenzug für eine Contracting-Rate nutzen. Für sie ergibt sich der Vorteil, dass die selbst nicht über das notwendige Kapital für die Errichtung der Anlagen verfügen müssen.

Für beide Geschäftsmodelle wurde eine umfassende Analyse der potenziellen Anbieter:innen, Nutzer:innen, der Rahmenbedingungen und Anforderungen durchgeführt. Des Weiteren wurden die beiden Modelle wirtschaftlich bewertet, was als Grundlage für die Entwicklung eines Produktes im Rahmen des Projektes herangezogen wurde. Die Ergebnisse der Bewertung der beiden Geschäftsmodelle legte nahe, dass das Modell „PV-Erweiterungs-Contracting“ im Projekt nicht weiter zu verfolgen sei, da es zum Zeitpunkt der Entscheidung einen größeren Bedarf für die Gründung von Energiegemeinschaften als für die Ausstattung von Energiegemeinschaften mit erneuerbaren Erzeugungstechnologien gab.

Der Fokus wurde in der weiteren Betrachtung auf die Gründung und Betreuung von Energiegemeinschaften gerichtet, auf dessen Basis ein konkretes Produkt der Burgenland Energie und eine Unterstützungsleistung für die Stadtgemeinde Neusiedl entwickelt wurde.

Produkt der Burgenland Energie:

Das entwickelte Produkt der Burgenland Energie besteht aus den folgenden Komponenten:

- Vorbereitung der Energiegemeinschaft
- Gründungsprozess
- Fortlaufende Betreuung

Das Produkt wurde mit einem für Anfang 2023 realistischem Preisszenario für den Strombezug aus dem öffentlichen Netz und die Einspeisung in das öffentliche Netz anhand von 3 Szenarien bewertet. Die drei Szenarien beschreiben unterschiedliche Zusammensetzungen von Energiegemeinschaften und sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

Abbildung 9: Szenario Initial

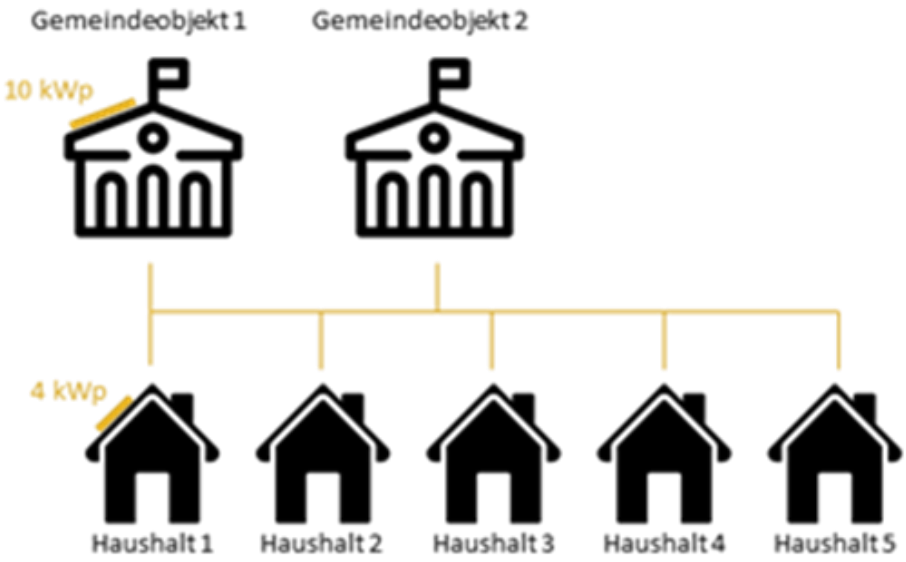


Abbildung 10: Szenario "Optimal PV"

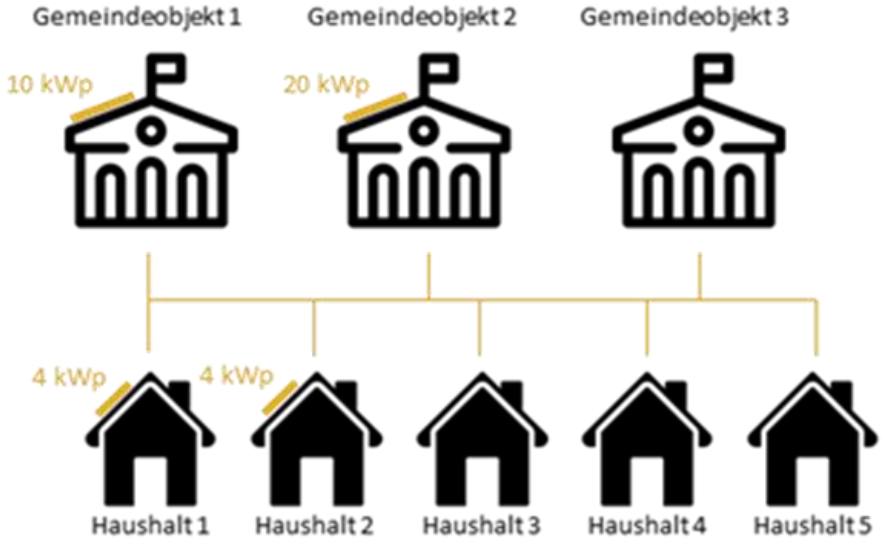
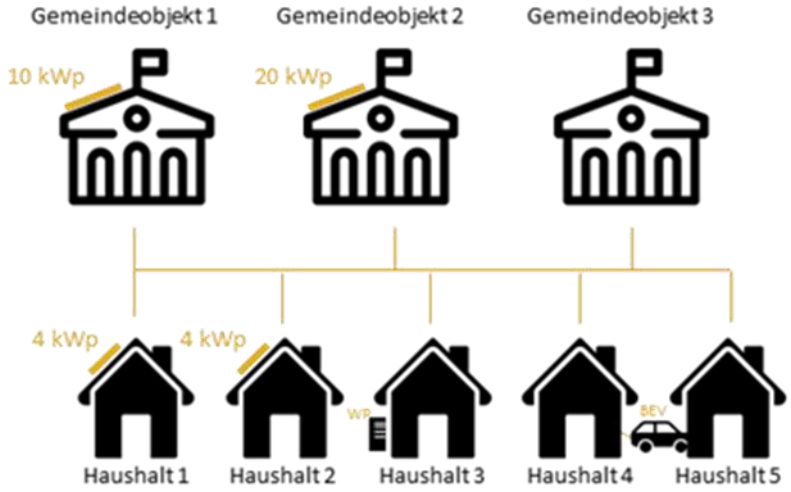


