

IEA Wärmepumpen- technologien (HPT) Annex 43: Brennstoffbetriebene Wärmepumpen

J. Emhofer, T. Fleckl,
A. Zottl, C. Köfinger,
R. Wechsler, R. Rieberer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

44/2017

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Wärmepumpentechnologien (HPT)

Annex 43: Brennstoffbetriebene Wärmepumpen

Johann Emhofer, Thomas Flechl,
Andreas Zottl, Christian Köfinger
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Roman Wechsler, René Rieberer
TU Graz

Wien und Graz, Jänner 2017

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 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 entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

IEA HPP Annex 43: Brennstoffbetriebene Wärmepumpen	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abstract	5
1 Einleitung.....	6
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik	6
1.2 Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	7
1.3 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet	7
1.4 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema	8
1.5 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Ergebnisberichts	9
2 Hintergrundinformation zum Projekttinhalt	10
2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes und der Aufgabenstellung des Österreichischen Teilprojektes im Annex	10
2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation	14
2.3 Beschreibung der verwendeten Methodik, Daten und Vorgangsweise	14
3 Ergebnisse des Projektes	16
3.1 Beschreibung der Ziele der internationalen Kooperation und des nationalen Beitrags zur Zielerreichung, Darstellung ob und wie diese erreicht wurden.	16
3.2 Beschreibung der Projektergebnisse:.....	16
3.3 Welche Ergebnisse wurden in dem Implementing Agreement veröffentlicht?.....	30
3.4 Welche weiteren Ergebnisse der Task / des Implementing Agreements werden noch veröffentlicht?	31
4 Vernetzung und Ergebnistransfer	32
4.1 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind	32
4.2 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?.....	33
4.3 Beschreibung der Relevanz und des Nutzens der Projektergebnisse	33
5 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	35
5.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam?	35
5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?.....	35
5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?.....	36
5.4 Darstellung, ob weiterführende nationale Forschungsprojekte bzw. IEA- Kooperationsprojekte im Themenbereich geplant sind bzw. schon durchgeführt werden. .	36
6 Literaturverzeichnis	38
6.1 Homepage des internationalen IEA HPP Annex 43 und die Webseiten der nationalen Partner	38
6.2 Verwendete Literatur im Ergebnisbericht	38
Anhang	39
Country Report: AUSTRIA 2016	39

Kurzfassung

Ein großer Anteil der Wohngebäude in Österreich (ca. 41 %, lt. Statistik Austria, 2015) wird derzeit mit fossilen Energieträgern beheizt, wobei sich die fossilen Energieträger jeweils ca. zur Hälfte auf Erdgas und Öl aufteilen. Zudem sind viele dieser älteren Anlagen überdimensioniert, da dies zur Zeit ihrer Installation üblich war. Als Folge zahlen Österreichs Haushalte nicht nur einige Mio. Euro pro Jahr zu viel an Heizkosten, sondern emittieren in etwa bis zu doppelt so viel an CO₂-Emissionen als es aufgrund neuester Technologien, wie beispielsweise brennstoffbetriebener Sorptionswärmepumpen, die im IEA HPP Annex 43 näher untersucht wurden, notwendig wäre. Die genannte Technologie befindet sich noch in einer sehr frühen Phase, in der es vor allem noch keine gesicherten Erfahrungen über die Effizienz der unterschiedlichen Sorptionssysteme gibt. Zudem ist die Technologie bei potentiellen Anwendern und Entscheidungsträgern kaum bekannt und es fehlen noch die Erfahrungen von qualitätssichernden Maßnahmen wie beispielsweise Normen. Das Projekt „Fuel driven sorption heat pumps“ zielte auf die Schaffung optimaler Voraussetzungen für eine erfolgreiche, breite, nachhaltige Markteinführung brennstoffbetriebener Sorptionswärmepumpen in Österreich ab. Nachdem Österreichs Sorptionswärmepumpenhersteller sich hauptsächlich mit der Absorptionstechnik befassen und die beiden Forschungseinrichtungen der ARGE ein umfangreiches Know-how in diesem Bereich aufweisen, hat sich der österreichische Beitrag vor allem auf gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen (AWPs) fokussiert. Die ARGE hat im Projekt eine Marktstudie inklusive Potenziale, Chancen und Eintrittsbarrieren für AWPs in Österreich, sowie einen Katalog an Marktunterstützungsmaßnahmen wie beispielsweise notwendige gesetzliche Regelungen, und Förderungen, ausgearbeitet. Des Weiteren wurden verschiedene Systemkonfigurationen für drei Gebäudetypen unter Berücksichtigung des lokalen Klimas simulatorisch berechnet und mit Monitoringdaten verglichen. Zudem wurden die zwei in Europa gebräuchlichsten Berechnungsmethoden für saisonale Effizienzen der Gasnutzung (EN12309, VD4650-2) mit den entwickelten Simulationsmodellen verglichen. Die Ergebnisse und Erkenntnisse wurden, gemeinsam mit den Ergebnissen aus anderen F&E-Projekten der ARGE, in die internationalen Expertenmeetings eingebracht, sowie an österreichische Stakeholder, wie der Wärmepumpenbranche, der Gascommunity, Planern, Installateuren, Förderstellen etc., disseminiert. Die Beteiligung am IEA Annex 43 hat die Sichtbarkeit der österreichischen Forschungsaktivitäten vor allem im Bereich gasbetriebener Absorptionswärmepumpen gestärkt bzw. weiter erhöht. Zudem erhielt die österreichische Industrie die Möglichkeit, an aktuellsten Forschungsergebnissen und marktrelevanten Informationen zu erhalten und damit die Voraussetzungen, einen aus ökonomischer, ökologischer und energetischer Sicht attraktiven neuen Markt aufzubauen und zu erschließen.

Abstract

About 41% of Austria's households are heated by fossils (liquid/natural gas, fuel oil) according to (Statistik Austria, 2015). In addition, most systems are over-dimensioned as this was the usual practise at the time of installation. As a consequence, Austrian households are spending many Mio. Euro more on heating, and emitting up to twice as much on CO₂ emissions, compared to the newest technology available, as for instance fuel driven sorption heat pumps which are further investigated within the IEA HPP Annex 43. Sorption heat pumps are still in an early development stage. Reliable information on the performance of the systems and experience with quality assurance measures e.g. standards are lacking. In addition, the technology is barely known by potential users and decision makers. The project aimed at creating ideal conditions for a successful, broad, sustainable market penetration of fuel driven sorption heat pump systems in domestic and small commercial / industrial buildings to reduce the environmental impact of heat supply in Austria. The Austrian contribution was primarily focused on gas-fired absorption heat pumps as this type of technology is developed by Austrian companies and as the participating research institutions have the broadest knowledge on this type of fuel driven sorption heat pump.

The consortium conducted a market study including market potentials, opportunities and barriers for absorption heat pumps in Austria as well as list of market supporting measures as e.g. funding schemes. Furthermore, various systems configurations for three building types were calculated by means of simulation taking into consideration the local climate. The simulation results were compared with monitoring data. Furthermore, two calculation methods (EN12309-6, VD4650-2) for seasonal gas utilization efficiencies were compared to each other with the developed simulation models. The results of the tasks undertaken and knowledge acquired in prior national research projects, was communicated and disseminated to international experts as well as to Austrian stakeholders e.g. heat pump manufacturers, installers, planers, funding agencies, gas community, etc. The Austrian participation within the IEA HPP Annex 43 strengthened respectively increased the visibility of the Austrian research activities especially within the area of gas-fired absorption heat pumps. The Austrian industry got access to the latest research results and market relevant information which allow them to enter an economically, ecologically, and energetically attractive market segment at an early stage.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Ein großer Anteil der Wohngebäude (ca. 41%) in Österreich wird derzeit mit fossilen Energieträgern beheizt, wobei sich die fossilen Energieträger jeweils ca. zur Hälfte auf Erdgas und Öl aufteilen (siehe Abb. 1). Im Kontext der ambitionierten Zielvorgaben zur nachhaltigen Ressourcennutzung sowie zur Verbesserung des Klimaschutzes müssen in Zukunft zwei Faktoren gleichermaßen Berücksichtigung finden: der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energieträger sowie die Steigerung der Effizienz beim Einsatz fossiler Energieträger. Eine dafür geeignete, hoch effiziente Technologie ist die direkt befeuerte brennstoffbetriebene Sorptionswärmepumpe (Fuel Driven Sorption Heat Pump FSHP). Diese Technologie kann neben der im Brennstoff gespeicherten Energie auch Umgebungswärme (z. B. Erdwärme) für Heizzwecke nutzen. Dadurch kann im Vergleich zur Brennwerttechnik (der aus heutiger Sicht modernsten Kessel-Technologie) eine um 50-100 % höhere Effizienz erreicht werden.

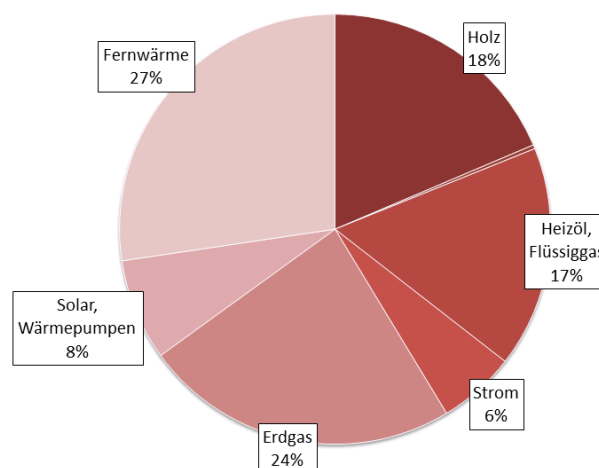


Abbildung 1: Energieträger für Heizzwecke in Österreich (Statistik Austria, 2015)

Da im Annex43 ausschließlich Gas als Energieträger behandelt wurde, wird im Folgenden der Begriff „gasbetriebene Sorptionswärmepumpe“ anstelle von „brennstoffbetriebene Sorptionswärmepumpe“ verwendet.

Die gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen stellen kurz- bis mittelfristige Lösungen dar um den Einsatz fossiler Energieträger zu reduzieren. Durch einen Betrieb mit Bio- oder E-gas (Gas, welches durch Elektrolyse und Methanisierung aus Strom gewonnen wird) existiert jedoch auch eine langfristige Möglichkeit diese Technologie zu nutzen. Die großen Vorteile der gasbetriebenen Sorptionswärmepumpe sind:

- Wenn bereits ein Gas Versorgungsnetz vorhanden ist, bietet die gasbetriebene Sorptionswärmepumpe eine alternative Heizmöglichkeit an, ohne das Stromnetz zusätzlich zu belasten.
- Gas lässt sich einfach über längere Zeiträume speichern und die dazu benötigte Infrastruktur existiert schon jetzt.
- Wenn hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden (Retrofit von alten Bestandsgebäuden, Warmwasserbereitstellung, ...) erreicht die gasbetriebene

Sorptionswärmepumpe relativ hohe Effizienzen im Vergleich zu anderen Technologien.

- Bei dem derzeitigen Verhältnis von Strom- zu Gaspreis in Österreich (2,59 laut Bestpreis für Wien vom E-Control Preismonitor 2. September 2016) gehört die gasbetriebene Sorptionswärmepumpe zu den kostengünstigsten Heizungsarten, wenn man ausschließlich die Energiekosten berücksichtigt.

Obwohl die gasbetriebene Sorptionswärmepumpe diese Vorteile bietet, hat sie sich bisher noch nicht am Markt durchgesetzt. Warum dem so ist und wo dennoch das Potential dieser Technologie liegt wurde im Rahmen dieses Projekts erarbeitet und wird im Folgenden präsentiert.

1.2 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Der IEA HPP Annex 43 führt die Arbeiten des Annex 34 „Thermally driven heat pumps“ (Abgeschlossen 2012) fort und komplementiert, soweit möglich, die Aktivitäten des IEA SHC Tasks 48 „Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling“.

1.3 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet

In Sorptionswärmepumpen wird ein gasförmiges Kältemittel bei Hochdruck unter Wärmeabgabe an das Heiznetz (Wärmesenke) kondensiert, das Kondensat entspannt und bei Niederdruck unter Wärmeaufnahme von der Umgebung (Wärmequelle) wieder verdampft. Um das Kältemittel nun erneut auf Hochdruck zu bringen und den thermodynamischen Kreislauf zu schließen, wird es bei Niederdruck von einem Sorptionsmittel unter Wärmeabgabe an die Wärmesenke aufgenommen (ad- bzw. absorbiert) und schließlich bei Hochdruck wieder desorbiert (ausgetrieben). Die Desorption erfolgt unter Wärmeaufnahme bei höheren Temperaturen als jene der Wärmesenke; diese Antriebswärme wird im Fall von brennstoffbetriebenen Sorptionswärmepumpe in Form von Verbrennungswärme bereitgestellt.

Je nach Aggregatzustand des Sorptionsmittels werden Ad- und Absorptionswärmepumpen unterschieden. Erstere arbeiten mit einem festen Sorptionsmittel und beruhen demzufolge auf einem zyklischen Prozess, während letztere mit einem flüssigen Sorptionsmittel (Lösungsmittel) arbeiten. Da dieses mittels einer Lösungspumpe gefördert werden kann, ist hier ein kontinuierlicher Prozess möglich. Da sich die österreichischen Beiträge im Rahmen dieses Projekts auf Absorptionswärmepumpen konzentrieren, wird im Folgenden auf diese Technologie näher eingegangen.

Als Arbeitsstoffpaare (Kältemittel/Lösungsmittel) für Absorptionswärmepumpen haben sich fast ausschließlich Wasser/Lithiumbromid sowie Ammoniak/Wasser durchgesetzt. Für beide Gemische sind die thermophysikalischen Eigenschaften relativ gut bekannt (z.B. Ibrahim und Klein 1993, M. Conde Engineering 2006, M. Conde Engineering 2014, Pátek und Klomfar 2006). Da bei Heizanwendungen die Temperatur der Wärmequelle häufig niedriger als 0 °C ist (z.B. Außenluft während der Heizperiode) und reines Wasser (als Kältemittel) bei diesen Temperaturen gefrieren würde, wird in

Heizungs-Absorptionswärmepumpen v.a. das Arbeitsstoffpaar Ammoniak/Wasser eingesetzt.

