

# **IEA Wärmepumpentechnologien (HPT) Annex 55: Comfort and Climate Box – Beschleunigung der Marktent- wicklung für die Integration von Wärmepumpen und Speichern**

J. Emhofer, A. Heinz,  
F. Ochs, T. Schoberer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**42/2022**

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

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# IEA Wärmepumpentechnologien (HPT) Annex 55: Comfort and Climate Box – Beschleunigung der Marktentwicklung für die Integration von Wärmepumpen und Speichern

Dipl.-Ing. Dr. Johann Emhofer, Therese Guttmann MSc  
AIT Austrian Institute of Technology

Dipl.-Ing. (FH) Dr. Andreas Heinz  
Technische Universität Graz

Dr.-Ing. Fabian Ochs  
Universität Innsbruck

DI Thomas Schoberer, BSc  
Fachhochschule Burgenland

Wien (Graz, Innsbruck, Eisenstadt), Dezember 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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



## **Vorbemerkung**

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

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

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

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

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



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>12</b>
4.1.	Das Konsortium.....	12
4.2.	Spezifische Ziele und Arbeitspakete .....	12
4.2.1.	WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen .....	13
4.2.2.	WP2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung .....	13
4.2.3.	WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung.....	14
4.2.4.	WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung.....	15
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
5.1.	Österreichischer Beiträge und Ergebnisse .....	17
5.1.1.	WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen .....	17
5.1.2.	WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung.....	19
5.1.3.	WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung.....	25
5.1.4.	WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung.....	27
5.2.	Internationale Ergebnisse .....	29
5.2.1.	WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen .....	29
5.2.2.	WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung.....	31
5.2.3.	WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung.....	35
5.2.4.	WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung.....	37
5.3.	Publikationen .....	40
5.3.1.	Publikationen der nationalen ProjektpartnerInnen .....	40
5.3.2.	Publikationen der internationalen ProjektpartnerInnen .....	42
<b>6</b>	<b>Vernetzung und Ergebnistransfer</b> .....	<b>45</b>
6.1.	Zielgruppen und Kommunikation der direkten Ergebnisse aus dem IEA HPT Annex 55.....	45
6.2.	Relevanz und Nutzen der Ergebnisse.....	45
6.3.	Verwertung der Ergebnisse.....	45
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen</b> .....	<b>47</b>
7.1.	Schlussfolgerungen .....	47
7.1.1.	WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen .....	47
7.1.2.	WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung.....	48
7.1.3.	WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung.....	48
7.1.4.	WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung.....	49
7.2.	Weiterführende Arbeiten .....	50
7.3.	Empfehlungen für FTI Politik.....	50



# 1 Kurzfassung

Im IEA-Bericht "Net Zero by 2050 - A roadmap for the global energy sector" (2021) wird als einer der wichtigsten Meilensteine festgelegt, dass bis 2025 keine neuen Heizkessel für fossile Brennstoffe verkauft werden dürfen und dass bis 2045 50% des Wärmebedarfs durch Wärmepumpen gedeckt werden sollten. Um dies zu erreichen, muss der Bestand an installierten Wärmepumpen von 180 Millionen Einheiten im Jahr 2020 auf 600 Millionen Einheiten im Jahr 2030 (fast eine Vervierfachung) und danach um das Zehnfache auf 1 800 Millionen Einheiten im Jahr 2050 steigen. Eine Möglichkeit, die Zahl der installierten Wärmepumpen zu erhöhen, besteht darin, die Wärmepumpe mit einem Wärmespeicher und einer intelligenten Regelung in eine "Komfort- und Klimabox" („Comfort- and Climabox“), eine CCB, zu integrieren. Ziel des IEA HPT Annex 55 ist es, die Entwicklung von CCBs zu beschleunigen, Marktbarrieren von CCBs zu identifizieren und eine Roadmap zu erstellen um CCBs schnell und nachhaltig verstärkt in den Markt zu bringen. Je nach primärem Fokus in der Auslegung einer CCB wurden vier Archetypen von CCBs definiert: kostengünstige CCBs, flexible CCBs, kompakte CCBs und energieeffiziente CCBs. Je nach Archetyp werden sich Wärmepumpen, Speicher und intelligenter Regelungen innerhalb der CCB unterscheiden. Für jeden einzelnen Archetypen wurden neun Qualitätskriterien definiert welche wiederum bewertet werden können: Erschwinglichkeit, KundInnenakzeptanz, Kompaktheit, Plug-and-Play, Energieeffizienz, Überwachung und Steuerung, Smart-Grid-Anpassung, Markteignung und Integrationsgrad.