Abbildung 11: Szenario Optimal PV+WP+EV



Für alle drei Fälle wurde eine energietechnische Bewertung durchgeführt, die die Energieverteilung innerhalb der Energiegemeinschaft ergab. Aufbauend auf dieser innergemeinschaftlichen Energieverteilung wurden die wirtschaftlichen Potenziale der Energiegemeinschaften ermittelt und damit die Anwendbarkeit des Produktes bewertet. Bei dem gewählten Preisszenario im „Szenario Ideal“ wurde für die Mitglieder in den Energiegemeinschaften Einsparungen zwischen € 77 und € 100 für die beziehenden Mitglieder

und Mehreinnahmen von € 36 bis € 384 für die einspeisenden Mitglieder erreicht. Für die Abgeltung der Dienstleitung würde in diesem Fall ein Betrag von etwa € 380 pro Jahr zur Verfügung stehen.

Im Szenario "Optimal PV“ wurden Einsparungen zwischen € 109 und € 152 und Mehreinnahmen zwischen € 15 und € 492 erreicht. Für die Vergütung der Dienstleistung stünden in diesem Szenario € 492 zur Verfügung.

Im Szenario Optimal PV+WP+EV wurden Einsparungen zwischen € 103 und € 372 und Mehreinnahmen zwischen € 21 und € 693 erreicht. Für die Vergütung der Dienstleistung stünden in diesem Szenario € 693 zur Verfügung.

Stadt Neusiedl:

Für die Stadt Neusiedl wurde ebenfalls eine Bewertung einer Energiegemeinschaft durchgeführt, die sich an einem realistischen Szenario für eine Stadt dieser Größe orientiert. In diesem Beispiel ergibt sich eine Energieverteilung wie in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Abbildung 12: Bezugsquellen des Verbrauchs der Gemeinschaftsmitglieder

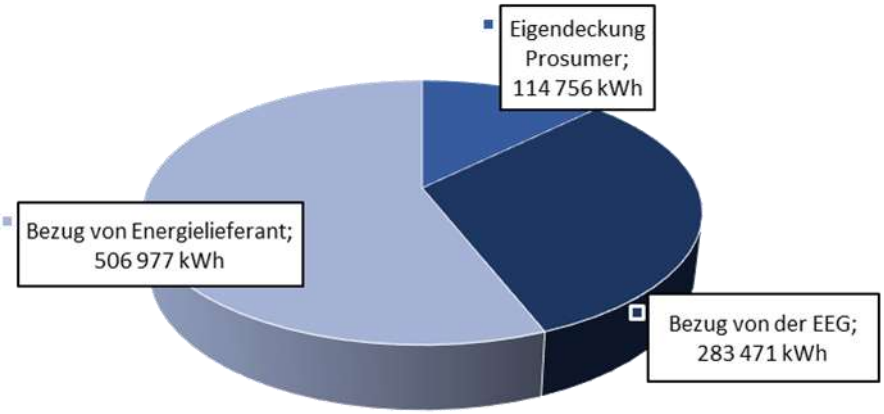
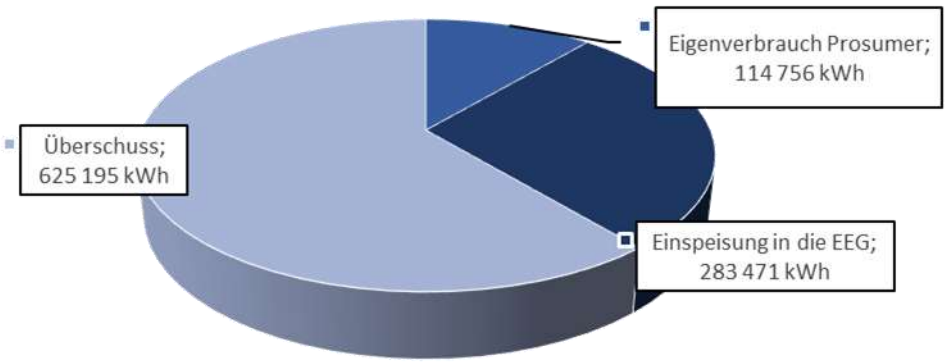


Abbildung 13: Aufteilung der Erzeugung der Gemeinschaftsmitglieder



Auch für die Stadt Neusiedl wurde eine wirtschaftliche Bewertung der Energiegemeinschaft durchgeführt. Dafür wurden zwei Tarifszenarien herangezogen, ein Hochpreisszenario, bei dem der Strombezugspreis bei etwa 42 Cent/kWh lag und ein Niedrigpreisszenario, bei dem der Strombezugspreis bei 23 Cent/kWh lag. Alle anderen Tarife orientierten sich an diesen Tarifen.