Da Wasser im Vergleich zu Ammoniak keinen vernachlässigbaren Dampfdruck besitzt, gehen beim Desorptionsvorgang neben dem Kältemittel (Ammoniak) auch kleinere Mengen an Lösungsmittel (Wasser) in die Dampfphase über. Der Anteil an Wasser in dem ausgetriebenen Dampfgemisch steigt tendenziell mit steigender Temperatur der Antriebswärme und ist daher v.a. bei brennstoffbetriebenen Absorptionswärmepumpen verhältnismäßig groß. Gelangt das Wasser in den Verdampfer, so führt diese Kältemittelverunreinigung zu einer deutlichen Verschlechterung der Effizienz des Gesamtsystems (Fernández-Seara und Sieres 2006). Um diesen unerwünschten Effekt zu reduzieren werden üblicherweise Verfahren zur Reinigung des Kältemitteldampfs angewendet. Hierzu zählen Rektifikation (Gegenstromdestillation) sowie Dephlegmation (partielle Kondensation) des Kältemitteldampfs (Niebergall, 1959).

Interne Wärmerückgewinnung ist von besonderer Bedeutung für die Effizienz von Absorptionswärmepumpen. Mögliche Strategien umfassen Lösungswärmeübertrager, in denen Wärme von der nach der Desorption verbleibenden (kältemittel-) armen Lösung an die (kältemittel-) reiche Lösung übertragen wird und letztere somit vor dem Desorptionsvorgang vorgewärmt wird. Unter gewissen Umständen kann jedoch mit einem sogenannten Generator-Absorber-Heat-EXchange (GAX) Design eine höhere Effizienz erreicht werden. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, dass Desorption und Absorption bei gleitenden Temperaturen stattfinden und sich die beiden Temperaturbereiche unter günstigen Bedingungen überlappen. Dies wird u.a. durch hohe Temperaturen der Antriebswärme, wie sie bei brennstoffbetriebenen Absorptionswärmepumpen vorliegen, begünstigt. Durch den Temperaturüberlapp ist es möglich, einen Teil der bei der Absorption freiwerdenden Wärme zur Austreibung von Kältemitteldampf im Desorber zu nutzen. (Herold et al. 1996)

1.4 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Mehrere österreichische Forschungsprojekte beschäftigten bzw. beschäftigen sich mit Absorptionswärmepumpen/-kältemaschinen im Allgemeinen und mit erdgasbetriebenen Absorptionswärmepumpen im Speziellen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über diese Projekte gegeben, wobei eine detaillierte Darstellung in dem im Rahmen dieses Projekts erstellten österreichischen Country Report (siehe Anhang) zu finden.

Das Projekt **NexGen** (Projektlaufzeit: 2011 - 2015, Projektpartner: AIT Austrian Institute of Technology GmbH, E-Sorp GmbH, TU Graz – Institut für Wärmetechnik) zielte auf die Bewertung verschiedener Kreislaufkonfigurationen, die das GAX-Prinzip umsetzen, für gasbetriebene Absorptionswärmepumpen im kleinen Leistungsbereich. Mittels numerischer Methoden wurden verschiedene Kreisläufe miteinander verglichen und schließlich ein Prototyp der vielversprechendsten Variante gebaut. Weiters wurde eine auf diesen Kreislauf zugeschnittene Regelungsstrategie implementiert und der Prototyp schließlich unter Laborbedingungen vermessen. Auf Basis der Messergebnisse wurde der Kreislauf nochmal leicht modifiziert, wodurch seine Effizienz weiter erhöht werden konnte.

Im Projekt **ThermoPump** (Projektlaufzeit: 2010 - 2013, Projektpartner: TU Graz – Institut für Wärmetechnik, Pink GmbH, Heliotherm GmbH) wurde eine thermisch betriebene

Lösungspumpe, welche die heute in Absorptionskreisläufen übliche elektrische Lösungspumpe ersetzen soll, entwickelt, als Prototyp umgesetzt und in eine bestehende Absorptionskältemaschine integriert. Ziele waren hierbei u.a. eine Senkung der Betriebskosten, Unabhängigkeit vom Stromnetz sowie eine größere Zuverlässigkeit der Lösungspumpe.

Der **IEA HPP Annex 34** (Projektlaufzeit: 2010 - 2012, österreichische Projektpartner: TU Graz – Institut für Wärmetechnik, AIT Austrian Institute of Technology GmbH) war eine internationale Kooperation mit Teilnehmern aus Österreich, Deutschland, den Niederlanden, Italien, Kanada, Norwegen, der Schweiz sowie den USA mit dem Ziel einer Förderung der Weiterentwicklung und Verbreitung von thermisch angetriebenen Wärmepumpen. Zu den österreichischen Beiträgen zählten ein Demo-Projekt (gasbetriebene Absorptionswärmepumpen zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung in einer Brauerei) sowie die experimentelle Untersuchung der Bildung von inerten Fremdgasen durch Korrosion und durch Zersetzung von Ammoniak in Absorptionswärmepumpen mit dem Arbeitsstoffpaar Ammoniak/Wasser bei hohen Temperaturen.

1.5 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Ergebnisberichts

Kapitel 2 stellt die internationalen Kooperationspartner und die verschiedenen Tasks auf internationaler Ebene vor. Zudem werden sowohl die internationalen als auch die nationalen Ziele und die Vorgehensweise um diese zu erreichen beschrieben.

In **Kapitel 3** werden die Ergebnisse des österreichischen Beitrags beschrieben und diskutiert.

Kapitel 4 geht auf die projektrelevanten Zielgruppen ein und fasst die Ergebnisse aus den Diskussionen mit den Stakeholdern zusammen. Zudem wird speziell auf den Nutzen der Technologie für Österreich eingegangen.

Schlussendlich werden in **Kapitel 5** alle Ergebnisse, und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen, zusammengefasst und diskutiert.

Im **Anhang** befindet sich der österreichische Country Report, der die österreichischen Ergebnisse für die internationale Kooperation sowie relevante Publikationen die innerhalb des Projekts entstanden sind beinhaltet.

2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes und der Aufgabenstellung des Österreichischen Teilprojektes im Annex

Der internationale IEA HPP Annex 43 „Fuel Driven Heat Pumps“ untersucht die Verbreitung von Sorptionswärmepumpen in Wohngebäuden sowie kleinen kommerziellen / industriellen Gebäuden oder Anwendungen im kleinen Leistungsbereich (<50 kW). Gasmotor-Wärmepumpen sind nicht Gegenstand des Annexes. Die Anwendung liegt primär im Bereich der Heizung. Kühlung wird nur als Zusatzfunktion berücksichtigt.

Mit der Umsetzung des HPP Annex 43 werden im Einzelnen **folgende Ziele** verfolgt:

- a) Quantifizierung der wirtschaftlichen, ökologischen und energetischen Wirkungen von integrierten, brennstoffbetriebenen Sorptionswärmepumpen in einer Reihe von Klimazonen, Ländern und Gebäudetypen;
- b) Identifikation von Markteintrittsbarrieren und Möglichkeiten für einen nachhaltigen Markteintritt sowie Marktentwicklung dieser Technologien;
- c) Ausgehend von a) und b) – Identifikation von Bereichen und Anwendungen mit
 1. dem größten ökologischen Nutzen;
 2. der höchsten Wirtschaftlichkeit;
 3. dem größten Marktpotenzial; und
 4. mit der größten Bedeutung in zukünftigen Energiesystemen.
- d) Identifikation von Markt unterstützenden Maßnahmen;
- e) Vergleich verschiedener Systemkonfigurationen z.B. verschiedene Wärmequellen;
- f) Vorschlag verschiedener technischer Prozeduren für zukünftige Standards zur Bestimmung der Leistungszahlen brennstoffbetriebener Wärmepumpen und Methoden zur Evaluierung des Primärenergieverbrauchs der Systeme;
- g) Klassifizierung von Systemauslegungen;
- h) Verbreitung von Informationen über brennstoffbetriebene Wärmepumpen, ihrer Anwendungsmöglichkeiten sowie Leistungszahlen als Basis für eine Potenzialstudie und eine Technologie-Roadmap; sowie
- i) Generierung von Informationen für politische Entscheidungsträger und Schlüsselpersonen.






Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Tasks sowie zu den Taskinhalten, welche für die Zielerreichung festgelegt wurden.

Tabelle 1: Überblick der Tasks sowie der Taskinhalte auf internationaler Ebene

<i>Titel des Tasks</i>	<i>Inhalt des Tasks</i>
Task A: Systemklassifizierung und Stand der Technik	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbare Systeme und Wärmequellen; • Rahmenbedingungen (Markt, Recht); • Bewertung verschiedener Technologien
Task B: Technologietransfer	<ul style="list-style-type: none"> • Verlinkung von Forschung und industrieller Entwicklung für eine schnellere Marktdurchdringung der neuen Technologien; • Untersuchung neuer Materialien z.B. Metall-organische Gerüste (MOFs) für Adsorptionswärmepumpen, alternative Lösungsmittel für Absorptionswärmepumpen • neue Komponenten (integrierter Verdampfer/Kondensator, kompakter Wärmetauscher) sowie • Systemdesign (alternative Erschließungsmöglichkeiten von Wärmequellen wie z.B. Nutzung von Fassadenkollektoren)
Task C: Feldmessungen und Performance Evaluierung	<ul style="list-style-type: none"> • Standardisierung von Mess- bzw. Monitoring-Verfahren; • Weiterführung der Arbeiten des Annex 34 und Annex 44 zur Erweiterung der saisonalen Effizienzfaktoren auf Systemebene, sowie • Entwicklung von Qualitätssicherungsprozeduren (in Kooperation mit IEA-SHC Task 48).
Task D: Marktpotenzialstudie und Roadmap	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung einer Simulationsstudie, um die verschiedenen Technologien in verschiedenen Klimazonen, verschiedenen Gebäudetypen sowie Standards evaluieren zu können • Kombination mit Marktdaten sowie aktuellen Gebäudedaten für die Technologie-Roadmap
Task E: Politikmaßnahmen, Empfehlungen, Information	<ul style="list-style-type: none"> • Workshops für Entscheider, Planer und Installateure; • Entwicklung von Empfehlungen für politische Entscheidungen z.B. für Fördersysteme, Baugesetze, etc.

Tabelle 2 zeigt die internationale Zusammensetzung des IEA HPP Annex 43.

Tabelle 2: Internationale Zusammensetzung des IEA HPP Annex 43

<i>Land</i>	<i>Teilnehmende Institute und Firmen</i>
 Deutschland	ISE Fraunhofer (Operating Agent), Bosch Thermotechnik, TU Berlin, Stiehl Eltron, Viessmann
 Frankreich	Engie SA, boostHEAT
 Großbritannien	Delta EE, University of Warwick
 Italien	CNR ITAE, Politecnico Milano
 Korea	KIER
 Österreich	AIT, TU Graz
 Schweden	Alfa Laval, SaltX, KTH
 USA	ORNL, SMT

Die Österreichischen Beiträge konzentrierten sich schlussendlich vor allem auf den Tasks C, D und E. Zusätzlich wurden aber auch Beiträge für den Task A geliefert, bzw. wurden bei den verschiedenen internationalen Meetings auch Anregungen für die Task B gegeben. Die österreichischen Beiträge zu den Tasks A, D und E sind im Folgenden dargestellt zusammengefasst:

Task A - Systemklassifizierung und Stand der Technik

- Die verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen wurden für Österreich im Country Report untersucht (Kapitel 3 im Country Report im Anhang). Zudem wurden die Energiepreise verglichen (Kapitel 5 im Country Report im Anhang) und der Gebäudestandard in Österreich analysiert (Kapitel 4 im Country Report im Anhang).
- Die rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen in Österreich wurden ebenfalls im Rahmen des Country Reports (Kapitel 1 und 2 im Country Report im Anhang) untersucht.
- Ein Bericht über den Stand der Technik und die Forschungstrends in Österreich wurde ausgearbeitet. Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Country Report (Kapitel 6 und 7 im Country Report im Anhang) an den Operating Agent übermittelt.

Task C – Feldmessungen und Performance Evaluierung

- Labormessungen und Feldmessungen an einer Ammoniak/Wasser Absorptionswärmepumpe (E-Sorp-Alpha-Anlage) wurden dazu verwendet um die entwickelten Simulationsmodelle (GAX Cycle) zu validieren. Mit den validierten Simulationsmodellen konnten die saisonalen Effizienzen laut (EN12309-6, 2016) und (VDI 4650-2, 2013) berechnet und verglichen werden. Sowohl die EN12309-6 als auch die VDI 4650-2 werden von nationalen Förderstellen zur Bewertung der Technologie verwendet. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 3.2.3 zusammengefasst, bzw. wurden in (Wechsler et al. 2016) und (Emhofer et al. 2017) publiziert.

Task D - Marktpotenzialstudie und Roadmap

- Eine Jahressimulation einer Absorptionswärmepumpe mit einer Wärmerückführung vom Absorber zum Generator (GAX Cycle) wurde für zwei unterschiedliche Kreisläufe für verschiedene Gebäudetypen und verschiedene Klimadatensätze durchgeführt. Die Ergebnisse befinden sich zusammengefasst in Abschnitt 3.2 bzw. mit allen Details auch im Country Report (Kapitel 8 und 10 im Country Report im Anhang)
- Es wurden Umfragen unter Endkunden, Installateuren/Planern und Wärmepumpenherstellern durchgeführt. Zudem wurden die Chancen und die Marktbarrieren für gasbetriebene Sorptionswärmepumpen in einem Workshop bei der Firma E-Sorp diskutiert. Basierend auf den Ergebnissen aus den Umfragen und dem Workshop wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt, der an 24 nationale ExpertInnen tätig in Landesenergiestellen sowie VertreterInnen von Wohnbau- und Landesförderstellen versandt um deren Feedback einzuholen. Die Erkenntnisse aus den Umfragen, dem Workshop und dem Feedback der nationalen ExpertInnen sind in Abschnitt 3.2.1 und 3.2.2 zu finden bzw. sind die detaillierten Ergebnisse der Umfragen im Country Report zusammengefasst (Kapitel 8 und 10 im Country Report im Anhang).

Task E - Politikmaßnahmen, Empfehlungen, Information

- Der in den Arbeiten zu Task D entwickelte Maßnahmenkatalog wurde gemeinsam mit nationalen Entscheidungsträgern (nationalen ExpertInnen tätig in Landesenergiestellen sowie VertreterInnen von Wohnbau- und Landesstellen) diskutiert und in einer überarbeiteten Version an das internationale Projektkonsortium sowie erneut an die nationalen Entscheidungsträger übermittelt.
- Am 18. März 2015 fand ein Workshop bei der Firma E-Sorp in Langkampfen, Tirol mit dem Thema „Gaswärmepumpen der nächsten Generation“ statt. Dabei wurden Ergebnisse aus dem FFG Projekt NexGen (FFG-Projektnummer 834516) und die Ergebnisse aus den Umfragen aus dem Annex 43 von Johann Emhofer (AIT), Roman Wechsler (TU Graz) und Prof. René Rieberer (TU Graz) präsentiert. Danach wurden in zwei Diskussionsrunden mit Vertretern aus den Energieagenturen sowie mit Planern und Installateuren die Chancen der Technologie diskutiert.
- Am 27. September 2016 wurden beim 12. Info-Tag für Wärmepumpenhersteller des AITs die österreichischen Hersteller über die neuesten Marktentwicklungen sowie über die Ergebnisse aus den durchgeführten Umfragen von Johann Emhofer (AIT) informiert.
- Am 17. November wurden Ergebnisse aus den Berechnungen zur Jahreseffizienz von einer gasbetriebenen NH₃/Wasser-Absorptionswärmepumpe mit einem GAX bei der DKV Tagung in Kassel von Prof. René Rieberer (TU Graz) präsentiert (Wechsler et al. , 2016).
- Am 20.1.2017 wurde beim AIT Weiterbildungstag für Installateure und Planer ein Block über gasbetriebene Sorptionswärmepumpen von Johann Emhofer (AIT) vorgetragen.
- Im Frühjahr 2017 wird ein Artikel im KI Kälte-Luft-Klima Journal erscheinen, in dem Berechnungsmethoden für saisonale Kennzahlen miteinander verglichen werden (Emhofer et al., 2017).