In einem Marktstatusbericht wurde die lokale Situation in den teilnehmenden Ländern untersucht, um festzustellen, wo die lokalen Unterschiede und Gemeinsamkeiten liegen. Im speziellen wurde untersucht, wie die neun unterschiedlichen Qualitätskriterien bewertet wurden und wie viel Arbeit noch geleistet werden muss, um die Qualität der schlechter bewerteten Kriterien zu erhöhen. Es wurde festgestellt, dass sowohl die Qualitätsbewertungen als auch der Status des lokalen Marktes von Land zu Land sehr unterschiedlich ist. Ein Grund dafür ist, dass sich die Rahmenbedingungen in den beteiligten Ländern stark unterscheiden. Das Wetter, die Gebäudegröße, die Sonnenausrichtung, die Qualität der Gebäudehülle, die Lebensgewohnheiten, lokale Förderungen, etc. um nur einige zu nennen.

Ein Überblick über Forschungsprojekte und Feldversuche zeigte, dass in der Forschung nach wie vor die Effizienz im Vordergrund steht, während der Schwerpunkt bei den Feldversuchen eher auf den verschiedenen Umsetzungsstrategien liegt. Je näher man der tatsächlichen Umsetzung einer Technologie kommt, desto relevanter werden auch die länderspezifischen Rahmenbedingungen.

Die weltweite Normung konzentriert sich derzeit auf den stationären Betrieb einzelner Komponenten, Wärmepumpen und Speicher. Derzeit gibt es keine Normen für die Kombination von diesen Komponenten, die in der Praxis relevant sind. Die zukünftige Schaffung von Normen, die diese Aspekte berücksichtigen, wird die Entwicklung integrierter Lösungen in der Praxis fördern.

In der erarbeiteten Roadmap wird eine Reihe weiterer Maßnahmen vorgeschlagen, die bei jeder der CCB-Archetypen umgesetzt werden können. Je nach den örtlichen Gegebenheiten und den relevanten Qualitätskriterien wird sich eine andere Umsetzungsstrategie herauskristallisieren, die unterschiedliche Maßnahmen seitens der lokalen Akteure erfordert. Diese Maßnahmen fördern sowohl die Einführung von Wärmepumpentechnologie als auch im speziellen die CCBs als Gesamtkonzept.

Zu Beginn dieses IEA HPT Annex 55 war eine CCB ein theoretisches Konzept. Während der Durchführung des Annexes wurde das Bild einer CCB mit den vier Archetypen und den neun Qualitätskriterien deutlich geschärft. Die erarbeitete Roadmap gibt einen Überblick über die Maßnahmen, die je nach den lokalen Anforderungen zu ergreifen sind, um die Entwicklung von CCBs und damit die Förderung von Wärmepumpen und Wärmespeichern zu fördern. Zukünftige CCB-Entwicklungen können einen signifikanten Beitrag dazu leisten, die Herausforderungen einer nachhaltigeren Energie- bzw. Wärmewende zu lösen.

## 2 Abstract

In the IEA report "Net Zero by 2050 - A roadmap for the global energy sector" (2021), one of the key milestones is that no new fossil fuel boilers should be sold by 2025 and that 50% of heat demand should be met by heat pumps by 2045. To achieve this goal, the stock of installed heat pumps must increase from 180 million units in 2020 to 600 million units in 2030 (almost quadruple) and then tenfold to 1800 million units in 2050. One way to increase the number of heat pumps installed is to integrate the heat pump with a heat storage system and smart control in a "Comfort and Climate Box" (CCB). The goal of IEA HPT Annex 55 is to accelerate the development of CCBs, identify market barriers of CCBs, and create a roadmap to bring CCBs to the market in a fast and sustainable way. Depending on the primary focus in the design of a CCB, four archetypes of CCBs have been defined: low-cost CCBs, flexible CCBs, compact CCBs, and energy-efficient CCBs. Depending on the archetype, heat pumps, storage, and smart controls will differ within the CCB. For each individual archetype, in turn, nine quality criteria can be assessed: Affordability, customer appreciation, compactness, plug and play, energy efficiency, monitoring and control, smart grid performance, market suitability and level of integration.