Die Einsparungen der einzelnen Mitglieder sind in den nachfolgenden Grafiken für die beiden Szenarien dargestellt.

Abbildung 14: Verteilung der Kostenreduktionen der Energiegemeinschaft Neusiedl am See im Tarifszenario 1

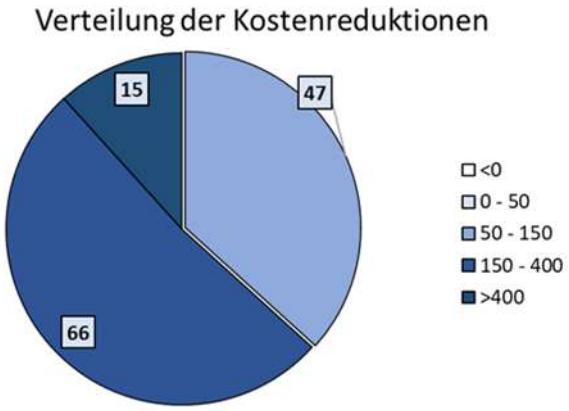
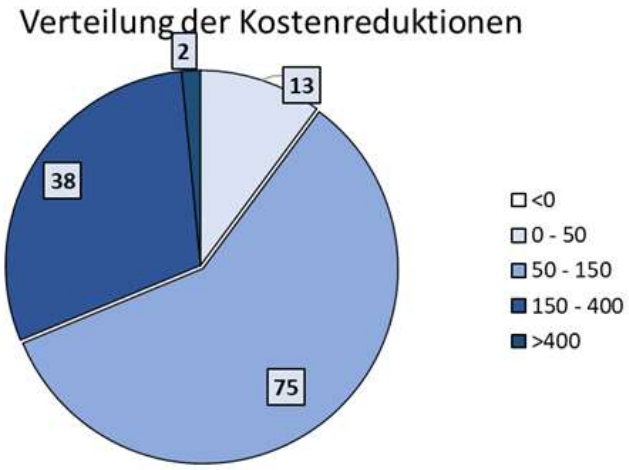


Abbildung 15: Verteilung der Kostenreduktionen der Energiegemeinschaft Neusiedl am See im Tarifszenario 2