2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation

Die nationale Arbeitsgemeinschaft bestand aus dem Energy Department des AITs Austrian Institute of Technology und des Instituts für Wärmetechnik (IWT) der TU Graz.

Beide Institute haben umfangreiche Erfahrungen in der Abwicklung von internationalen Forschungsprojekten und arbeiten schon seit langem in zahlreichen nationalen Projekten (z.B.: FFG Projekte: InnoGen, NexGen, HyPump, ThermoPump) als auch in internationalen Projekten (IEA HPP Annexe 34, 35), die unter anderem gasbetriebene Sorptionswärmepumpen untersuchen, zusammen.

2.3 Beschreibung der verwendeten Methodik, Daten und Vorgangsweise

Systemklassifizierung und Stand der Technik (Beiträge für Task A)

Die Österreich-spezifischen Daten wurden hauptsächlich aus Literaturrecherchen zusammengetragen. Dafür wurden unter anderem Daten der Statistik Austria, Normungsdaten von Austrian Standards, die Marktentwicklungsberichte für innovative Energietechnologien in Österreich des BMVIT sowie Daten von Energieversorgern, Behörden und Forschungsberichte herangezogen.

Feldmessungen und Performance Evaluierung (Beiträge für Task C)

Feldtests

Leider wurden dem Projektkonsortium nur 18 Tage anstelle von 1 Jahr an Feldtestdaten zur Verfügung gestellt. Aus diesem Grund konnte kein Monitoring über zumindest eine Heizsaison durchgeführt werden. Dennoch wurden die Feldtestdaten dafür verwendet um die Simulationen zu validieren. Da das Simulationsmodell stationär ist, mussten Stabilitätskriterien eingeführt werden um ausgesuchte Betriebspunkte aus dem Feldtest zu validieren. Betriebspunkte der GAWP wurden als „stabil“ angesehen

- wenn der Gasbrenner in Betrieb war und
- wenn sowohl die Wärmequellenaustritts- als auch die Wärmesenken-Austrittstemperatur sich innerhalb einer Minute nicht um mehr als 0,5 K änderten

Berechnungsmethoden für saisonale Effizienzen

Die saisonalen Effizienzen wurden in den Jahressimulation durch eine Aufsummierung der Stundenmittelwerte (nach Heizlast gewichtet) berechnet. Zusätzlich wurden die Berechnungsmethoden laut (EN12309-6, 2016) und (VDI 4650-2, 2013), welche in der Praxis aus einzelnen Prüfpunkten eine saisonale Effizienz berechnen miteinander verglichen. Eine detaillierte Beschreibung der angewandten Berechnungsmethoden ist in (Emhofer et al., 2017) zu finden.

Marktpotenzialstudie und Roadmap (Beiträge für Task D)

Umfragen

Für Umfragen unter den Wärmepumpenherstellern, den Installateuren/Planern und den Endkunden wurden sowohl ausgedruckte Fragebögen als auch ein Online-Tool verwendet.

- Österreichische Wärmepumpenhersteller: Es wurden ca. 30 Fragebögen beim 10. Info-Tag für Wärmepumpenhersteller des AITs am 9.10.2014 verteilt. Davon kamen 11 beantwortete Fragebögen zurück.
- Installateure/Planer von Wärmepumpen:
 - Es wurden Fragebögen bei den AIT Kursen für zertifizierte Wärmepumpeninstallateure/planer zwischen 10.1.2014 und 31.3.2015 verteilt. Hierbei kamen 23 beantwortete Fragebögen zurück.
 - Über die Online.Umfrageplattform SoSciSurvey (SoSciSurvey , 2015) wurden zwischen 16.3.2015 und 14.4.2015 insgesamt 724 Installateure und Planer angeschrieben. Davon haben 52 den Online Fragebogen ausgefüllt.
- Potentielle Endkunden: Die potentiellen Endkunden (Personen, die in den letzten Jahren ihr Heizsystem getauscht haben oder zumindest ernsthaft überlegt haben dieses zu tauschen) wurden persönlich von AIT Mitarbeitern befragt. Die Befragungen fanden zwischen 10.1.2015 und 30.3.2015 statt. Es konnten 49 Fragebögen ausgewertet werden, wobei 69% der Befragten in Städten mit mehr als 50.000 Einwohnern, 8% der Befragten in Städten mit weniger als 50.000 Einwohnern und 23% im ländlichen Raum lebten.

Diskussion mit nationalen ExpertInnen und Entscheidungsträger

Für die Diskussion der Marktunterstützungsmaßnahmen wurden 24 nationale ExpertInnen aus den Landesenergiestellen sowie VertreterInnen von Wohnbau- und Landesförderstellen persönlich angeschrieben (4 Rückmeldungen). Die Kontaktdaten waren aus einem vorherigen Projekt (Roadmap Wärmepumpe, FFG Nr.: 853012) am AIT vorhanden.

Simulationsmodelle für Jahressimulationen

Die Simulationsmodelle für die Jahressimulationen wurden in EES (EES, 2014) erstellt. Für gegebene Heizleistungen sowie Senkenaustritts- und Quelleneintrittstemperaturen wurden unter anderem die Effizienz der Gasnutzung für Heizen (**Gas Utilization Efficiency for heating, GUEh**) berechnet. Dabei werden Energie-, Massen- und Speziesbilanzen aller Komponenten gelöst. Wärmeübertrager wurden mittels unterschiedlicher Kennzahlen (Wärmeübertragereffektivität, Grädigkeit, ...), welche aus Messergebnissen abgeleitet wurden, modelliert und die Rektifikationskolonne wurde durch 4 Mischstufen repräsentiert. Eine detaillierte Beschreibung des Simulationsmodells ist in (Wechsler und Rieberer, 2015) zu finden. Mit diesem Modell wurden die Effizienzen (*GUEh*) bei verschiedenen Betriebspunkten berechnet, wobei die Betriebspunkte durch die saisonalen Berechnungsmethoden vorgegeben waren. Die Effizienzen bei den berechneten Betriebspunkten wurden in weiterer Folge für die Berechnung der saisonalen Kennzahlen verwendet. Ein Vergleich der Simulationen mit experimentellen Messungen im Labor, bzw. in einem Feldtest, ist in (Wechsler et al., 2016) zu finden.

3 Ergebnisse des Projektes

3.1 Beschreibung der Ziele der internationalen Kooperation und des nationalen Beitrags zur Zielerreichung, Darstellung ob und wie diese erreicht wurden.

Die Ziele der internationalen Kooperation und der Österreichische Beitrag zur Zielerreichung wurde bereits im Kontext mit dem nationalen Beitrag in Abschnitt 2.1 diskutiert.

3.2 Beschreibung der Projektergebnisse:

3.2.1 Identifikation der Marktbarrieren (Task D im internationalen Annex 43 und AP3 im nationalen Projekt):

Um die Marktbarrieren für gasbetriebene Sorptionswärmepumpen zu identifizieren wurden, wie schon detailliert in Abschnitt 2.3 beschrieben, Umfragen unter drei Interessensgruppen (potentielle Endkunden, Installateure/Planer und österreichischen Kompressions-Wärmepumpenhersteller) durchgeführt. Im Folgenden wird näher auf die wichtigsten Ergebnisse der Umfrage eingegangen. Eine detaillierte Übersicht über alle Ergebnisse befindet sich in Kapitel 10 des Country Reports im Anhang)

Bekanntheitsgrad der Technologie:

Wie Abbildung 2 zeigt, ist die Technologie in Österreich nicht sehr bekannt. Weder bei den Endkunden, noch bei den Installateuren. Nur jeder vierte potentielle Endkunde gibt an schon von der Technologie gehört zu haben. Die bekanntesten Hersteller sind Vaillant und Viessmann, gefolgt von Robur und E-Sorp.

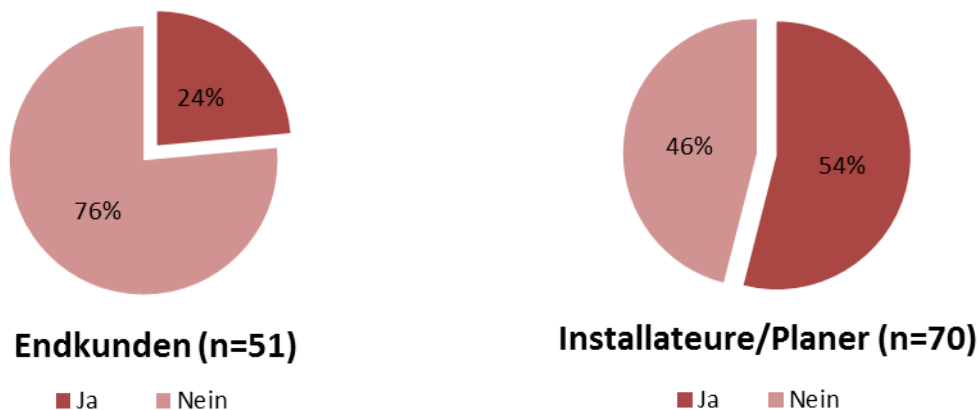


Abbildung 2: Antwort auf die Frage: Kennen sie gasbetriebene Sorptionswärmepumpen?

Wie Abbildung 3 zeigt, führt keiner der befragten österreichischen Wärmepumpenhersteller eine gasbetriebene Sorptionswärmepumpe im Programm. Auf der anderen Seite haben 15% der Installateure/Planer schon einmal eine gasbetriebene Sorptionswärmepumpe bei einem Kunden installiert. Von den Endkunden hat niemand die Frage „Haben Sie bereits eine Gaswärmepumpe in Ihrem Haus/Betrieb im Einsatz bzw. kennen Sie jemanden der das hat?“ mit „Ja“ beantwortet. Aus diesen Zahlen lässt sich ableiten, dass gasbetriebene Sorptionswärmepumpen in Österreich fast nicht bekannt sind.

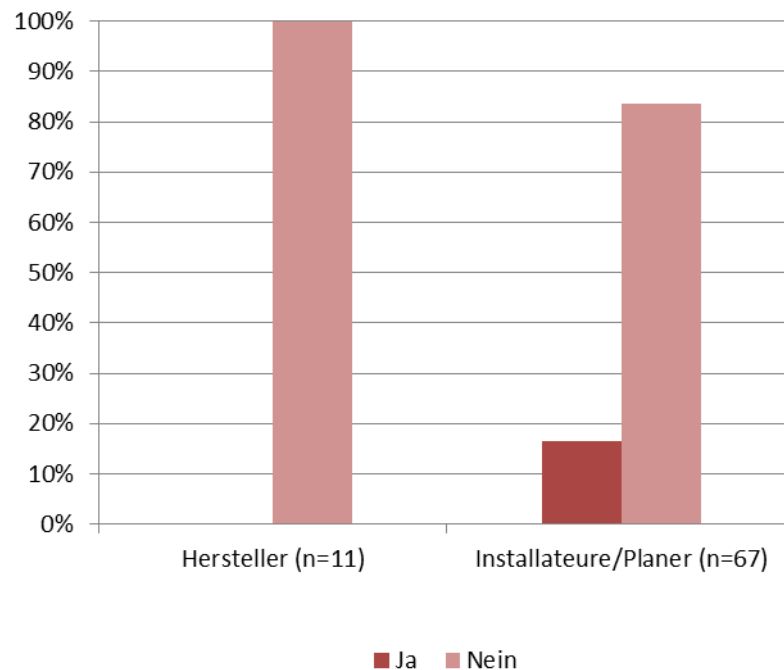


Abbildung 3: Antwort auf die Frage: Führen Sie Gassorptionswärmepumpen in Ihrem Leistungsprogramm?

Markteintrittsbarrieren

Für die meisten Endkunden sind niedrige laufende Betriebskosten der wichtigste Entscheidungsgrund beim Kauf eines Heizsystems (Abbildung 4). An zweiter Stelle folgt der Komfort und erst an dritter Stelle die Investitionskosten. Obwohl die Relevanz des CO₂ Einsparungspotential im Durchschnitt als wichtiger Aspekt angegeben wird, findet er sich erst an vierter und letzter Stelle. Die meisten bei „Sonstige wichtige Entscheidungsfaktoren“ angegebenen Rückmeldungen waren: „Einfache Bedienung“, „Einfache Möglichkeit von Reparaturen“, „Langlebigkeit“ und „Sicherheit“.

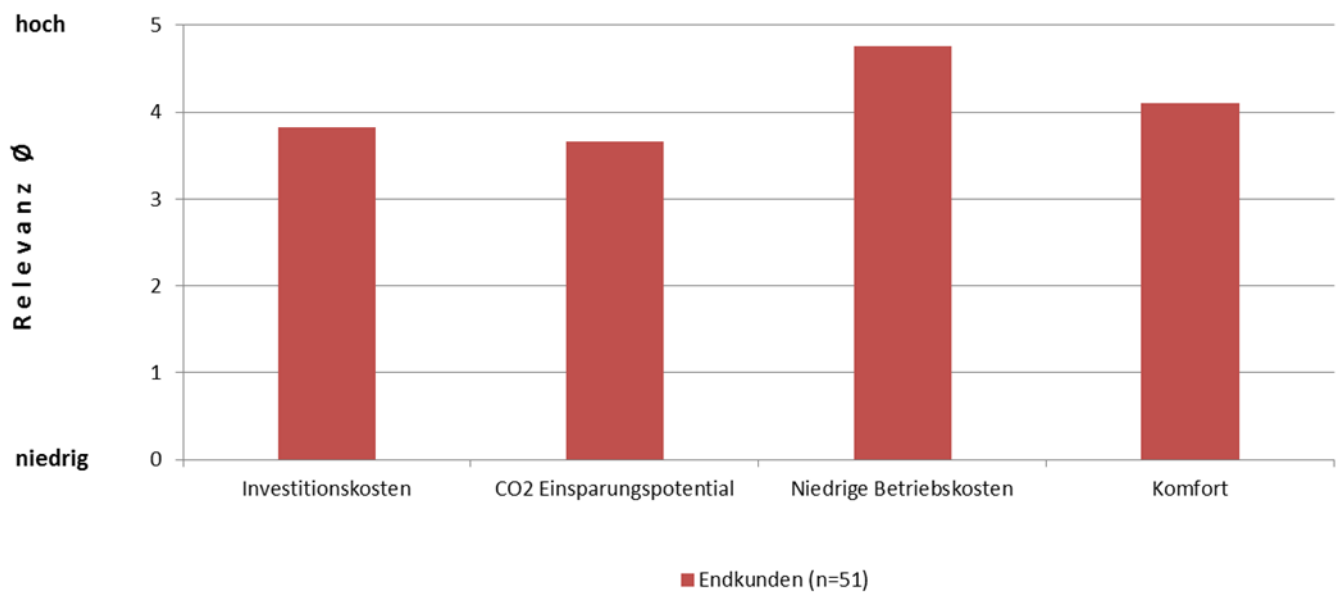


Abbildung 4: Antwort auf die Frage: Was ist für Sie bei der Anschaffung eines Heizsystems entscheidend?