A market status report examined the local situation in the participating countries to determine where local differences and similarities are. Specifically, the study looked at how the nine different quality criteria were rated and how much work still needs to be done to improve the quality of the lower-rated criteria. It was found that both the quality assessment and the status of the local market vary greatly from country to country. One reason for this is that the general conditions in the participating countries also differ greatly. Weather, building size, solar orientation, building envelope quality, living habits, subsidies, etc. to name a few.

An overview of research projects and field trials showed that research still focuses on efficiency, while field trials tend to focus on the different implementation strategies. The closer one gets to the actual implementation of a technology, the more relevant the country-specific constraints become.

Global standardization currently focuses on steady state operation of individual components, heat pumps and storage systems. There are no standards for the combination of these components that are relevant in practice. The creation of standards that take these aspects into account will promote the development of integrated solutions in practice.

A roadmap, developed in the project, proposes several other measures that can be implemented in each of the CCB archetypes. Depending on local conditions and relevant quality criteria, different implementation strategies will emerge, requiring different measures from local stakeholder. These measures promote both the introduction of heat pump technology and, more specifically, CCBs as an overall concept.

At the beginning of this IEA HPT Annex 55, a CCB was a theoretical concept. During the implementation of the Annex, the picture of a CCB was sharpened significantly with the four archetypes and the nine quality criteria. The roadmap, developed in the Annex, provides an overview of the actions to be taken, to promote the development of CCBs and thus the promotion of heat pumps and heat storage systems. Future CCB developments can make a significant contribution to solve the challenges of a sustainable energy- and heat-transition.

# 3 Ausgangslage

Weniger als 3% des Wärmebedarfs von Gebäuden werden derzeit erst mit Wärmepumpen gedeckt, obwohl das Potential besteht, dass sie mehr als 90% abdecken können<sup>1</sup>. Comfort and Climate Boxes (CCBs) bieten die Möglichkeit diesen Anteil zu erhöhen und somit CO<sub>2</sub> Emissionen zu verhindern.

## **Klimapolitische Ausgangslage und Motivation:**

Die Geschwindigkeit und der Umfang des weltweiten Übergangs zu erneuerbarer Energie stehen derzeit nicht im Einklang mit den Klimazielen von Paris. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor machte 2020, 27% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus<sup>2</sup>. Der wachsende globale Bedarf an Energie und der erhöhte Bedarf an thermischen Komfort tragen weltweit zu den Treibhausgasemissionen bei. Zudem gestaltet sich der Übergang zu erneuerbaren Energien als zu langsam.

Verschiedene Technologien haben jedoch das Potenzial, diese Emissionen deutlich zu reduzieren und gleichzeitig den Komfort und die Energieversorgung zu verbessern. Es besteht das Potenzial durch kosteneffiziente Technologien, zwischen 2020 und 2050 im Gebäudesektor weltweit Energieeinsparungen von 500 Mtoe pro Jahr zu erzielen<sup>3</sup>. Wärmepumpen besitzen zwar das Potenzial, die Kohlenstoffemissionen für die Wärmeerzeugung massiv zu reduzieren, jedoch können mit ihnen alleine nicht die geforderten Einsparungen erreicht werden. Durch die Integration von Wärmepumpen- und Speichersystemen zur Bereitstellung von Wärme, Kälte und verbraucherseitiger Flexibilität kann jedoch das Energieeinsparungspotential erhöht werden und CO<sub>2</sub>-arme Wärme und Kälte bereitgestellt werden. Durch die Kombination von Wärmepumpe und Speicher in einer Komfort- und Klima-Box (CCB) werden mehrere Themen angesprochen, wie:

- Erfassung eines großen (oder größeren) Anteils der erneuerbaren (lokalen/regionalen) Energieeinspeisung (z.B. Solarthermie, Solar-PV, Wind);
- Optimierung von Wirtschaftlichkeit, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Gesamtkraftstoffverbrauch über die Zeit;
- Ausgleich und Kontrolle der Stromnetzlasten;
- Gewährleistung einer optimalen Versorgungssicherheit von Gebäuden.

**Ziel dieses Projekts** ist es daher, die Marktentwicklung von CCBs zu beschleunigen und die technischen Herausforderungen für die intelligente Kombination von verschiedenen Technologien in einer CCB zu identifizieren und zu lösen.