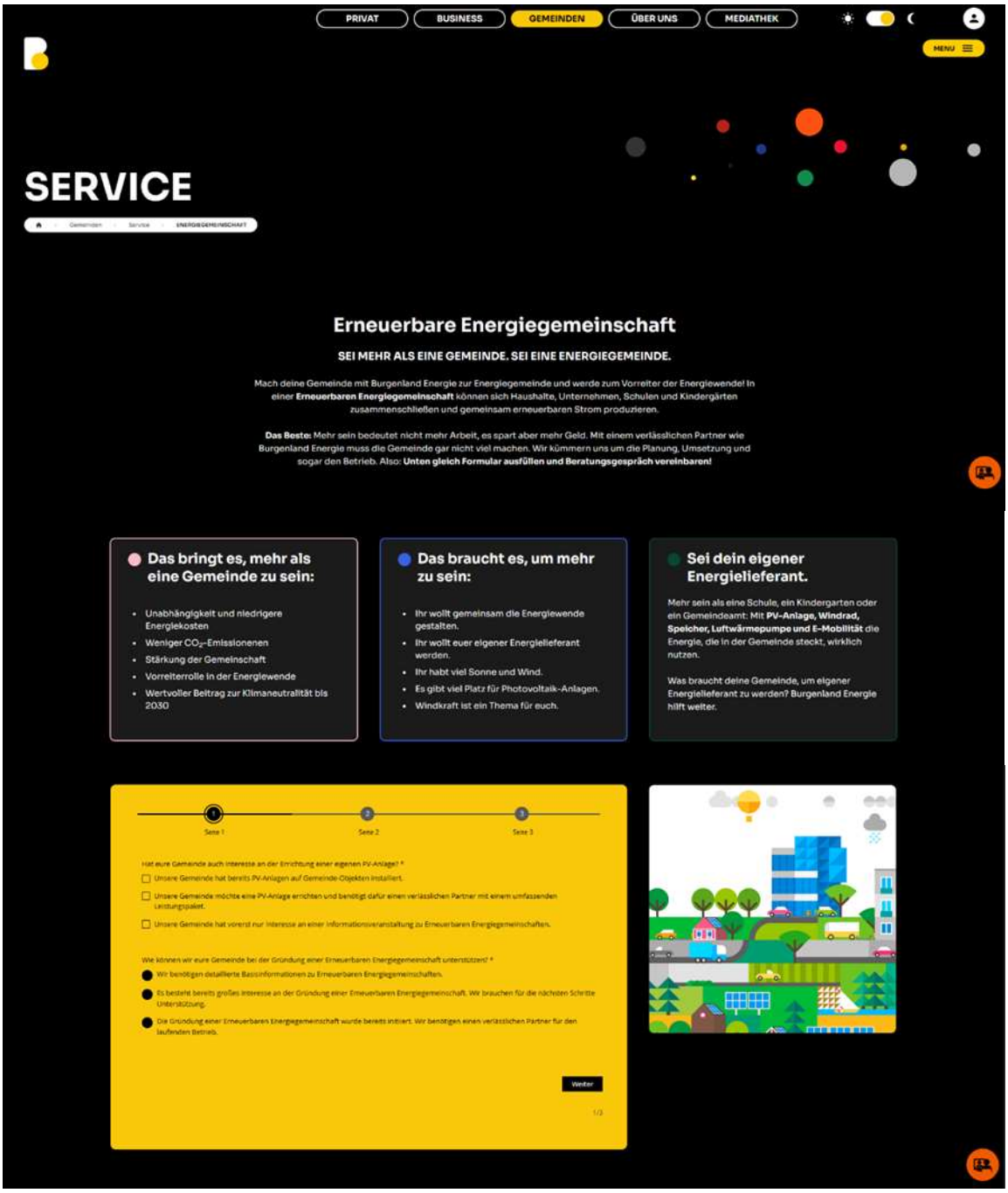


Für beide Tarifszenarien wurden die Tarife so gewählt, dass für die Abgeltung der Dienstleitung ein Betrag von etwa € 2.300 pro Jahr zur Verfügung stünde.

Umsetzung:

Das Produkt der Burgenland Energie wurde im Rahmen des Projektes umgesetzt und steht bereits für Interessent:innen zur Verfügung, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 16: Landing Page der Burgenland Energie zum Thema Energiegemeinschaften



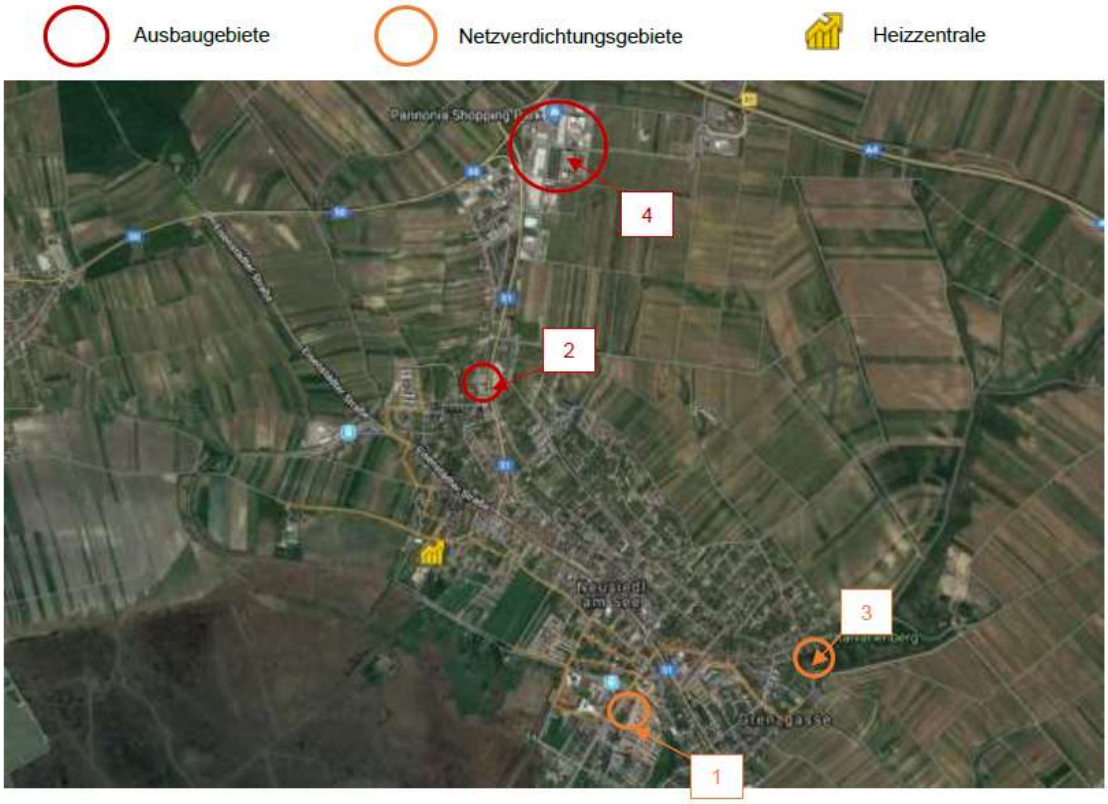
Konkret werden mit Erstellung dieses Berichts 6 Energiegemeinschaften von der Burgenland Energie in der Gründung begleitet und betreut.

4.3 Wärmeversorgung

Die analysierten kundenseitigen Wärmeversorgungsanlagen (Bauhof Neusiedl, Klosterkindergarten, Neusiedler Mittelschule) können bei Umsetzung von sekundärseitigen Optimierungsmaßnahmen einen Beitrag zur Optimierung des Fernwärmenetzes, durch Verbesserung der Systemtemperaturen, Verringerung des Pumpenstromes und besseren Ausnutzung der Rohrleitungskapazitäten leisten.

Hinsichtlich einer möglichen Netzverdichtung und Erhöhung der Fernwärmeproduktion liegen derzeit nur wenige Informationen vor. Nachfolgend dargestellter Lageplan dient als Übersicht der jeweiligen Standorte für mögliche Netzausbau- und Verdichtungsgebiete (siehe Abbildung 17). In Summe ist aus derzeitiger Sicht davon auszugehen, dass mittelfristig mit einer zusätzlichen Anschlussleistung von 440 kW gerechnet werden kann.