Bei der Frage nach der gerade noch akzeptablen Amortisationszeit zeigte sich, dass die Endkunden in Österreich Amortisationszeiten von 10 Jahren und höher als akzeptabel empfinden (Abbildung 5). Amortisationszeiten von bis zu 5 Jahren, die in der Industrie oft gefordert werden, erwarten sich nur ca. 10% der potentielle Endkunden von Heizungssystemen im privaten Bereich.

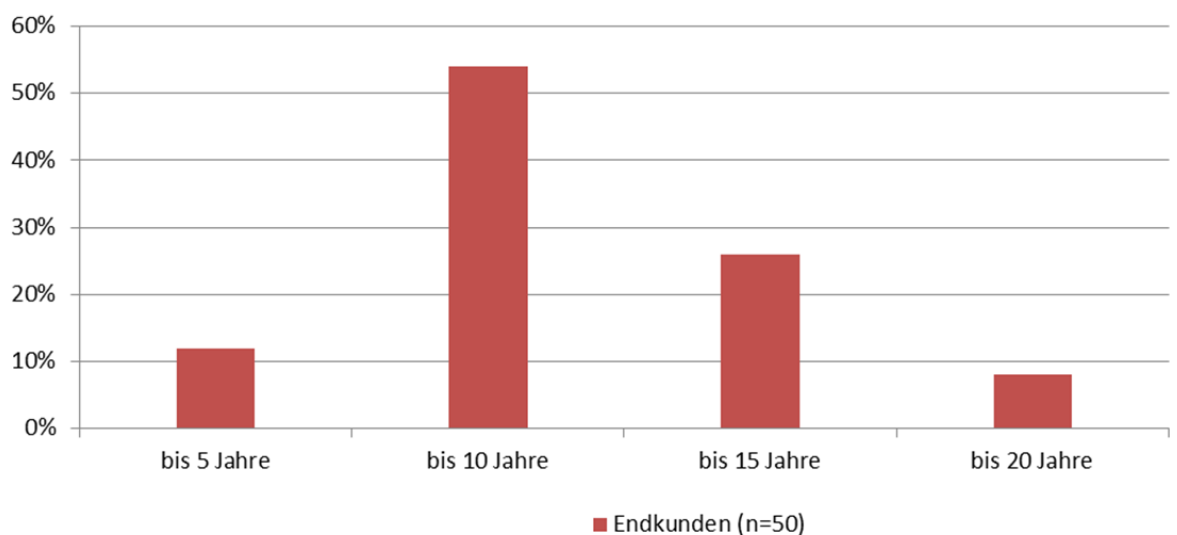


Abbildung 5: Antwort auf die Frage: Welche Amortisationszeit ist für Sie gerade noch akzeptabel, um sich für ein ökologisch sinnvolles Gerät, wie z.B.: eine Gasabsorptionswärmepumpe zu entscheiden?

Die österreichischen Hersteller und die Installateure und Planer wurden zudem direkt nach den größten Markteintrittsbarrieren für gasbetriebene Sorptionswärmepumpen gefragt (Abbildung 6). Beide Interessensgruppen sind sich einig, dass die Technologie noch nicht bekannt genug sind, wobei die Installateure/Planer diese Barriere am relevantesten sehen. Die österreichischen Hersteller sehen hohe Anschaffungskosten als größte Barriere,

während die Installateure/Planer diese an zweiter Stelle sehen. Die Hersteller sehen als weitere Barrieren, dass die Technologie zu teuer im Betrieb ist, knapp gefolgt von Sicherheitsbedenken und der noch nicht genug ausgereiften Technologie. Absolut gesehen schätzen die Hersteller die Relevanz der Markteintrittsbarrieren deutlich höher als die Installateure und Planer ein.

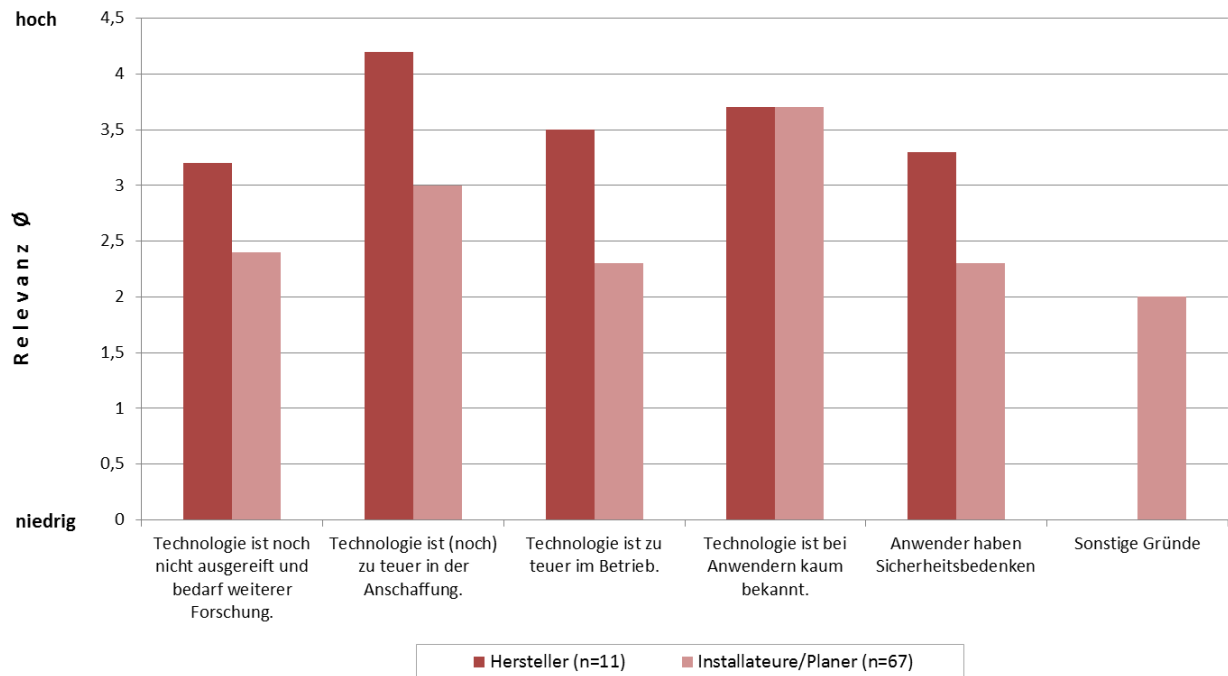


Abbildung 6: Antworten auf die Frage: Was sind die Markteintrittsbarrieren für diese Technologie bei Leistung von 50kW in Österreich?

Marktpotential und zukünftige Applikationen:

Auf die direkte Frage an Endkunden, ob sie sich vorstellen könnten eine gasbetriebene Sorptionswärmepumpe einzubauen antwortete ca. jeder vierte mit „Nein“. Rund 35% waren sich nicht sicher und 37% haben keine Bedenken geäußert. Die hohe Anzahl an Unentschlossenen kann wahrscheinlich auch auf den niedrigen Bekanntheitsgrad der Technologie zurückgeführt werden.

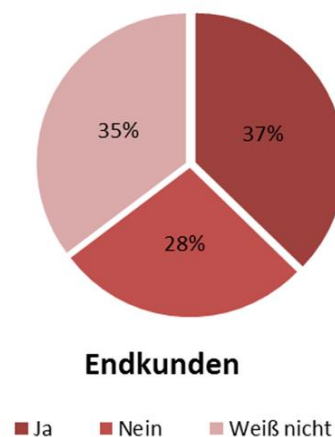


Abbildung 7: Antworten auf die Frage: Gesetzt den Fall, Sie brauchen eine Heizanlage. Würden Sie überlegen eine Gaswärmepumpe anzuschaffen, wenn die Bedienung ähnlich dem eines Gas-

Brennwertgerätes wäre?

Auf die Frage, wo Hersteller sowie Installateure und Planer die Zukunft der gasbetriebenen Sorptionswärmepumpe sehen, ergeben sich unterschiedliche Bilder für beide Interessensgruppen (Abbildung 8). Hersteller sehen die Anwendungen verstärkt in kleinen gewerblichen und Sonstigen Anwendungen und nicht im Wohnungsbau. Bei dem freien Feld für weitere Angaben bei „Sonstige“ wurden hier öfters Hotels genannt. Die Installateure und Planer sehen die Einsatzgebiete eher breit gefächert, wobei sie, genauso wie die Hersteller, den Bereich der neu gebauten Ein- und Zweifamilienhäuser am wenigsten als zukünftigen Absatzmarkt sehen. Sanierten Mehrfamilienhäusern hingegen wird ein gewisses Marktpotential zugestanden.

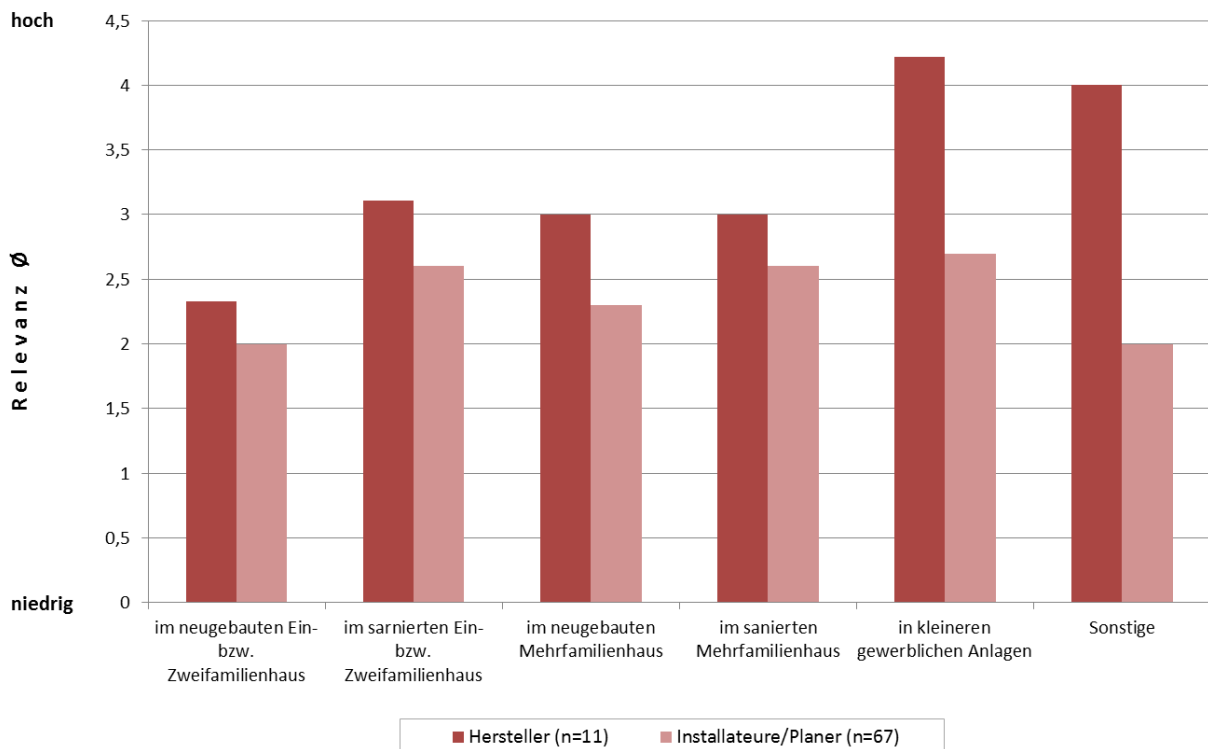


Abbildung 8: Antworten auf die Frage: Wo sehen Sie die zukünftigen Absatzmärkte Gassorptionswärmepumpen?

Marktunterstützungsmaßnahmen:

Wie schon erwähnt ist der Bekanntheitsgrad der Technologie nicht sehr hoch, weshalb Informationskampagnen als sinnvolle Maßnahme angesehen werden können um Marktbarrieren abzubauen. Hersteller und Installateure/Planer sind sich einig, dass diese Maßnahme eine hohe Relevanz hat (Abbildung 9). Die Hersteller sehen zudem öffentliche Förderungen als wichtige Maßnahme um die Technologie zu unterstützen, während die Installateure/Planer den Förderungen weniger Relevanz zusprechen.

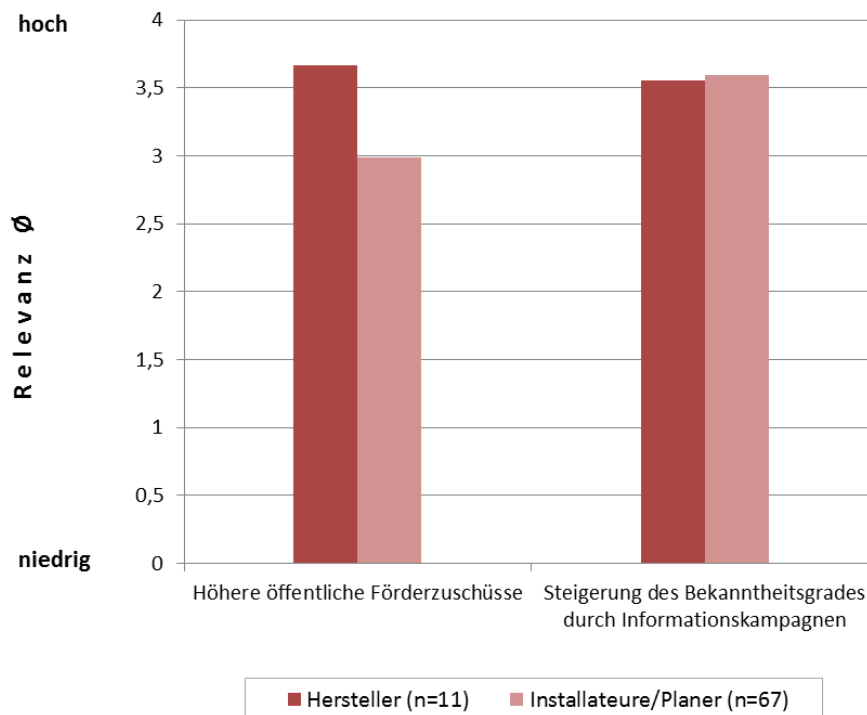


Abbildung 9: Antworten auf die Frage: Was sind wesentliche Maßnahmen, um diese Technologie stärker in den Markt zu bringen?