## **Ausgangslage auf internationaler Ebene im Rahmen der IEA Forschungskooperation:**

Während eines Mission Innovation IC7 Workshops (Affordable heating and cooling of buildings) wurde im November 2017 in Abu Dhabi die Idee geboren einen TCP<sup>4</sup> übergreifenden Joint Annex „Comfort and Climate Box (CCB)“ mit den TCPs:

- Energy Conservation and Energy Storage (ECES) und
- Heat Pump Technologies (HPT)

ins Leben zu rufen, der dieses Ziel verfolgt. Der gemeinsame CCB-Annex lief international von 2019 bis 2021 unter:

<sup>1</sup> Abergel T. Efforts for heat pump deployment are bearing fruit, but more will be needed. Heat Pump Technology MAGAZINE 2020;38(2):7–8.

<sup>2</sup> 2020 GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, <https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction>

<sup>3</sup> IEA International Energy Agency (April, 2019) Perspectives for the Clean Energy Transition – The Critical Role of Buildings, <https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings>

<sup>4</sup> Technology Collaboration Programme der IEA

- TCP ECES Annex 34 (siehe auch <https://iea-es.org/annex-34/>) bzw.
- TCP HPT Annex 55 (siehe auch <https://heatpumpingtechnologies.org/annex55/>)

Der Operating Agent (OA) übernahm die Koordination dieses gemeinsamen Annexes und legte Berichte an beide TCPs. In Österreich lief der CCB-Annex unter dem TCP HPT und wird deshalb als „IEA HPT Annex 55“ bezeichnet. Im Folgenden wird der Einfachheit halber immer vom „Annex 55“ gesprochen.

#### **Definition der CCB und deren Qualitätskriterien:**

Im Vorfeld des internationalen IEA HPT Annex wurden CCBs an sich definiert:

Eine **CCB ist die Kombination aus Wärmepumpe, Speichern** (thermisch und/oder elektrisch) **und einer intelligenten Regelung**. Eine CCB soll aber nicht nur einfach einzelne Komponenten miteinander verbinden. Vielmehr sollen alle Komponenten einer CCB dafür konzipiert sein, um in einer modularen Weise optimal aufeinander abgestimmt zu arbeiten.

Zudem wurden neun Qualitätskriterien für CCBs definiert. Diese umfassen:

1. Leistbarkeit (Affordability),
2. Markteignung (Suitability),
3. Kompaktheit (Compactness),
4. Effizienz (Efficiency),
5. Plug & Play,
6. Integrales Design (Integral design),
7. Smart-Grid ready,
8. Regelung (Control) und
9. Akzeptanz (Appreciation).

Anhand dieser Definition und der neun Qualitätskriterien kann im Projekt beurteilt werden, welche Systeme bereits am Markt verfügbar sind, wo derzeit Forschungsprojekte ansetzen, wie der Wissensstand bewertet wird und wie Marktbarrieren überwunden werden können.

#### **Standes der Technik / Stand des Wissens von CCBs:**

Am österreichischen Markt steht derzeit bereits eine Vielzahl an Wärmepumpen-Speicher-Lösungen zur Verfügung, wobei die Anbindung an thermische Speicher häufiger als zu elektrischen Speichern angeboten wird. Zudem forschen österreichische Institute in einer Vielzahl von Forschungsprojekten an technischen Lösungen, die einem CCB Charakter entsprechen. Unter diesen Forschungsprojekten befinden sich u.a. die Projekte HYBUILD<sup>5</sup>, HybridHeat4San<sup>6</sup>, Energy4buildings<sup>7</sup> oder ein Feldtest an Wärmepumpenkompaktgeräten (PKOM4)<sup>8</sup>. Handlungsempfehlungen für verschiedene Interessensgruppen wurden für Wärmepumpensysteme unter anderem in der österreichischen Technologie-Roadmap für Wärmepumpen ausgearbeitet und sind auf der Homepage <https://nachhaltigwirtschaften.at> abrufbar.

<sup>5</sup> <https://www.ait.ac.at/themen/sustainable-thermal-energy-systems/projects/hybuild>

<sup>6</sup> <https://energieforschung.at/projekt/hocheffiziente-kombinationen-von-photovoltaik-und-waermepumpen-fuer-den-sanierungsmarkt/>

<sup>7</sup> <https://www.forschung-burgenland.at/projekte/projekt/energy4buildings/>