Abbildung 17: Mögliche Netzausbau- und Verdichtungsgebiete in Neusiedl am See



4.4 Wasserstoff

Der Einsatz von Wasserstoff in den hard-to-abate Bereichen Verkehr, Landwirtschaft und Industrie soll in den Fokus gerückt werden. Im Verkehrsbereich sollen insbesondere jene Treibstoffe ersetzt werden, die nicht über die primärenergetisch effizientere Variante der Elektromobilität gewährleistet werden kann.

Wasserstoff und andere Formen von erneuerbarem Gas auf breiter Basis werden als eine Möglichkeit gesehen, die saisonale Speicherproblematik zu lösen. Überschüsse von PV können so in den Winter transferiert werden, wo zwar höheres Windaufkommen als im Sommer vorhanden ist, dies aber über höheren Verbrauch im Winter überlagert wird.

Das Stromnetz unterliegt durch die Integration volatil erzeugender Wind- und PV-Anlagen zunehmend an seine Grenzen. Die Volllaststundenanzahl des Netzes kann zwar mittels hybrider Einspeisung (Wind und PV) verbessert werden, die Zwischenspeicherung in eine andere Energieform und Abgabe in das Netz kann aber dessen Auslastung weiter verbessern. Zudem können erneuerbare Gase auch über andere Transportwege und Energienetze abtransportiert werden, was das Aufnahmepotential des Energiesystems insgesamt für volatile Erzeugung weiter erhöht.

Im Burgenland gibt es neben dem Stromnetz auch ein weit verzweigtes Erdgasnetz. Im Zuge der Dekarbonisierung des Energiesystems stellt sich die Frage der Nachnutzung dieses Netzes. Hier könnten erneuerbare Gas eine wesentliche Rolle spielen. Zudem wären gezielte Netzausbauszenarien für erneuerbares Gas möglich. So könnten erneuerbare Gase aus dem Nordburgenland beispielsweise nach Wien oder in die Nähe des Flughafens Schwechat transportiert werden.

Als Schlüsselaktivitäten in diesem Geschäftsmodell wird die Produktion und der Verkauf von Wasserstoff ins Zentrum gestellt. Gesondert soll hier auf die räumliche Nähe des Standorts zur OMV-Raffinerie bzw. zum Flughafen in Schwechat hingewiesen werden. Hier könnte auch entsprechend ein Beitrag zur Dekarbonisierung des Flugverkehrs gesetzt werden – entsprechende Technologien (synthetisches Kerosin oder wasserstoffbetriebene Flugzeuge) vorausgesetzt.

Um diese potentiellen Abnehmer zu bedienen, sind entsprechende Lieferketten aufzubauen. Auf Basis der im Burgenland vorhandenen Leistungen an erneuerbarer Stromproduktion und damit verbundener Größenordnungen für die Wasserstoffproduktion sind hier leitungsgebundene Lieferketten im Fokus.

Die Installation der Anlagen ist nach der Detailplanung und der Entwicklung entsprechender Geschäftsmodelle und Optimierungs- bzw. Betriebsstrategien eine weitere Schlüsselaktivität.

Gemeinsam mit dem Land Burgenland und dem Verbund verfolgt die Burgenland Energie hier eine Wasserstoffstrategie, die im Vollausbau bis 2030 eine jährliche Wasserstoffproduktion von 40.000 t/a ermöglichen soll, bei einer elektrischen Produktionsleistung von 300 MW [24].

Um im immer komplexer und multidimensionaler werdenden Energiesystem und -markt eine optimale Betriebsweise der Anlagen zu gewährleisten, sind entsprechende prognosegestützte und sektorübergreifende Optimierungsmodelle erforderlich.

Abbildung 18: Wasserstoffproduktion in Abhängigkeit vom Preis für das Jahr 2018

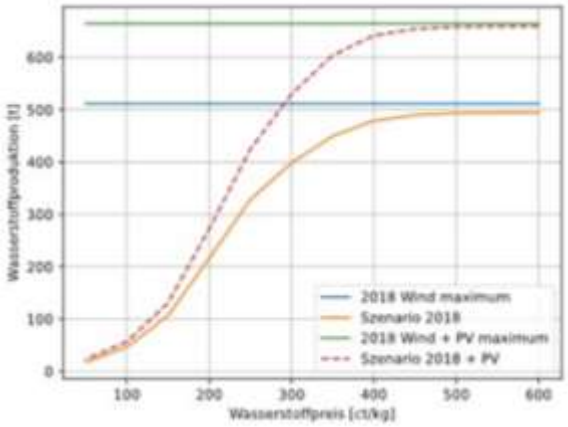
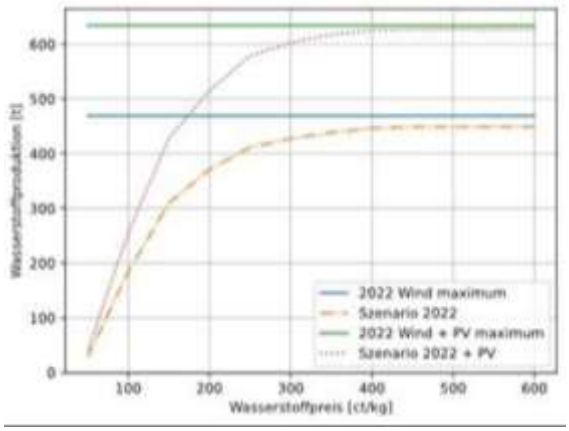