Ergebnisse aus der Diskussion vom Workshop bei der Firma E-Sorp in Langkampfen, Tirol mit dem Thema „Gaswärmepumpen der nächsten Generation“ (18. März 2015)

Im Rahmen des Workshops bei E-Sorp wurden fünf Fragen mit den Teilnehmern diskutiert. Im Folgenden sind die Ergebnisse aus den Diskussionen zusammengefasst.

1) Wie sehen wir generell die Zukunftschancen der Technologie?

Eine Grundvoraussetzung für die Durchsetzung der Technologie ist, dass die von E-Sorp angestrebten Investitionskosten auch erreicht werden können, da die Investitionskosten als größte Hürde wahrgenommen werden.

Zudem wird die Zukunft der Technologie stark von Förderungen und dem Wissenstransfer zu allen Interessensvertretern abhängen. Neben einem finanziellen Aspekt ist die Tatsache, dass es für eine Technologie eine Förderung gibt, für den Kunden ein Hinweis dafür, dass es sich um eine innovative und Umweltressourcenschonende Technologie handelt. Derzeit wird die Technologie von den Förderstellen fast nicht wahrgenommen, d.h.: hier müsste verstärkt Informations- und Aufklärungsarbeit, auch von Seiten der Gasversorger, geleistet werden.

Ein sehr spezifischer Aspekt ist, dass sehr oft die thermischen Leistungszahlen (COP) bei der Gas-AWP (ca. 1,2-1,8) mit den elektrischen COPs einer Kompressionswärmepumpe (ca. 4-5) verglichen werden, obwohl dieser Vergleich nicht zulässig ist. Besser wäre es über die Primärenergiefaktoren korrigierte Werte zu vergleichen oder evtl. einen Gas-Wirkungsgrad anstelle des thermischen COPs einzuführen. Die Technologie könnte dann z.B.: als „neues Gas-Brennwertgerät“ mit

160% Wirkungsgrad auf den Markt gebracht werden. Der Marktdurchsetzung dienlich wird das EnergyLabel sein.

Ein weiterer Vorteil der Gas-AWP ist, dass sie ohne drastischen Einbruch der Effizienz auch bei höheren Temperaturen arbeiten kann und somit die Legionellenproblematik beim Warmwasser weniger stark ins Gewicht fällt, als dies bei Kompressionswärmepumpen der Fall ist.

Schwierigkeiten für die Technologie könnten in Zukunft dadurch entstehen, dass derzeit eine neue OIB Richtlinie erarbeitet wird, in dessen Entwurf ein Mindesteinsatz von 50% an erneuerbaren Energien bei Heizungen vorgeschrieben wird.

2) Wo sehen wir die größten Absatzmärkte?

Die größten Absatzmärkte werden

- im Sanierungsfall, wenn eine Gasleitung und die entsprechende Infrastruktur bereits vorhanden ist
- in größeren Neubauten, wie z.B.: in Mehrfamilienhäusern mit ca. 3-4 Wohnungen gesehen.

Aufgrund der Konkurrenz zu Kompressionswärmepumpen werden die Marktchancen in Regionen mit hohen Strompreisen (wie z.B.: Deutschland) für höher eingeschätzt als in Regionen wo dies nicht der Fall ist. Mit anderen Worten, je höher das Verhältnis Strom- zu Gaspreis ist, desto rentabler wird die gasbetriebene Wärmepumpe im Vergleich zu einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe.

3) Wie teuer darf eine 5-18 kW G-AWP im Vergleich zu einer Brennwertgastherme sein?

Maximal 2-3 Mal so teuer wie ein Gas-Brennwertgerät wobei eine Amortisationsdauer von max. 10-15 Jahren anzustreben ist. Auch in diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass es wichtig wäre, dass die Gas-AWP in die Liste der förderbaren Heizsysteme für die Wohnbauförderung aufgenommen wird.

4) Was erwarten sich Installateure von einer G-AWP?

- Das Gerät sollte eine „Black Box“ für den Installateur sein.
- Das Gerät sollte wartungsarm, bzw. wartungsfreundlich sein.
- Es sollte lokale Ansprechpartner des Herstellers geben.
- Eine gute Kommunikation zwischen Hersteller und Installateuren ist wichtig.
- Der Hersteller muss den Markt bezüglich der Technologie sensibilisieren

5) Wie können Anwender und Installateure besser über die Technologie informiert werden?

- Demo-Geräte auf Messen und bei Langzeitstudien (geförderte „Pioniere“)
- Werbung
- Schulungen

- Die häufigsten Fragen der Kunden sind: „Was spare ich mir jährlich ein?“ und „Gibt es eine Förderung für das System?“. Diese Fragen sollten bei jeder Informationskampagne beantwortet werden.

3.2.2 Maßnahmenkatalog (Task E im internationalen Annex und AP3 im nationalen Projekt)

Bezugnehmend auf die Ergebnisse der unter Herstellern, Planern, Installateuren sowie EndkundInnen im Jahr 2015 durchgeführten Umfrage, wurde im Jahr 2016 nachfolgend dargestellter Maßnahmenkatalog zur Unterstützung der Markteinführung sowie -durchdringung von gasbetriebenen Wärmepumpen im Konsortium entwickelt. Die dabei vorgeschlagenen Maßnahmen zielen zum einen auf die Erhöhung des Bekanntheitsgrades der Technologie, der sich in der der Umfrage als sehr gering herausstellte. Zum andern sind sie darauf gerichtet, die Anschaffungs- und laufenden Betriebskosten zu reduzieren.

1) Maßnahmen zur Erhöhung des Bekanntheitsgrades der Technologie

Geeignete **informativische Instrumente** zur Steigerung des Bekanntheitsgrades umfassen:

	Maßnahme	Zielgruppe
M1	Integration des Themas in die AIT Weiterbildungskurse zum Zertifizierten Wärmepumpeninstallateur bzw. Planer	Installateure und Planer von Wärmepumpenanlagen
M2	Informationsveranstaltungen bzw. Aussendungen zum Thema durch relevante Interessensvertretungen wie z.B. dem Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmungen	Installateure und Planer von Wärmepumpenanlagen EndkundInnen
M3	Verbreitung von Best-Practise Beispielen in Branchenzeitungen wie z.B. der österreichische Installateur, KI-Kälte Luft Klimatechnik, TGA Fachplaner, etc.	Installateure und Planer von Wärmepumpenanlagen
M4	Information und Schulung der Förderstellen der Bundesländer sowie der Energieagenturen insbesondere in Bezug auf die Funktionsweise, Vorteile und Potenziale von Gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen und deren Unterschiede zur Kompressionstechnologie (wie z.B. GUE anstelle von COP, etc.) sowie zur Brennwerttechnologie	FörderexpertInnen der Länder Energieagenturen

2) Maßnahmen zur Reduktion der Anschaffungskosten und Betriebskosten

Geeignete **Maßnahmen** zur **Reduktion der Anschaffungskosten** umfassen:

Maßnahme		Zielgruppe
M5	Aufnahme von Gasbetriebenen (Sorptions)Wärmepumpen in die Wohnbauförderprogramme der Länder mit Fokus auf den Einsatz in sanierten Gebäuden in Gebieten mit bestehender Gasinfrastruktur	EndkundInnen
M6	Incentives wie z.B. Nicht-rückzahlbare Zuschüsse bei der Anschaffung von Gasbetriebenen Wärmepumpen durch Energieversorger nach Vorbild von TIGAS ¹	EndkundInnen

Geeignete **Maßnahmen** zur **Reduktion der laufenden Kosten** umfassen:

Maßnahme		Zielgruppe
M7	Incentive-Programme der Energieversorger wie z.B. jährliche Bonuszahlungen wie sie bereits in früheren Jahren von Linz AG angeboten wurden.	EndkundInnen

Dieser Maßnahmenkatalog wurde per E-Mail an 24 nationale ExpertInnen tätig in Landesenergiestellen sowie VertreterInnen von Wohnbau- und Landesförderstellen versandt und mit folgendem Fragenbündel zur Diskussion gestellt:

1. Ist Ihnen die Technologie der Gasbetriebenen Wärmepumpen bekannt und wenn ja, finden Sie sie förderungswürdig?
2. Finden Sie die vorgeschlagenen Maßnahmen nachvollziehbar, wenn Nein, welche genau nicht und warum nicht?
3. Haben Sie Vorschläge für weitere Marktunterstützungsmaßnahmen?
4. Haben Sie weiteres Feedback für uns oder würden Sie gerne weitere Punkte diskutieren?

Im Folgenden werden die Ergebnisse der erhaltenen 4 Antworten (das entspricht 17% der Kontaktierten) zusammenfassend dargestellt. Die an der Befragung teilnehmenden ExpertInnen stammen aus Oberösterreich, Salzburg, Vorarlberg und Steiermark.

Die Technologie der gasbetriebenen Wärmepumpen ist den ExpertInnen sehr gut bekannt. Die von der ARGE vorgeschlagenen Maßnahmen werden im Großen und Ganzen als geeignet empfunden, die bestehenden Markteintrittsbarrieren zu reduzieren.

Unterschiedliche Meinungen herrschen bezüglich der öffentlichen „Förderungswürdigkeit“ vor. Während zwei der ExpertInnen die Aufnahme in die Wohnbauförderprogramme mit Bezugnahme auf den fossilen Charakter kategorisch ausschließen, sind die Beiträge der anderen beiden ExpertInnen differenzierter. Auch wenn es derzeit keine öffentliche Förderung gibt, könnte der Einsatz im Sanierungsbereich, im Besonderen bei älteren

¹ <http://www.tigas.at/index.php/produkte/erdgas/foerderungen>

größeren Gebäuden wie z.B. Hotels förderungswürdig sein, da es für diesen Bereich kaum energieeffiziente Alternativen gibt und mit derartigen Geräten jedenfalls CO₂ Reduktionen erzielt werden können.

Als wichtig wird vor allem die Verbreitung von Best-Practise Beispielen gesehen, da Anwendungsbeispiele kaum bekannt sind. Zudem wurde von einem Experten empfohlen, die Entscheidungsträger von Förderstellen in Punkto Vorteile und Potentiale aber auch in Bezug auf die Kosteneffizienz sowie mittels ökologischem Vergleich zu informieren bzw. zu schulen. Von Bedeutung in diesem Zusammenhang wird zudem die Frage gesehen, ob in Zukunft auch Primärenergieeinsparungen im Fokus stehen werden oder „nur“ ein konsequentes „Phase out“ von fossilen Energieträgern verfolgt werden soll. Im zweiten Fall hat die Gasbetriebene Wärmepumpentechnologie kaum Potenzial, da auch bei Biogas Kosten- und Ressourcenprobleme auftreten.

3.2.3 Ergebnisse aus den Jahressimulationen - Prozessanalyse (Task C und D im internationalen Annex und AP4 und AP5A im nationalen Projekt)

Zur Untersuchung des Einfluss der Systemkonfiguration, des Gebäudetyps, des Heizungssystems sowie der Klimazone auf die erreichbare saisonale Effizienz wurde eine Simulationsstudie durchgeführt. Zunächst wurde ein Prototyp einer gasbetriebenen Ammoniak/Wasser-Absorptionswärmepumpe der österreichischen Firma E-Sorp GmbH mittels der Software Engineering Equation Solver (EES, 2014) modelliert. Die zugrundeliegende Systemkonfiguration beruht auf dem GAX-Prinzip. Dieses Konzept beruht darauf, dass sowohl Desorption als auch Absorption bei gleitenden Temperaturen stattfinden. Bei Betriebsbedingungen, bei denen sich diese beiden Temperaturbereiche überlappen, kann daher Absorptionswärme direkt zur Austreibung von Kältemittel verwendet werden. Im hier betrachteten Kreislauf ist dies dadurch realisiert, dass ein Teil des Absorbers durch die reiche Lösung gekühlt wird. Bei einem entsprechenden „Temperaturüberlapp“ wird ein Teil der reichen Lösung bereits verdampft, bevor sie in den Desorber gelangt, und somit steht mehr Kältemittel bei gleich bleibender Generatorleistung zur Verfügung. Dieses Simulationsmodell wurde einerseits mit experimentellen Daten aus Labormessungen am Institut für Wärmetechnik und andererseits mit von der Firma E-Sorp zur Verfügung gestellten Feldtestdaten über 18 Tage validiert. Schließlich wurde das validierte Simulationsmodell modifiziert, um eine weitere Systemkonfiguration, nämlich interne Wärmerückgewinnung mittels Lösungswärmeübertrager (SHX-Design) abzubilden. Bei diesem Kreislaufdesign wird die reiche Lösung vorgewärmt, bevor sie in den Desorber eintritt. Dies geschieht durch die vom Desorber kommende arme Lösung, bevor diese in den Absorber gelangt. Eine schematische Darstellung der beiden Kreislaufkonfigurationen ist in Abbildung 1 und Abbildung 2 zu sehen. Als Referenz zur Beurteilung des Einsparpotentials dieser Wärmepumpen wurde ein moderner Brennwertkessel betrachtet. Dessen Effizienz wurde vereinfacht als lineare Funktion der Rücklauftemperatur modelliert.