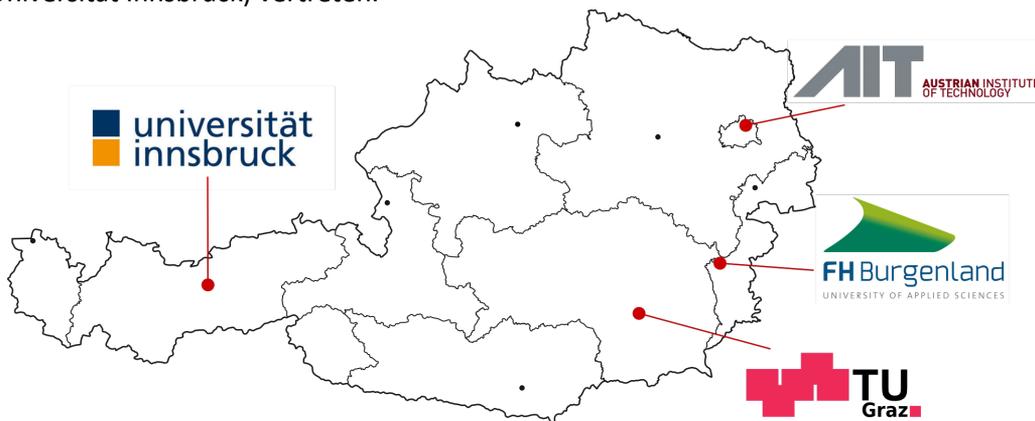
<sup>8</sup> <https://www.uibk.ac.at/bauphysik/forschung/projekte.html.de#pichlerpkom4>

# 4 Projektinhalt

## 4.1. Das Konsortium

Um das Projektziel zu erreichen, wurde, unter der Leitung des Operating Agent Peter Wagener von Business Development Holland BV (BDH) aus den Niederlanden, ein internationales Konsortium gebildet. Dies setzt sich aus folgenden Partnerländern zusammen: Belgien, China, Deutschland, Großbritannien, Italien, Kanada, Niederlande, Österreich, Schweden, Schweiz, Türkei und Vereinigte Staaten von Amerika.

Österreich wird im internationalen Annex 55 durch ein Konsortium, bestehend aus AIT (Austrian Institute of Technology), FHB (Fachhochschule Burgenland), TUG (Technische Universität Graz) und UIBK (Universität Innsbruck) vertreten.



## 4.2. Spezifische Ziele und Arbeitspakete

Um das in Abschnitt 3 beschriebene übergeordnete Ziel des Projekts zu erreichen, müssen folgende spezifische Fragen im Annex 55 beantwortet werden:

1. Wie ist die aktuelle Marktlage und wie sind die neun Qualitätskriterien von CCBs aktuell zu bewerten? In welchen Bereichen gibt es einen Entwicklungs- und Forschungsbedarf?
2. Welche aktuellen Forschungsprojekte im Bereich der CCBs gibt es derzeit auf nationaler und internationaler Ebene?
3. Derzeit können CCBs nicht zufriedenstellend gekennzeichnet werden (Energy Labeling), da die bestehenden Methoden dafür nicht ausreichen. Welche Empfehlungen können für eine zukünftige Bewertung von CCBs gegeben werden?
4. Was genau sind die Marktbarrieren für CCBs und welche Empfehlungen lassen sich daraus für die verschiedenen Interessensgruppen ableiten?

Diese Fragen werden in den internationalen Arbeitspaketen (Workpackages, WPs) 1 bis 4 beantwortet:

- WP 1 – Present state of the market and system types (Aktuelle Marktlage und Systemtypen)
- WP 2 – Prototyping (Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung)
- WP 3 – Testing and pre-standardization (Prüfungen und Normungsvorbereitung)
- WP 4 – Roadmap / Conditions for successful implementation (Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung)

Das österreichische Konsortium lieferte Beiträge zu allen vier internationalen Arbeitspaketen. Im Folgenden wird auf die arbeitspaketspezifischen Ziele und wie diese erarbeitet wurden näher eingegangen:

#### **4.2.1. WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen**

##### **Ziele:**

Es ist zu überprüfen,

- ob CCBs bzw. CCB ähnlichen Systeme bereits in Österreich erhältlich sind und welchen Anteil diese am Markt haben?
- welche CCB-Qualitätskriterien derzeit nicht bzw. nur teilweise erfüllt werden und wo Forschungs- und Entwicklungsschritte nötig sind?