Abbildung 19: Wasserstoffproduktion in Abhängigkeit vom Wasserstoffpreis für das Jahr 2022



4.5 Sektorkopplung

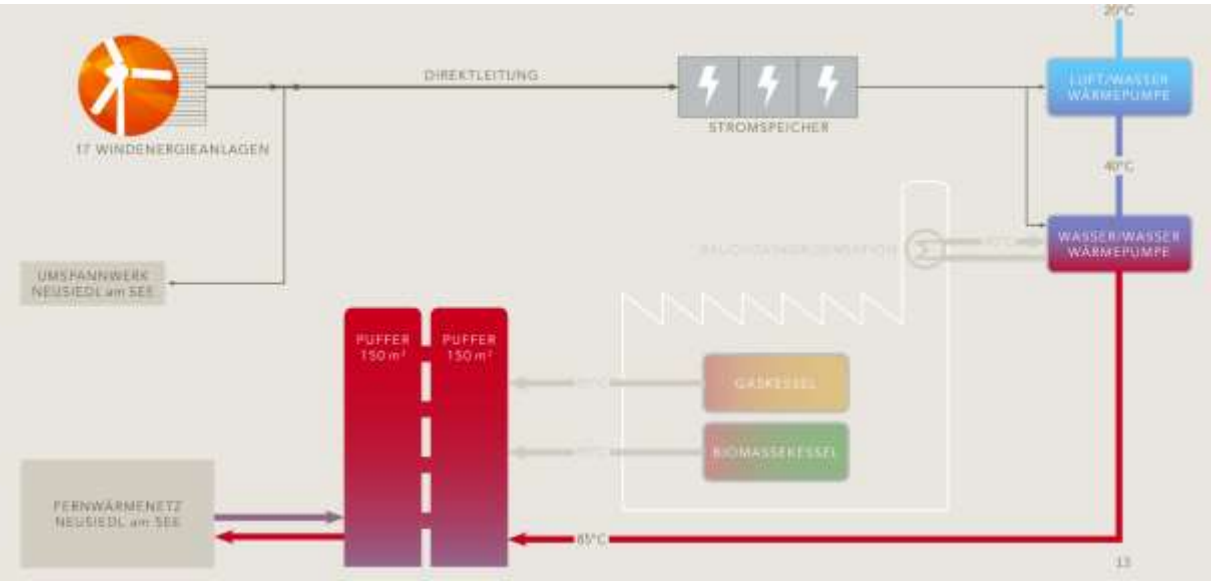
Begünstigt durch die hohe Verfügbarkeit lokal vorhandener Windenergie kann eine Sektorkopplungspunkt als power-to-heat Anlage ausgeführt werden. Die Wärmepumpe erweist sich hierbei sowohl als wirtschaftlichere als auch exergetisch effizientere Variante gegenüber einem Elektrodirekterhitzer.

Das entwickelte Wärmepumpenkonzept ermöglicht eine Umsetzung auch ohne externe Wärmequelle durch eine zweistufige Betriebsweise bei Nutzung von Außenluft im Sommer bzw. der Restwärme aus dem Rauchgaskondensator des Biomassekessels im Winterbetrieb.

Die Entscheidung für ein Notstromsystem (Versorgung über Direktleitung) und gegen den Betrieb mit Netzstrom wurde aufgrund der hohen zusätzlichen Investitionskosten getroffen, die für einen Netzanschluss dieser Leistung notwendig gewesen wäre, jedoch nur wenige Stunden

pro Jahr zur gesicherten Abschaltung der Wärmepumpe bei Einsetzen einer Flaute Auslastung gehabt hätte. Somit ergibt sich das finale Anlagenschaltbild gemäß Abbildung 20.

Abbildung 20: Finales Umsetzungskonzept der hybriden Netzeinspeisung inkl. Notstromversorgung



5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Beim für das Projekt zentralen Geschäftsmodell der „Windwärme – Versorgung“ wird über bestehende Windkraftanlagen in einen bestehenden Standort, welcher adaptiert und umgebaut worden ist, für eine Power to Heat Anlage Elektrizität zur Wärmeversorgung in ein bestehendes Fernwärmenetz eingespeist. Dazu wurde ein entsprechendes Konzept entwickelt, welches die neue Wärmepumpenanlage mit der bestehenden Biomassekesselanlage verbindet. Im Sommer erfolgt der Betrieb über die Wärmepumpen alleine, die Luft-Wassser-Wärmepumpen speisen in den Kaltpuffer, ein, die als Wärmequelle für die Wasser-Wasser-Wärmepumpen dienen. Im Winter, wenn die Außenluft kälter ist, läuft aufgrund des höheren Wärmebedarfs der Biomassekessel, die Abwärme des Biomassekessels wird über einen Rauchgaskondensator in den Kaltpuffer transferiert, welcher wiederum als Wärmequelle für die Wasser-Wasser-Wärmepumpen dient. Als Betreiber fungiert das Energiedienstleistungsunternehmen Burgenland Energie. Durch die Implementierung und Umsetzung der Power to Heat Anlage wird die Vorreiterrolle des Betreibers zusätzlich gestärkt. Auch der Bereich der Sektorenkopplung kommt damit zum Einsatz, es wird dadurch eine nennenswerte Flexibilität geschaffen, die die technische und energiewirtschaftliche Integration der Windenergie verbessert. Seitens des Wärmevertriebs kann das Abnahmepotential durch die zusätzlichen Wärmeerzeuger erhöht werden, während die Wärmegestehungskosten durch teilweise Vermeidung von zu zukaufenden Brennstoffen (Hackschnitzel und Erdgas) abgesichert werden können.