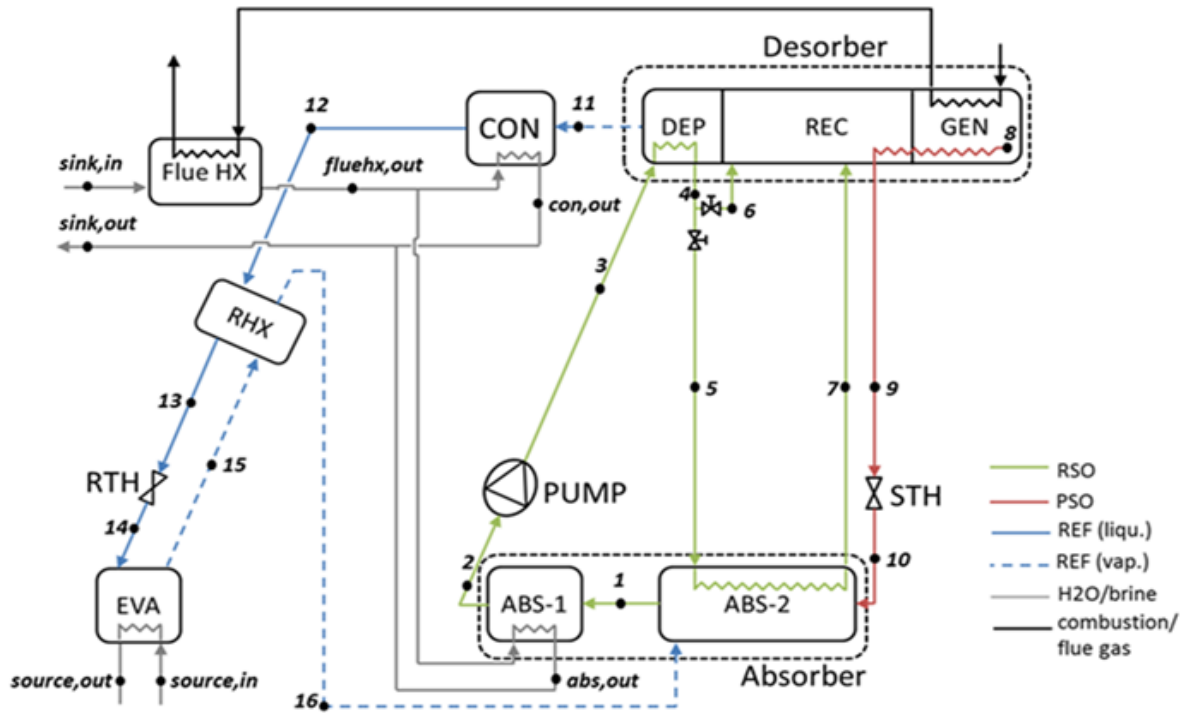


Abbildung 1: Schematische Darstellung des GAX-Kreislaufs

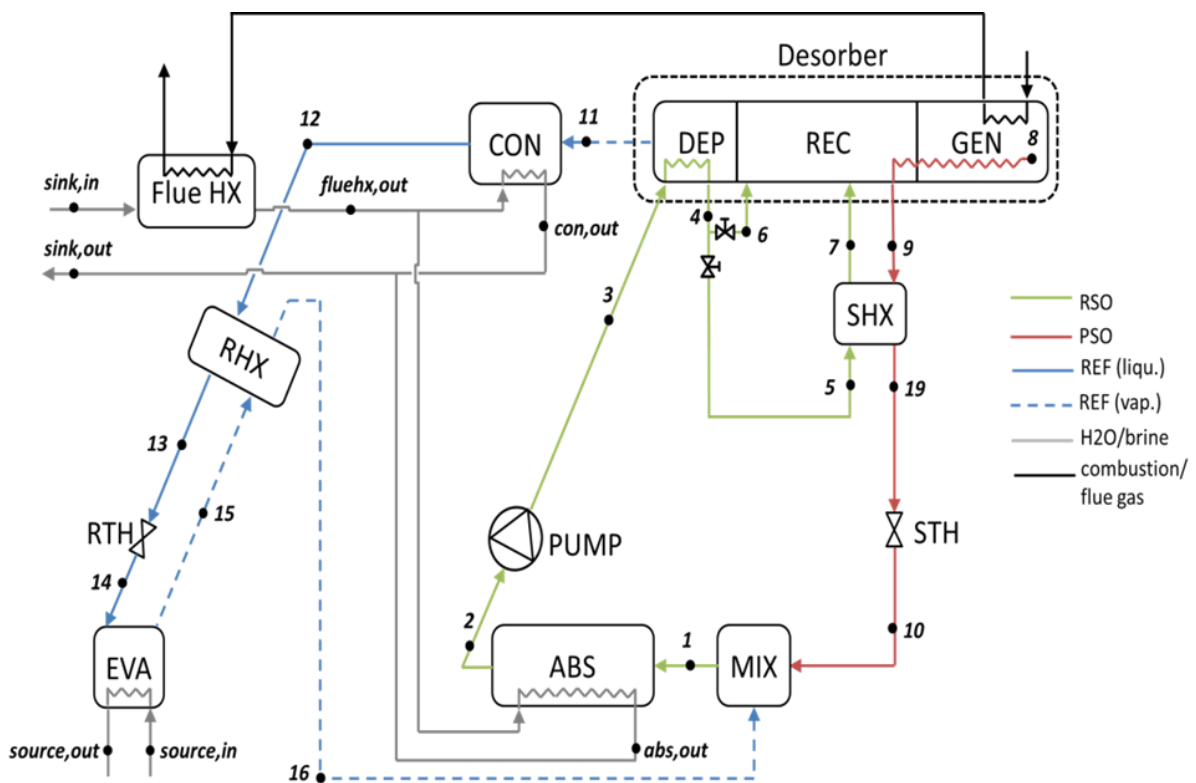


Abbildung 2: Schematische Darstellung des SHX-Kreislaufs

Es wurden Klimadatenätze von drei verschiedenen Standorten in Österreich (Eisenstadt, Graz und Innsbruck) verwendet (Meteonorm, 2016). Da Außenluft-Wärmepumpen untersucht wurden, wurde die Wärmequellentemperatur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur aus den Klimadatenätzen berechnet. Zwei verschiedene Heizungssysteme (max. Vorlauftemperatur 35 und 55 °C) wurden berücksichtigt, wobei die

benötigten Vorlauftemperaturen in Abhängigkeit von der Außentemperatur mittels linearer Heizkurven berechnet wurden. Die Heizlast in Abhängigkeit von der Außentemperatur wurde mit drei verschiedenen Gebäudemodellen für Gebäude (127,3 m²) mit jährlichen Heizlasten von 45, 60 und 100 kWh/(m²a) (SFH45, SFH60 und SFH100) bei Referenzklimabedingungen von Zürich (Heimrath und Haller, 2007) bestimmt. Für jede Stunde des Jahres wurde mit den EES-Modellen die benötigte Brennerleistung als Funktion der Außentemperatur, Vorlauftemperatur und Heizlast berechnet. Durch Aufsummieren der Heizlasten sowie der Brennerleistungen über das Jahr konnte schließlich die saisonale Effizienz bestimmt werden.

Je nach Systemkonfiguration und weiteren Einflussfaktoren ergaben sich für die Absorptionswärmepumpen (auf den Heizwert bezogene) saisonale Effizienzen zwischen 1,436 und 1,672 und für den Brennwertkessel zwischen 1,018 und 1,046. Es ist zu beachten, dass aufgrund der Vernachlässigung instationärer Effekte die Effizienzen verhältnismäßig hoch sind. Während bei Heizungssystemen mit max. Vorlauftemperatur von 55 °C kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Systemkonfigurationen (GAX und SHX) feststellbar war, schnitt die Wärmepumpe mit GAX-Design beim Heizungssystem mit max. Vorlauftemperatur von 35 °C erwartungsgemäß deutlich besser ab als jene mit SHX-Design (siehe Abbildung 3). Die Ursache hierfür ist einerseits, dass mit sinkenden Vorlauftemperaturen der Temperaturüberlapp zwischen Absorption und Desorption größer wird und daher die Wirksamkeit des GAX-Prinzips steigt. Andererseits führen sinkende Vorlauftemperaturen zu einer größeren Massenstromdifferenz zwischen armer und reicher Lösung und somit zu einer zunehmenden Diskrepanz der Temperaturverläufe im Lösungswärmeübertrager (SHX), wodurch sich wiederum der Exergieverlust in dieser Komponente erhöht. Weiters ergaben sich relativ schwache Abhängigkeiten der saisonalen Effizienz von der Klimazone und vom Gebäudetyp, da sich je nach Klimazone die durchschnittliche Außentemperatur und je nach Gebäudetyp die durchschnittliche Vorlauftemperatur (jeweils über die Heizperiode gemittelt) leicht unterscheiden. Steigende durchschnittliche Außentemperaturen und sinkende durchschnittliche Vorlauftemperaturen führen zu steigenden saisonalen Effizienzen.

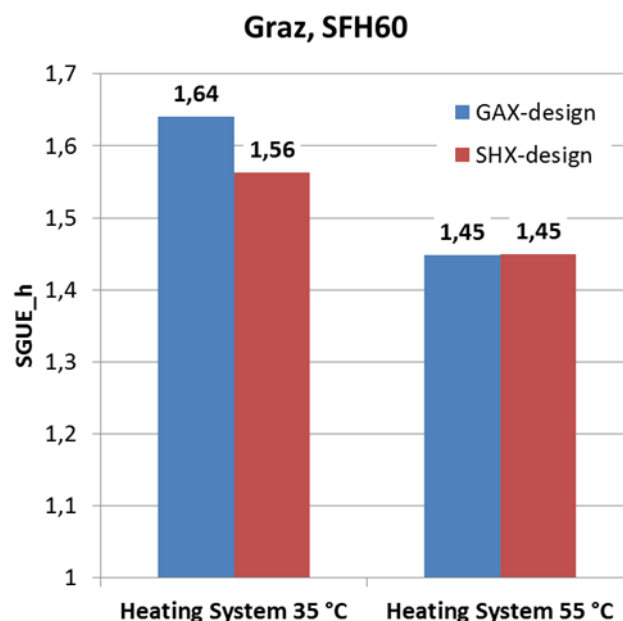


Abbildung 3: Schematische Darstellung der untersuchten Kreislaufkonfigurationen: GAX-Design (links) und SHX-Design (links)

Gegenüber dem Brennwertkessel liegt das Einsparpotential hinsichtlich Energieverbrauch, Brennstoffkosten und CO₂-Emissionen im ungünstigsten betrachteten Fall (GAX-Design, Standort Innsbruck, max. Vorlauftemperatur 55 °C, Gebäude SFH45) bei **27,2 %**. Dem entsprechen jährlich 1380 kWh Erdgas, 95 EUR (bei einem angenommenen Gaspreis von 0,069 EUR/kWh inkl. Steuern) oder 276 kg CO₂ (0,2 kg CO₂/kWh). Im günstigsten Fall (GAX-Design, Standort Eisenstadt, max. Vorlauftemperatur 35 °C, Gebäude SFH100) ergab sich ein Einsparpotential von **37,4 %** bzw. jährlich 4242 kWh Erdgas, 293 EUR oder 848 kg CO₂ in absoluten Zahlen. Zu beachten ist, dass der jährliche Heizwärmebedarf der berücksichtigten Gebäude relativ niedrig ist (insbesondere im Vergleich mit Retrofit-Anwendungen, also in Gebäuden, in denen eine bestehende Gasheizung durch eine Gaswärmepumpe ersetzt wird und das Heizsystem inkl. Pufferspeicher, Verrohrung, Heizkörper etc. bereits vorhanden ist). Das Einsparpotential in absoluten Zahlen steigt proportional mit steigendem jährlichem Heizwärmebedarf.

Vergleich der Berechnungsmethoden für saisonale Kennzahlen (Task C im internationalen Annex und AP5A im nationalen Projekt)

Im Rahmen des Task C/AP5A wurde die saisonale Effizienz mittels detaillierter Jahressimulationen ermittelt. In der Praxis werden üblicherweise Verfahren angewendet, die auf der Messung (oder numerischen Ermittlung) der Effizienz bei einigen repräsentativen Betriebspunkten basieren. Die saisonale Effizienz (definiert als das Verhältnis von im Laufe eines Jahres abgegebenen Heizwärme zum Energiegehalt des dafür benötigten Brennstoffs) wird dann mittels der „momentanen“ Effizienzen (definiert als das Verhältnis der aktuellen Heizleistung zur Brennstoffleistung) bei diesen Betriebspunkten abgeschätzt. Beispielsweise kann der Jahresnutzungsgrad für die Raumheizung $\eta_{N,h}$ gemäß VDI 4650-2 (2013) durch ungewichtete Mittelung von 5 Betriebspunkten bei unterschiedlichen Teillastverhältnissen und entsprechenden Vorlauftemperaturen ermittelt werden. Gemäß EN12309-6 (2016) werden die Effizienzen für alle über das Jahr auftretenden Betriebsbedingungen durch Interpolation aus 5 repräsentativen Betriebspunkten ermittelt. Der SGUEh (Seasonal Gas Utilization Efficiency for heating) wird dann durch Mittelwertbildung über das ganze Jahr berechnet, wobei die einzelnen Betriebspunkte entsprechend ihrer jeweiligen Heizlaststunden gewichtet werden (BIN-Methode). Sowohl Jahresnutzungsgrad (VDI 4650-2, 2013) als auch SGUEh (EN12309-6, 2016) sind als Verhältnis von abgegebener Heizwärme zu zugeführter Brennstoffenergie definiert, daher sind beide Kennzahlen miteinander vergleichbar. Im AP5A des nationalen Projekts wurde mittels einer Simulationsstudie untersucht, inwieweit die mit diesen beiden Methoden abgeschätzten saisonalen Effizienzen untereinander und mit einer detaillierten Jahressimulation übereinstimmen.

Die Studie wurde mit dem oben beschriebenen Simulationsmodell des E-Sorp-Prototyps (GAX-Design) durchgeführt. Bei diesem Prototyp kann der Prozess mittels zweier Nadelventile beeinflusst werden. Im Rahmen des Projekts NexGen (siehe Abschnitt 1.4) wurde bereits der Einfluss der Ventilstellungen auf die Effizienz untersucht. Dabei konnte die Effizienz gegenüber der herstellerseitigen Standardeinstellung (Ventilstellung 1) durch Optimierung der Ventilstellungen erhöht werden (Ventilstellung 2). Bei der hier dargestellten Simulationsstudie wurden beide Ventilstellungen berücksichtigt. Für die Jahressimulation wurde ein Klimadatensatz von Straßburg (Meteonorm, 2016) verwendet (da die in der EN12309-6, 2016 beschriebene Methode auf diesem Standort basiert), während die Verteilung von Heizlast und Vorlauftemperaturen über das Jahr in der EN12309-6, 2016

angegeben sind. Ferner wurden mit dem Modell die Effizienzen bei den repräsentativen Betriebspunkten gemäß VDI 4650-2 (2013) bzw. EN12309-6 (2016) ermittelt und daraus die entsprechenden Jahresnutzungsgrade bzw. SGUEhs berechnet.

Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die mit verschiedenen Methoden berechneten saisonalen Effizienzen (GAX-Design). Es zeigte sich für beide Ventilstellungen eine sehr gute Übereinstimmung von der mittels detaillierter Jahressimulation ermittelten saisonalen Effizienz und dem gemäß EN12309-6 (2016) ermittelten SGUEh. Das Verfahren gemäß VDI 4650-2 (2013) überschätzt hingegen die mittels Jahressimulation berechneten saisonalen Effizienzen deutlich. Das kann darauf zurückgeführt werden, dass laut dieser Richtlinie die Effizienzen aller 5 repräsentativen Betriebspunkte gleich stark gewichtet in die Berechnung der saisonalen Effizienz eingehen. Betriebspunkte mit niedriger Teillast und niedrigen Vorlauftemperaturen, bei denen der GUE vergleichsweise hoch ist, sind dadurch gegenüber ihren tatsächlichen jährlichen Heizlaststunden überrepräsentiert. Zudem steigt die Eintrittstemperatur von der Wärmequelle mit sinkender Teillast in der VDI Richtlinie von 5 °C auf 9 °C, während in der EN12309-6 die Quelleneintrittstemperatur als konstant bei 0 °C angesehen wird.

Tabelle 1: Mittels verschiedener numerischer Methoden ermittelte saisonale Effizienzen (simulativ)

Methode	Ventilstellung 1	Ventilstellung 2
Jahressimulation mit Randbedingungen nach der EN12309-6 (2016)	1,669	1,708
EN12309-6 (2016) mittleres Klima und niedrige Heiztemperaturen	1,665	1,709
VDI 4650 2 (2013)	1,737	1,821

Im Rahmen des Projekts „NexGen“ wurde am AIT der SGUEh nach EN12309-6 (2016) experimentell bestimmt. Das Simulationsmodell überschätzt den gemessenen SGUEh für beide Ventilstellungen (siehe Tabelle 2). Ein Grund hierfür ist, dass bei den Simulationen Annahmen für gewisse, den Wärmepumpenprozess beeinflussende Parameter (z.B. NH₃-Massenanteil der armen Lösung, Temperaturleit im Verdampfer) getroffen werden muss, die im realen Betrieb durch die Regelung des Geräts eingestellt werden. Die tatsächliche Regelungsstrategie stimmt jedoch nicht notwendigerweise mit den getroffenen Annahmen überein. Daher weist die Diskrepanz zwischen Messung und Simulation auf ein Optimierungspotential des Prototyps hinsichtlich der Regelstrategie hin.

Tabelle 2: Gemessener und simulativ vorhergesagter SGUEh nach EN12309-6 (2016)

	Ventilstellung 1	Ventilstellung 2
Messung	1,574	1,672
Simulation	1,665	1,709

Abbildung 10 zeigt den GUEh bei verschiedenen Teillasten und bei den zwei unterschiedlichen Ventilstellungen der Rückführung zur Rektifikationskolonne (unterschiedliche Bypass-Massenstromverhältnisse).

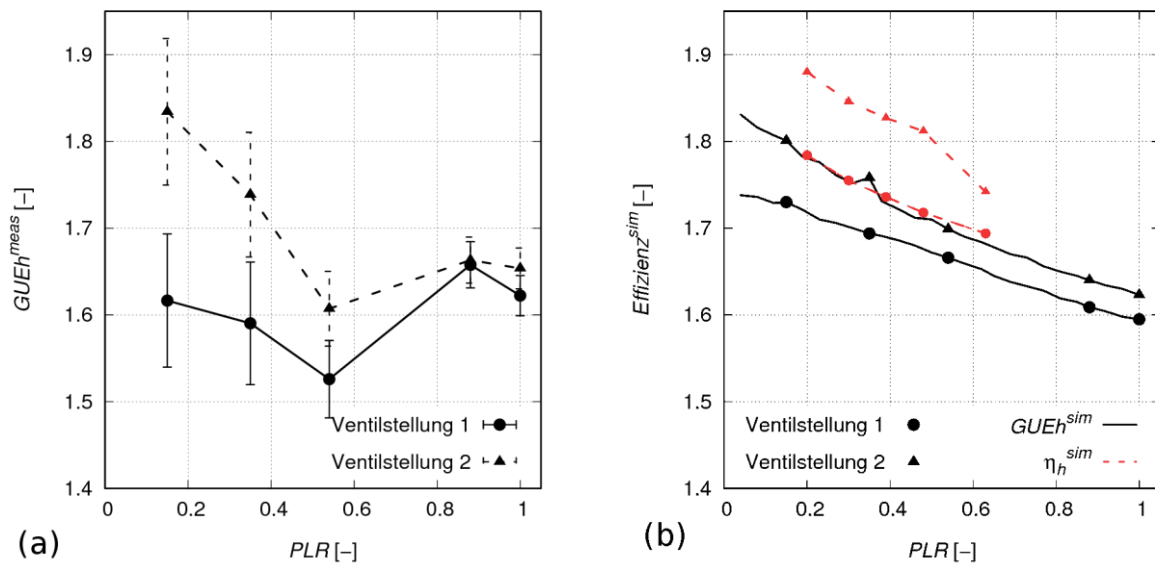


Abbildung 10: $GUEh$ für die verschiedenen Teillastverhältnisse aus den Messungen nach der EN12309 (a) bzw. aus den Simulationen nach der EN12309 und der VDI 4650-2 (b). Die Fehlerbalken in (a) entsprechen den Messunsicherheiten. Die durchgezogene Linie in (b) stellt die 25 simulierten $GUEh^{sim}$ bei den Teillastpunkten dar, während die unterbrochene (rote) Linie in (b) eine lineare Verbindung zwischen den fünf simulierten Teillastpunkten darstellt.

3.3 Welche Ergebnisse wurden in dem Implementing Agreement veröffentlicht?

Da zum Zeitpunkt der Berichtslegung (12/2016) noch kein internationaler Endbericht vorliegt (Internationales Projektende 10/2017) werden in Abschnitt 3.3 und 3.4 nur die nationalen Veröffentlichungen dargestellt. Sobald der internationale Endbericht vorliegt (Ende 2017, Anfang 2018) wird dieser über die FFG an das BMVIT übermittelt und kann danach auf der Projekthomepage heruntergeladen werden. In diesem sollten sowohl die internationalen als auch die nationalen Veröffentlichungen enthalten sein.

Präsentationen

- Präsentation von Johann Emhofer beim IEA Vernetzungstreffen 2014, Wien
Titel: IEA-HPP Annex 43: Brennstoffbetriebene Wärmepumpen
- Präsentation von René Rieberer beim Workshop „Gasabsorptionswärmepumpen der nächsten Generation“, 18.3.2015, Langkampfen
Titel: Stand der Technik von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen -Ergebnisse aus dem Annex 43
- Präsentation von Johann Emhofer beim Workshop „Gasabsorptionswärmepumpen der nächsten Generation“, 18.3.2015, Langkampfen
Titel: Marktpotential von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen in Österreich
sorptionwärmepumpen -Ergebnisse aus dem Annex 43²

² Zuletzt abgerufen von

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/events/20150318_iea_hpp_annex43_marktpotential_ait_presentation.pdf?m=1469661402 am 26.1.2017

- Präsentation von Roman Wechsler beim 24th IIR International Congress of Refrigeration (ICR 2015), 21.8.2015, Yokohama, Japan
Titel: Analysis of a directly fired small scale absorption heat pump with solution recirculation and multiple feed of the desorber
- Präsentation von Roman Wechsler bei der DKV Tagung am 19.11.2015, Dresden
Titel: Experimentell basierte Modellierung und simulative Parameterstudie zum Betriebsverhalten einer gasbefeuelten Absorptionswärmepumpe
- Präsentation von Johann Emhofer beim 12. Herstellertag des AITs am 27.9.2016, Wien
Titel: Gasbetriebene Sorptionswärmepumpen - Ergebnisse aus dem IEA-HPP Annex 43
- Präsentation von René Rieberer bei der DKV Tagung 2016, Kassel
Titel: Experimentelle Untersuchung einer Gasabsorptionswärmepumpe unter Labor- und Feldtestbedingungen sowie Vergleich mit Simulationsergebnissen
- Präsentation von Johann Emhofer beim AIT Weiterbildungstag für Installateure und Planer am 20.1.2017
Titel: Entwicklungen im Technologiebereich: Gasbetriebene Sorptionswärmepumpen

Artikel

- Veröffentlichung in den Proceedings zur ICR 2015, siehe (Wechsler et al., 2015a)
- Veröffentlichung im Tagungsband bei der DKV Tagung 2015, siehe (Wechsler et al., 2015)
- Veröffentlichung im Tagungsband bei der DKV Tagung 2016, siehe (Wechsler et al., 2016)
- Artikel im Fachjournal KI Kälte Luft Klimatechnik, siehe (Emhofer et al., 2017)

3.4 Welche weiteren Ergebnisse der Task / des Implementing Agreements werden noch veröffentlicht?

Im Rahmen des nationalen Projekts wird derzeit noch versucht einen Artikel in einer der Gasindustrie nahen Fachzeitschrift zu veröffentlichen. Bisher haben wir aber noch keine positive Rückmeldung bekommen.

3.5 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind

Primäre Interessensgruppen, für die die Projektergebnisse relevant sind:

- Nationale Förderstellen
- Gasversorgungsunternehmen
- Hersteller von Wärmepumpen
- Installateure und Planer

Für nationale Förderstellen könnten die Ergebnisse interessant sein, da relativ zeitnahe verstärkt gasbetriebene Sorptionswärmepumpen als Ersatzgeräte für Gas-betriebene Brennwertgeräte im niedrigen Leistungsbereich auf den Markt kommen werden. Wie sich aus den Diskussionen mit den Förderstellen aber gezeigt hat gibt es derzeit keine einheitliche Linie, wie mit der Technologie umgegangen werden soll. Einerseits kann mit den gasbetriebenen Wärmepumpen bis zu einem Drittel an Gas gegenüber einem Brennwertgerät eingespart werden und das Stromnetz entlastet werden, auf der anderen Seite ist der primäre Energieträger in diesen Anlagen nach wie vor fossiles Erdgas. Zudem wurden im Projekt Berechnungsmethoden zur Bestimmung der saisonalen Effizienzen der Gasnutzung verglichen. Beide Berechnungsmethoden können (und werden z.T. auch schon) zur Festsetzung von Förderrichtlinien herangezogen.

Für die Gasversorgungsunternehmen können die Ergebnisse insofern interessant sein, da die gasbetriebene Sorptionswärmepumpe einen der logischen Nachfolger der Brennwertgeräte darstellt. Durch die Beimischung von Biogas oder E-gas (Power to Gas) zu fossilem Erdgas in Verbindung mit gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen können zudem zukünftige Grenzwerte (wie z.B.: 50% der Heizenergie muss aus erneuerbaren Quellen stammen) leichter erreicht werden.

Für Hersteller von gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen sind einerseits die Ergebnisse aus den Jahressimulationen als auch die Ergebnisse aus den Umfragen relevant. Die Jahressimulationen zeigen die zu erwartenden saisonalen Effizienzen an verschiedenen Standorten in Österreich, während die Hersteller aus den Umfragen von Endkunden und Installateuren Feedback zur Technologie bekommen, welches bei zukünftigen Entwicklungen berücksichtigt werden kann. Auch die Bedenken der Förderstellen bezüglich der Technologie können in diesem Kontext für die Hersteller von Interesse sein.

Die Ergebnisse sind für Installateure und Planer insofern interessant, da gezeigt wurde, dass sich diese Berufsgruppe zu wenig über die Technologie der gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen informiert fühlt. Darauf kann in Zukunft durch Informationskampagnen der Hersteller oder durch Weiterbildungsmaßnahmen stärker eingegangen werden.

3.6 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?

Nationale Förderstellen

Im Jahr 2016 wurde ein Maßnahmenkatalog zur Unterstützung der Markteinführung sowie -durchdringung von gasbetriebenen Wärmepumpen im Konsortium entwickelt. Die dabei vorgeschlagenen Maßnahmen zielen zum einen auf die Erhöhung des Bekanntheitsgrades der Technologie, der sich in der Umfrage als sehr gering herausstellte. Zum anderen sind sie darauf gerichtet, die Anschaffungs- und laufenden Betriebskosten zu reduzieren. Dieser Maßnahmenkatalog wurde per E-Mail an 24 nationale ExpertInnen tätig in Landesenergiestellen sowie VertreterInnen von Wohnbau- und Landesförderstellen versandt und mit ihnen diskutiert. Es kamen vier ausführliche Antworten (das entspricht 17% der Kontaktierten) zurück, die dabei halfen einen verbesserten Maßnahmenkatalog an die Förderstellen zu versenden (siehe auch Abschnitt 3.2.2)

Gasversorgungsunternehmen

Es wird derzeit versucht über das Forum Gas Wasser Wärme, der Fachzeitschrift der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach und des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen einen Artikel über die Umfrage unter den Installateuren und Planern sowie über die Technologie an und für sich zu platzieren. Leider ist dies bisher noch nicht gelungen.

Wärmepumpenhersteller

Die österreichischen Wärmepumpenhersteller wurden über den 10. und 12. Info-Tag für Wärmepumpenhersteller am AIT in den Annex 43 eingebunden. Zudem wurde ein Workshop mit dem Titel „Gaswärmepumpen der nächsten Generation“ mit der Firma E-Sorp, die modulierende Gasabsorptionswärmepumpen baut, im Rahmen des Projektes NexGen und des Annex 43 durchgeführt (siehe auch Emhofer, 2015).

Installateure und Planer

Beim „AIT Weiterbildungstag Wärmepumpe“ am 20.1.2017 wurden 15 interessierte Installateure und Planer über die Technologie der gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen informiert. Dabei wurde vor allem der Vergleich zwischen Kompressions- und Sorptionswärmepumpen (COP vs. GUE) herausgearbeitet und es wurde ein Überblick über die aktuell am Markt erhältlichen Sorptionswärmepumpen und evtl. zukünftige Anlagen gegeben.

In der ersten Ausgabe 2017 wurde im KI-Kälte Luft Klimatechnik – Fachmagazin ein Artikel veröffentlicht, in dem die saisonalen Effizienzen einer gasbetriebenen Absorptionswärmepumpe bei verschiedenen Berechnungsmethoden verglichen wurde (VDI 4650-2 im Vergleich mit EN12309-6).

3.7 Beschreibung der Relevanz und des Nutzens der Projektergebnisse

Das Projektteam konnte innerhalb des Projektes verschiedene Kompetenzen aufbauen und wird diese auch in Zukunft weiter verwenden. Eine detaillierte Beschreibung der aufgebauten Kompetenzen sowie der weiterführenden Verwertungen ist in Abschnitt 5.2 (Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter) gegeben.

Da es derzeit in Österreich nur einen aktiven Hersteller von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen gibt, konnten das AIT und die TU Graz durch das internationale IEA Projekt, weitere Kontakte zu Herstellern aufbauen. Zudem konnten die beiden Forschungsinstitute neue Kontakte zu internationalen Forschungseinrichtungen etablieren, bzw. bestehende Kontakte intensivieren. Bei den regelmäßig stattfindenden Experts Meetings wurden Erkenntnisse und Informationen ausgetauscht, die durch die Forschungsinstitute einerseits über

- Nationale Projekte (NexGen, Double Pump, FluePump, SOFCool) wie aber auch durch
- Informationsveranstaltungen, Workshops, Weiterbildungen (siehe Abschnitt 3.3)

direkt an die österreichischen Interessensgruppen weitergegeben wurden. Dadurch kommt es zu einem **Wissenstransfer** von den internationalen Interessensgruppen zu den österreichischen Interessensgruppen, der ohne eine IEA Beteiligung nicht möglich wäre.