##### **Beschreibung der nationalen Inhalte:**

Der Marktstatus der CCB und die derzeitige Verfügbarkeit von CCBs in Österreich wurde auf Basis einer Literatur- und Marktanalyse untersucht. Hierzu wurden insbesondere bei zehn etablierten Anbietern und HerstellerInnen von Wärmepumpen- und Komfortlüftungssystemen in Österreich eine Produktrecherche durchgeführt. Die Recherche erfolgte mithilfe von Daten, welche auf der Homepage des jeweiligen herstellenden bzw. anbietenden Betriebs zur Verfügung gestellt werden, mithilfe von technischen Produktdatenblättern für fach einschlägige PlanerInnen und InstallateurInnen sowie mittels telefonischer Auskunft von Vertriebs- und Technikpersonal. Als wesentliche Vergleichsparameter wurden die möglichen Funktionen, das Vorhandensein von thermischen oder elektrischen Speichern und die Bauweise betrachtet. Außerdem wurden die Schnittstellen für smarte Funktionen wie Laufzeitanpassung an variable Strompreise und Eigenverbrauchsoptimierungen analysiert. Die Bewertung der CCB-Qualitätskriterien wurde durch das österreichische Konsortium vorgenommen.

##### **Beschreibung der internationalen Inhalte:**

Die aktuelle Marktlage und die politischen Rahmenbedingungen für CCBs wurden länderspezifisch erhoben. Zudem wurden die aktuelle Forschungsprojekte und Feldtests im Bereich von CCBs in den teilnehmenden Ländern erfasst und die neun CCB-Qualitätskriterien länderspezifisch bewertet.

##### **Methode:**

- Literaturrecherche, technische Dokumentationen für die typischen Systeme.
- Persönliche Kontaktaufnahme und Interviews mit Herstellern, Forschungsinstituten und Fördergebern.

#### **4.2.2. WP2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung**

##### **Ziel:**

Das Ziel von AP3 war es, aktuelle Ergebnisse von Feld- bzw. Labormessungen von CCB-Funktionsmustern bzw. Prototypen in das Work Package 2 „Prototyping“ des IEA HPC Annex 55 einzubringen. Die verschiedenen Funktionsmuster/Prototypen sollten speziell bezogen auf die neun im Annex definierten CCB-Qualitätskriterien (siehe Kapitel 3) bewertet werden. Zudem sollten Regelungsstrategien für die Betriebsweise der jeweiligen Funktionsmuster/Prototypen dokumentiert werden.

### **Beschreibung der nationalen Inhalte:**

Vom österreichischen Projektteam wurden Ergebnisse aus den nationalen Projekten Energy4buildings (FHB), HybridHeat4San (TUG), HYBUILD (AIT) und aus einem Feldtest von Wärmepumpen-Kompaktgeräten (UIBK) in das internationale Projekt eingebracht. Die Beiträge erfolgten dabei durch Präsentationen in den Experts-Meetings und durch Textbeiträge für zwei Berichte des internationalen Projekts. Dies war zum einen ein Country Report über Funktionsmuster-/Prototypenentwicklung für das Work Package 2 „Prototyping“ des Annexes. Für diesen Bericht war jeder Mitgliedstaat aufgefordert, über Beispiele zu berichten, die den nationalen Stand und/oder Erfahrungen bei der Nachrüstung von Luft/Luft-Wärmepumpen (ASHPs) in Kombination mit thermischen Speichern veranschaulichen. Dies sollte auf Basis der neun Qualitätskriterien erfolgen, die im WP 1 des Annexes entwickelt wurden. Zum anderen, wurden jeweils ein Projektüberblick und Projektergebnisse für die genannten nationalen Forschungsprojekte für den Annex-Bericht „Part V – Research Projects“ eingebracht. Dieses Dokument gibt einen Überblick über die Forschungsprojekte, die im Rahmen des Annexes von allen teilnehmenden Ländern durchgeführt wurden, ergänzt durch Ergebnisse aus früheren Projekten.

### **Beschreibung der internationalen Inhalte:**

Das WP2 „Prototyping“ des Annex 55 hat sich, basierend auf den Arbeiten in den eingebrachten Forschungsprojekten der teilnehmenden Länder, mit Systemspezifikationen aufbauend auf den länderspezifischen Ergebnissen von WP1, der Entwicklung von Regelungsstrategien und mit dem Aufbau von Systemprototypen beschäftigt. Nähere Informationen zu Projekten, die von den einzelnen Ländern eingebracht wurden, sind in Abschnitt 5.2.2 enthalten.