Mit Beginn der COVID-19 Pandemie musste das ursprüngliche Konzept zur Stakeholder-Einbindung (vgl. D2.1 Kapitel 3.2) angepasst werden. Nichtsdestotrotz konnten mit der quantitativen Methode des Analytic Hierarchy Process viele Stakeholder in diesen Prozess eingebunden und so eine offene Innovationskultur in mehreren Wellen eingeschlagen werden.

Die Gründung von Energiegemeinschaften ist ein sehr komplexer und teilweise aufwändiger Vorgang. Das trifft vor allem dann zu, wenn die Energiegemeinschaft von einer öffentlichen Institution, wie bspw. einer Gemeinde initiiert wird. Die aktuell sehr dynamische Situation der Endkund:innen- und Einspeisetarife stellt eine große Herausforderung für die Planbarkeit von Energiegemeinschaften dar. Deswegen ist es für den Planungs- und Entwicklungsprozess unabdinglich, dass die Initiatoren der Energiegemeinschaft sich über die Ziele der Gemeinschaft klar sind, damit diese in einem entsprechenden Setting entstehen kann. Darüber hinaus haben die Ergebnisse gezeigt, das bei einem vorgegebenen Tarifszenario sich zwar eine Wirtschaftlichkeit einstellen kann, die wirtschaftlichen Vorteile aber nicht groß genug sein werden, um die Hauptantriebsfeder für die Gründung einer Energiegemeinschaft zu sein.

Hier müssen andere Motivationsgründe in den Vordergrund gebracht werden, damit es nicht zu falschen Erwartungshaltungen bei den Mitgliedern oder Initiatoren kommt.

Generell kann gesagt werden, dass man für die Gründung von Energiegemeinschaften Unterstützung benötigt, damit die komplexen Prozesse gut erarbeitet werden können.

Im Bereich Wasserstoff hat das Projekt die folgenden Ergebnisse vorzuweisen:

1. **Optimierungsmodell für einen mehrdimensionalen Energieknoten inkl. Wasserstoffproduktion:** Um den Betrieb des Energieknotens objektiv bewerten zu können, wurde ein gemischtganzzahliges Optimierungsmodell entwickelt welches als Benchmark dient. Dieses Modell errechnet eine kostenminimale Betriebsführung der kompletten Anlage. Damit wurden vier Szenarien im Detail untersucht, welche sich im Betriebsjahr (2018 und 2022) sowie im zur Verfügung stehenden Angebot an erneuerbarer Elektrizität (nur Wind, Wind+PV) unterscheiden. Die Kosten sind hier als Grenzkosten bedingt durch die Opportunitätskosten für nicht eingespeiste elektrische Energie zu verstehen.
2. **Qualitative Erkenntnisse zu potentiellen Geschäftsmodell für Wasserstoff auf Basis der Analyse der Rahmenbedingungen und eines Business Model Canvas.** Dabei wurden 5 mögliche Use Cases für Wasserstoff in der Region identifiziert
    a. Integrierte Mobilitätslösungen: Produktion von Wasserstoff vor Ort und Nutzung im öffentlichen Nah- und Regionalverkehr bzw. Schwerverkehr
    b. Lieferant von grünem Wasserstoff für die Ostregion: Lieferung an Wasserstoffverbraucher mit Schwerpunkt Industrie (z.b. OMV) in der Ostregion
    c. Klimaneutrale Landwirtschaft: Lieferung von Wasserstoff für Mobilität in der Landwirtschaft mit Schwerpunkt auf Weinbau
    d. Quartierslösung für die Eigenversorgung: Erhöhung des Autarkiergrads von Quartieren unter Nutzung von saisonaler Speicherkapazität in Verbindung mit EEGs
    e. Greening the Gas: Einspeisung in das öffentliche Gasnetz als Wasserstoff oder aufbereitet als synthetisches Gas
3. **Vorbereitung einer Wasserstoffpilotanlage:** Im Projektantrag zum gegenständlichen Projekt Hybrid DH Demo wurde angekündigt, einen Teil der entwickelten Marktmodelle zu demonstrieren, einen anderen Teil konzeptionell zu

Entwickeln. Für den Bereich Wasserstoff konnte in Verbindung mit dem EFRE-Programm „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung Österreich 2014-2020“ eine Finanzierung für eine Pilothafte Umsetzung einer Wasserstoffanlage im Heizwerk Neusiedl erzielt werden. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung ist dieses Infrastrukturprojekt gerade in Umsetzung. Abbildung 15 zeigt das komplette Anlagenschema des Energy Hubs Neusiedl, die Wasserstoffpilotanlage ist im oberen Bereich dargestellt.

6 Literaturverzeichnis

[1] D. Harhoff, J. Henkel und E. von Hippel, „Profiting from voluntary information spillovers: how users benefit by freely revealing their innovations," *Research Policy,* p. 1753–1769., 2003.

[2] C. Digmayer und E.-M. Jakobs, „Shared Ideas: Integration von Open-Innovation-Plattform - Methoden in Design-Thinking-Prozesse," in *Digitalisierung und Innovation. Planung - Entstehung - Entwicklungsperspektiven*, Wiesbaden, Springer Gabler Verlag, 2013, pp. 347 -364.).

[3] Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, „#mission2030: Die Österreichische Klima- und Energiestrategie," Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 2018.