Umgekehrt erreichen auch die österreichischen Interessensgruppen durch die IEA Beteiligung eine erhöhte Sichtbarkeit und erhalten dadurch die Möglichkeit ihre Interessen auf internationaler Ebene zu vertreten.

4 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

4.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam?

Mit Hilfe der im Projekt durchgeführten validierten Jahressimulationen konnten saisonale Kennzahlen einer marktnahen Absorptionswärmepumpen für verschiedene Gebäudetypen an verschiedenen Standorten in Österreich abgeschätzt werden. Dabei zeigte sich ein erhebliches jährliches Einsparpotential hinsichtlich Brennstoffverbrauch bzw. CO₂-Emissionen gegenüber einem modernen Brennwertkessel (je nach betrachtetem Fall zwischen 27,2 und 37,4 %).

Zudem wurde ein Vergleich zwischen den beiden derzeit wichtigsten Berechnungsmethoden (EN12309-6 und VDI4650-2) durchgeführt. Dieser zeigt, dass die VDI Richtlinie im Vergleich mit der EN12309-6, angewandt bei niedrigen Vorlauftemperaturen und mittlerem Klima (A) zu deutlich höheren saisonalen Effizienzen der Gasnutzung bei der untersuchten Anlage führt.

In Bezug auf die Umfragen, den durchgeführten Workshop und den Diskussionen mit den Förderstellen sind folgende Erkenntnisse besonders hervorzuheben:

- Endkunden, Installateure/Planer und Hersteller sind der Meinung, dass die Technologie der gasbetriebenen Sorptionswärmepumpe nicht genügend bekannt ist. Vermehrte Information wäre notwendig, um der Technologie am Markt zu helfen. Den ExpertInnen der Förderstellen hingegen ist die Technologie sehr wohl bekannt. Dennoch sehen sie Maßnahmen zur Steigerung des Bekanntheitsgrades positiv gegenüber.
- Installateure/Planer und Hersteller meinen, dass öffentliche Förderungen helfen, damit sich die Technologie durchsetzen kann. Dabei geht es nicht ausschließlich um den monetären Aspekt sondern auch um das Image, das vermittelt wird, wenn sich eine öffentliche Stelle dazu entschließt eine Technologie als förderwürdig einzustufen. Die Förderstellen sehen diese Thematik allerdings gespalten. Während die einen eine Förderung kategorisch ausschließen, da die Antriebsenergie der Sorptionswärmepumpen nach wie vor aus fossilen Energieträgern besteht, wären andere Entscheidungsträger, dem Einsatz v.a. in Mehrparteienhäusern oder Hotelanlagen offen gegenüber.

4.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Die Ergebnisse aus den Umfragen, dem durchgeführten Workshop und den Diskussionen haben einen direkten Einfluss auf die Wissensvermittlung in den AIT Wärmepumpenkursen und den AIT Weiterbildungsangeboten. So wurde bereits das Thema „Gasbetriebene Sorptionswärmepumpen“ in die AIT Weiterbildungsveranstaltung am 20.1.2017 inkludiert.

Die im Rahmen des Projekts erstellten Simulationsmodelle bilden die Grundlage für weitere simulative Untersuchungen. Dabei können einerseits die bestehenden Modelle verwendet werden und andererseits durch relativ kleine Änderungen eine Vielzahl von weiteren Kreislaufkonfigurationen abgebildet werden.

Die Ergebnisse der im Task D/AP5A durchgeführten Simulationsstudie (Vergleich zwischen gemessenem und numerisch ermitteltem SGUEh, siehe Abschnitt 3.2.3) weisen auf Optimierungspotential der untersuchten Anlage hinsichtlich der Regelstrategie hin. Eine Analyse sowie ein Vergleich zwischen den Simulationsdaten und den Messdaten können erste Ansatzpunkte für solch eine Optimierung liefern.

Aufgrund der intensiven Beschäftigung mit den Normen und Richtlinien in Bezug auf gasbetriebene Wärmepumpen wird sich das AIT darum bemühen in Zukunft zertifizierte Prüfungen nach der EN12309 durchzuführen.

Ferner wurde – insbesondere durch die Projektmeetings mit den internationalen Partnern – bestehende Kontakte gepflegt und neue Kontakte aufgebaut. Diese Kontakte (Industrie und Forschungsinstitutionen) kommen in Zukunft als Partner für weitere Forschungsprojekte in Frage.

4.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Abgesehen von den in Abschnitt 4.2 beschriebenen primären Interessensgruppen (nationale Förderstellen, Gasversorgungsunternehmen, Hersteller von gasbetriebenen Sorptionswärmepumpen, Installateure und Planer) sind die Ergebnisse v.a. im internationalen Kontext für Normungsinstitute und Prüfeinrichtungen relevant

5.4 Darstellung, ob weiterführende nationale Forschungsprojekte bzw. IEA-Kooperationsprojekte im Themenbereich geplant sind bzw. schon durchgeführt werden.

Derzeit werden folgende Projekte im Bereich Absorptionswärmepumpen im Allgemeinen und erdgasbetriebenen Absorptionswärmepumpen im Speziellen durchgeführt:

Das Projekt **DoublePump** (FFG Projektnr.: 843842, Projektlaufzeit: 2014 - vsl. 2017, Projektpartner: TU Graz – Institut für Wärmetechnik, E-Sorp-GmbH, Pink GmbH) ist das Nachfolgeprojekt von ThermoPump (siehe Abschnitt 1.4) und zielt auf eine Verbesserung der thermisch angetriebenen Lösungsmittelpumpe hinsichtlich Effizienz und Stabilität der Förderleistung durch Umsetzung eines neuartigen doppelflutigen Konzepts. Ferner soll eine geeignete Regelstrategie entwickelt werden.

Das Projekt **SOptA** (Projektlaufzeit: 2014 - vsl. 2017) ist eine Kooperation zwischen der Firma Bosch Thermotechnik GmbH und der TU Graz – Institut für Wärmetechnik. Forschungsgegenstand ist ein seriennaher Prototyp einer gasbetriebenen Absorptionswärmepumpe, welcher mittels experimenteller und numerischer Methoden (u.a. Kreislauf- und CFD-Simulationen) mit dem Ziel einer Erhöhung der Leistungsdichte und/oder der Effizienz analysiert und optimiert wird. Besonderer Fokus wird hierbei auf die Rektifikationskolonne der Anlage gelegt.

Im Projekt **FluePump** (FFG Projektnr.: 853579, Projektlaufzeit: 2016 – vsl. 2018, Projektpartner: TU Graz – Institut für Wärmetechnik, E-Sorp-GmbH) wird simulativ und experimentell untersucht, wie die in gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen übliche Rauchgaskondensation (Brennwerttechnik) effizienter gestaltet werden kann. Das zugrundeliegende Konzept beruht auf einer Kühlung des Rauchgaskondensators durch Kältemittel anstelle von Heizungswasser (derzeitiger Stand der Technik). Dadurch kann das Abgas auf tiefere Temperaturen abgekühlt, demzufolge mehr Wasserdampf auskondensiert und daher ein größerer Anteil der im Abgas enthaltenen latenten Wärme genutzt werden. Insbesondere bei hohen Heizungswassertemperaturen (typisch für Retrofit-Anwendungen) werden deutliche Effizienzsteigerungen des Gesamtsystems erwartet.

Im Rahmen des Projekts **SOFCool** (FFG Projektnr.: 843835, Projektlaufzeit: 2014 – vsl. 2017, Projektpartner: AVL List GmbH, TU Graz – Institut für Wärmetechnik, Plansee SE, Fraunhofer IKTS) wird u.a. eine Absorptionskältemaschine entwickelt, die als Teil einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage eingesetzt werden soll. Hierbei wird eine Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) zur Stromerzeugung verwendet und deren Abwärme (auf hohem Temperaturniveau) wird als Antriebswärme für die Absorptionskältemaschine genutzt. Die Absorptionskältemaschine stellt einerseits Kälte auf niedrigem Temperaturniveau bereit; andererseits kann die Abwärme der Absorptionskältemaschine (auf mittlerem Temperaturniveau) zu Heizzwecken genutzt werden, so dass der Brennstoff der SOFC optimal ausgenutzt wird.

Auch in Zukunft sollen am Institut für Wärmetechnik Forschungsarbeiten im Bereich (gasbetriebene) Absorptionswärmepumpen stattfinden. Mögliche Themen umfassen beispielsweise die Regelung solcher Anlagen. Wie auch im Rahmen des hier dargestellten Projekts anhand eines realen Prototyps gezeigt wurde (siehe Abschnitt 3.2.3) besteht hier oftmals ein erhebliches Optimierungspotential.

Ein weiteres interessantes Forschungsfeld stellt das Themengebiet Fremdgasbildung in Ammoniak/Wasser-Gemischen dar. Besonders bei hohen Temperaturen, wie sie typischerweise in direkt befeuerten Absorptionswärmepumpen auftreten, neigt dieses Stoffgemisch zur Bildung von inerten Fremdgasen (Wasserstoff und Stickstoff) durch Korrosion und/oder durch Zersetzung des Ammoniaks. Diese Fremdgase können zu Effizienzeinbußen, Stabilitätsproblemen oder sogar zu einem Zusammenbruch des Kreislaufs führen und ihre Bildung muss daher möglichst vermieden werden. Trotz seiner großen Bedeutung wurden bisher relativ wenige Untersuchungen zu diesem Themenkomplex durchgeführt. Ein Beispiel hierfür sind die im Rahmen des Annex 34 (siehe Abschnitt 1.4) am Institut für Wärmetechnik durchgeführten Experimente.

Während der internationale HPP Annex 43 noch bis Ende Oktober 2017 andauert, wurde das nationale Projekt schon mit Ende Oktober 2016 beendet. Derzeit (Dezember 2016) wird darüber diskutiert ob es einen Folge-Annex geben wird, es liegt aber noch keine Entscheidung vor.

5 Literaturverzeichnis

5.1 Homepage des internationalen IEA HPP Annex 43 und die Webseiten der nationalen Partner

HPP Annex 43, 2017. Offizielle Homepage des Annex 43 – Fuel Driven Sorption Heat Pumps, Zuletzt abgerufen am 31.1.2017 von <https://www.annex43.org/>

IEA HPP Annex 43, 2017. Beschreibung des Nationalen Projekts IEA HPP Annex 43 auf der Seite des AITs, Zuletzt abgerufen am 31.1.2017 von <http://www.ait.ac.at/themen/sustainable-thermal-energy-systems/projects/iea-hpp-annex-43/>

IEA HPP Annex 43-TU Graz, 2017. Beschreibung des Nationalen Projekts IEA HPP Annex 43 auf der Seite der TU Graz, Zuletzt abgerufen am 31.1.2017 von https://online.tugraz.at/tug_online/fdb_detail.ansicht?cvfanr=F34669&cvorgnr=37&sprache=2

5.2 Verwendete Literatur im Ergebnisbericht

EES, 2014. Engineering Equation Solver, V9.699, F-Chart Software, Madison, 2014

Emhofer J, Zottl A, Köfinger C, Wechsler R, Rieberer R. 2017. Experimentelle und numerische Untersuchungen einer Gasabsorptionswärmepumpe, KI Kälte Luft Klimatechnik, Ausgabe Frühjahr/2017, in Druck.

EN12309-6, 2016. ÖNORM EN 12309-6:2016-01-15, Gasbefeuerte Sorptions-Geräte für Heizung und/oder Kühlung mit einer Nennwärmebelastung nicht über 70 kW - Teil 6: Berechnung der saisonalen Effizienzkennzahlen

Fernández-Seara J, Sieres J. 2006. The importance of the ammonia purification process in ammonia–water absorption systems. Energy Conversion and Management 47

Heimrath, R., Haller, M., 2007. The Reference Heating System, the Template Solar System of Task 32. A Report of IEA Solar Heating and Cooling program - Task 32 "Advanced storage concepts for solar and low energy buildings".

http://archive.iea-shc.org/publications/downloads/task32-Reference_Heating_System.pdf, 2016/04/14.

Herold K, Radermacher R, Klein S. 1996. Absorption Chillers and Heat Pumps. CRC Press.

Ibrahim O, Klein S, 1993. Thermodynamic properties of ammonia-water mixtures. ASHRAE Transactions 21(2).

M. Conde Engineering, 2006. Thermophysical properties of {NH₃+H₂O} mixtures for the industrial design of absorption refrigeration equipment.

M. Conde Engineering, 2014. Solid-Liquid Equilibria (SLE) and Vapour-Liquid Equilibria (VLE) of Aqueous LiBr.

Meteonorm, 2016. Einstrahlungsdaten für jeden Ort des Planeten. Abgerufen am 22.8.2016 von <http://www.meteonorm.com/de/>

Niebergall W. 1959. Sorptionskältemaschinen. Berlin: Springer-Verlag.

Pátek J, Klomfar J. 2006. A computationally effective formulation of the thermodynamic properties of LiBr–H₂O solutions from 273 to 500 K over full composition range. International Journal of Refrigeration 29.

SoSciSurvey, 2015. SoSciSurvey.de, Abgerufen am 13.12.2016 von <https://www.soscisurvey.de/>

Statistik Austria, 2015. Energiestatistik: MZ Energieeinsatz der Haushalte 2013/2014. Erstellt am 11.11.2015. Abgerufen am 22.8.2016 von http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html

VDI 4650-2, 2013. Verein Deutscher Ingenieure VDI, VDI-Richtlinie 4650 Blatt 2, Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads von Sorptionswärmepumpenanlagen - Gas-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2013.

Wechsler R, Rieberer R. 2015. Experimentell basierte Modellierung und simulative Parameterstudie zum Betriebsverhalten einer gasbefeuerten Absorptionswärmepumpe, Proc. Deutsche Kälte- und Klimatagung, Dresden 2015

Wechsler, R., Rieberer, R., 2015a, Analysis of a Directly Fired Small Scale Absorption Heat Pump with Solution Recirculation and Multiple Feed of the Desorber, Proc. Int. Congr. Refrigeration, Yokohama, 2015.

Wechsler R, Rieberer R, Emhofer J, Zottl A, Köfing C. 2016. Experimentelle Untersuchung einer Gasabsorptionswärmepumpe unter Labor- und Feldtestbedingungen sowie Vergleich mit Simulationsergebnissen, Proc. Deutsche Kälte- und Klimatagung, Kassel, 2016.

Anhang

Country Report: AUSTRIA 2016