### **Methode:**

- Simulationen
- Labormessungen
- Feldmessungen

## **4.2.3. WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung**

### **Ziel:**

Ziel des APs ist aktuelle Ergebnisse von Feld- bzw. Labormessungen von bereits erhältlichen CCB-Anlagen zu sammeln. Mit Hilfe dieser Daten und dem Wissen über den Aufbau der einzelnen Systeme sollen Berechnungsmethoden für saisonale Energieeffizienzberechnungen für spezielle CCBs die von den Projektpartnern untersucht wurden, erstellt werden. Im Unterschied zu derzeitigen Berechnungsmethoden für das Energylabeling müssen bei CCBs die Kontrollstrategien berücksichtigt werden. Die Möglichkeit einer Verallgemeinerung der einzelnen Berechnungsmethode für die saisonale Energieeffizienzberechnung bei CCBs soll im Rahmen des Arbeitspaketes diskutiert werden.

### **Beschreibung der nationalen Inhalte:**

Im Arbeitspaket erfolgte eine Recherche und Aufstellung relevanter Normen zu CCBs und eine Analyse hinsichtlich Berechnungsmethoden und Energiekennzahlen. Eine Stärken-Schwächen Analyse hinsichtlich Referenzklima, Gebäudedaten, Prozessgrößen, Kontrollstrategien oder Betriebsmodus gab Aufschluss hinsichtlich Eignung. Relevante Variablen zur Energiekennzahlenberechnung wurden anhand einer Input-Output-Analyse sowie Energieperformance-Indikatoren identifiziert. Ergebnisse aus Labor- und Feldmessungen aus Referenzprojekten aller ProjektpartnerInnen wurden herangezogen, um Erkenntnisse und Empfehlungen zur Adaptierung von Methoden und Verfahren zur Energieeffizienzberechnung von CCBs abzuleiten.

Dazu wurden unter anderem folgende Referenzprojekte ausgewählt:

- HYBUILD – AIT
- HybridHeat4San – TUG
- Testing and Evaluation of Passive House Compact Heat Pump Units – UIBK
- Energy4buildings – FHB

Methoden und Ergebnisse von Feld- und Labormessungen innerhalb dieser Projekte wurden diesbezüglich gezeigt. Verwendete Methoden zur Kennzahlenberechnung und deren Vor- und Nachteile, in der Berechnung berücksichtigte Systemkomponenten, relevante Ein- und Ausgangsgrößen, sowie Rand- und Testbedingungen wurden basierend darauf dargestellt. Eine Gegenüberstellung relevanter Normen, Erkenntnisse aus Feld- und Labormessungen, sowie dem Wissen über den Aufbau der bestehenden CCB Systeme führte zu einer Empfehlung hinsichtlich Berechnungsmethoden zur Energiekennzahlenberechnung für CCBs.

Die gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen wurden in einem Country-Report zusammengefasst.

#### **Beschreibung der internationalen Inhalte:**

Um die Leistung von CCBs zu bewerten und Systeme verschiedener HerstellerInnen und unterschiedlicher Spezifikationen zu vergleichen, Bedarf es einheitlicher Normen und Berechnungsmethoden. Auf internationaler Ebene wurde der Stand der Technik bestehender Normen, welche sich auf verschiedene Elemente einer CCB beziehen, für Europa, Kanada, USA und China analysiert.

Auf Grundlage des Stands der Technik wurden Defizite hinsichtlich der Bewertung von CCBs bestehender Normen aufgezeigt und Optimierungsvorschläge, wie diese zur Leistungsbewertung von CCBs herangezogen werden können, aufgezeigt.

#### **Methode:**

- Simulationen
- Labor- und Feldmessungen
- Saisonale Berechnungsmethoden
- Workshop der nationalen Partner im Rahmen eines nationalen Projekttreffens

### **4.2.4. WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung**

#### **Ziel:**

Das Ziel des Arbeitspaketes ist, die Marktbarrieren für eine erfolgreiche Marktdurchdringung von CCBs zu identifizieren, zu bewerten und geeignete Maßnahmen für EntscheidungsträgerInnen, HerstellerInnen und GebäudeeigentümerInnen vorzuschlagen, die einen beschleunigten Umstieg auf CCB-Technologien ermöglichen.

#### **Beschreibung der nationalen Inhalte:**

Die Marktbarrieren von CCBs in Österreich wurden im Rahmen von Experteninterviews identifiziert und in einem Workshop bei der Konferenz ENOVA 2020 bzw. in Online-Umfragen bewertet. Stakeholderspezifische Empfehlungen wurden ausgearbeitet und Unterschiede zwischen den einzelnen Wahrnehmungen der Interessensgruppen herausgearbeitet. Die Vereinheitlichung von Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten wurde im Workshop mit VertreterInnen aus der Industrie diskutiert. Die nationalen Erkenntnisse wurden bei der IEA HP Conference 2020 (2021) publiziert und dem internationalen Konsortium für die internationalen Arbeiten übermittelt, bzw. in internationalen Workshops mit den Annex-TeilnehmerInnen diskutiert.