[4] Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, „Erneuerbare Energie in Zahlen 2017," Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 2017.

[5] IG Windkraft, „Windenergie in Österreich," [Online]. Available: https://www.igwindkraft.at/fakten/?xmlval_ID_KEY[0]=1234. [Zugriff am 09 10 2018].

[6] Statistik Austria, „Energiebilanz Burgenland 1988 bis 2016," Statistik Austria, Wien, 2017.

[7] *Ökostrom-Einspeisetarifverordnung 2018 – ÖSET-VO 2018,* 2017.

[8] J. Paeck, T. Nacht, M. Weissenbacher und M. Schöny, „Abschlussbericht des Projektes „Windvermarktung"," 2018.

[9] W. Friedl, G. Totschnig, D. Suna, G. Resch, F. Schöniger, C. Messner und A. Hamid, „Flexibilitätsbedarf bei 100% erneuerbarem Strom in Österreich," 10. Internationale Energiewirtschaftstagung, TU Wien, 2019.

[10] A. Buttler, J. Hentschel, S. Kahlert und M. Angerer, „Statusbericht Flexibilitätsbedarf im Stromsektor. Eine Analyse der aktuellen marktwirtschaftlichen und technischen

Herausfor-derungen an Speicher und Kraftwerke im Zuge der Energiewende.," Technische Universität München, München, 2015.

[11] Landesverband Erneuerbarer Energien NRW e.V., „Positionspapier Flexibilität & Energiespeicher," [Online]. Available: http://www.lee-nrw.de/wp-content/uploads/2015/10/20150603_LEE-Stellungnahme-zu-Flexibilit%C3%A4t-und-Energiespeichern.pdf. [Zugriff am 20 04 2018].

[12] R. Hinterberger und et al, „Hybridnetze und Synergiepotentiale mit kommunalen Infrastrukturen. Visions- und Strategiepapier," Bundesministeri-um für Verkehr, Innovation und Technologie., Wien, 2015.

[13] G. Norman, C. Richts, P. Hochloff und et al, „Powert-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien," Agora Energiewende, 2014.

[14] R. Hinterberger, J. Hinrichsen und S. Dedeyne, „Einsatz von Power-To-Heat Anlagen zur Verwertung von EE-Überschussstrom," in *15. Symposium Energieinnovation*, Graz, 2018.

[15] G. Totschnig und et al, „P2H-Pot: Potentiale, Wirtschaftlichkeit und Systemlösungen für Power-to-Heat," Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2018.

[16] Vattenfall, „Windkraft-Journal," 11 11 2017. [Online]. Available: https://www.windkraft-journal.de/2017/11/11/mit-der-power-to-heat-anlage-muessen-weniger-windraeder-und-pv-anlagen-abgeregelt-werde/112537?doing_wp_cron=1539865397.1614120006561279296875.

[17] Salzburg AG, „Salzburg AG nimmt zweite Power-to-Heat-Anlage in Betrieb," APA-OTS, 22 02 2016. [Online]. Available: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160222_OTS0056/salzburg-ag-nimmt-zweite-power-to-heat-anlage-in-betrieb. [Zugriff am 2018].

[18] C. Segalla, *Power 2 Heat Anwendungen für das Fernwärmenetz,* Großwärmepumpenforum 2018: Wien Energie, 2018.

[19] G. Adelberger, Interviewee, *Preisauskuft Ochsner Energietechnik.* [Interview]. 2018.

[20] D. Holler, „Neuartiger Windgas-Elektrolyseur erzeugt erneuerbaren Wasserstoff für die Energiewende," oekonews.at, 16 09 2016. [Online]. Available: https://www.oekonews.at/?mdoc_id=1109533. [Zugriff am 09 10 2018].

[21] C. Golling und H. Reemt, „Roadmap Power to Gas," Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin, 2019.

[22] J. Michaelis, J. Junker und M. Wietschel, „Eine Bewertung der Regelenergie-vermarktung im Power-to-Gas-Konzept," *Energiewirtschaft,* Nr. 37, pp. 161-175, 2013.

[23] C. Brunner und J. Michaelis, „Wirtschaftliche Perspektiven für Power-to-Gas im zukünftigen Energiesystem," *Energiewirtschaftliche Tagesfragen,* Bd. 66, Nr. Heft 3, pp. 52-55, 2016.

[24] Burgenland, „Burgenland wieder Vorreiter: Grüner Wasserstoff soll Weg zur Energieunabhängigkeit beschleunigen," Juli 2022. [Online]. Available: https://www.burgenland.at/news-detail/burgenland-wieder-vorreiter-gruener-wasserstoff-soll-weg-zur-energieunabhaengigkeit-beschleunigen/.

[25] T. Nacht und et al, „Erkenntnis aus dem Projekt InEnmasys (FFG, Nr. 84389)".

[26] EAG, *Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen,* Gesetz der Republik Österreich, 2021.

[27] CARMEN, *Marktübersicht Elektrolyseure 2021,* C.A.R.M.E.N. ev; Straubing, 2021.

[28] Gas Connect Austria, *Erdgasleitungen und Erdgaslagerstätten in Österreich,* 2017.

[29] Hydex, „Hydex und HdyexPLUS - Die Preisindizes für Wasserstoff," 23 03 2023. [Online]. Available: https://e-bridge.de/kompetenzen/energy-markets/wasserstoff/.

[30] treeze, „treeze - fair life cycli thinking," 28 04 2022. [Online]. Available: https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/calculators/KBOB_Rechner/Fernwaerme.html.