**Beschreibung der internationalen Inhalte:**

In der ersten Phase wurden der Stand der Technik und die derzeitige Marktsituation für Wärmepumpen, Energiespeicherung und Komfort- und Klimaboxen für alle beteiligten Länder beschrieben. Dies alles diente als erster Input für die Kategorisierung der bestehenden Treiber und Barrieren für CCB-Lösungen. In einem nächsten Schritt wurden Interviews mit den TeilnehmerInnen des Annexes, Land für Land, durchgeführt. Die Treiber und Barrieren wurden weiter diskutiert und mögliche Empfehlungen zur Überwindung ausgearbeitet. Die TeilnehmerInnen des Annexes lieferten Beiträge von verschiedenen Interessengruppen aus ihren jeweiligen Ländern. Dies alles diente, gemeinsam mit den Ergebnissen aus den anderen Arbeitspaketen, als Grundlage für die Ausarbeitung der Empfehlungen für HerstellerInnen, EntscheidungsträgerInnen, EnergieversorgerInnen, NetzbetreiberInnen, AggregatorInnen (neue DienstleisterInnen, die mehrere VerbraucherInnen zusammenschließen), Normungsgremien, InstallateurInnen, EndverbraucherInnen und Finanzinstitutionen.

**Methoden:**

- Identifikation von relevanten Marktbarrieren durch ExpertInneninterviews in Österreich.
- Workshop mit relevanten nationalen StakeholderInnen bei der ENOVA 2020.
- Stakeholderspezifische Bewertung der Marktbarrieren.
- Internationale Annex-Workshops zur Erarbeitung von Empfehlungen für verschiedene StakeholderInnen.

# 5 Ergebnisse

## 5.1. Österreichischer Beiträge und Ergebnisse

### 5.1.1. WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen

Der Begriff CCB umfasste zu Beginn des Projekts eine Vielzahl von Kriterien aber keine eindeutige Definition. Aus diesem Grund wurde vom österreichischen Konsortium vorab eine Unterscheidung in CCB 0, CCB 1 und CCB 2 durchgeführt<sup>9</sup>:

- CCB 0: Luft/Wasser-Wärmepumpe, thermischer Speicher und optimale Regelung für Heizen und Warmwasser für einen HWB von ca. 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) - „die leistbare CCB“.
- CCB 1: Luft/Wasser oder Erdreich/Wasser-Wärmepumpe für Heizen (HWB ca. 40 kWh/(m<sup>2</sup>a)), Kühlen und Warmwasserbereitung. Inklusive thermische und elektrische Speicher, PV und intelligenter-Regelung, integriertem Monitoring und Effizienzgarantie – „die High-End-Lösung“
- CCB 2: Passivhaus-Kompaktgerät inkl. Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Für diese Variante wird unbedingt eine umfassende Sanierung benötigt – „die Passivhaus-Lösung“

Die für das internationale Projekt definierten neun Qualitätskriterien gelten auch als Maßstab für die Bewertung der CCB 0, CCB 1 und CCB 2. Dabei wird unterschieden, welche Kriterien als wichtig eingeschätzt werden, welche schon erreicht wurden und in welchen Bereichen noch Entwicklungsarbeit notwendig ist.

Als prototypische CCB können die seit über 20 Jahren auf dem Markt verfügbaren Passivhaus Wärmepumpenkompaktgeräte (Lüftung mit Wärmerückgewinnung in Kombination mit Fortluft/Zuluft-Wärmepumpe für Heizung und Trinkwarmwasser) gesehen werden (CCB 2). Entsprechend werden diese schwerpunktmäßig untersucht und bewertet. Der Anteil am Markt dieser Kompaktgeräte ist jedoch sehr gering. Es ist zudem anzumerken, dass die „CCB 2“ nicht im Fokus des internationalen Projekts liegt, aber aufgrund der Relevanz in Österreich, dennoch für das nationale Projekt berücksichtigt wird.

Die CCB 0 wurde für den internationalen Annex vom österreichischen Konsortium bewertet und die Ergebnisse sind in Abbildung 5.1 - Abbildung 5.3 zu sehen.

---

<sup>9</sup> Unter anderem wurden aus diesen Definitionen in späterer Folge die vier Archetypen von CCBs abgeleitet (siehe auch Kapitel 5.2.4).

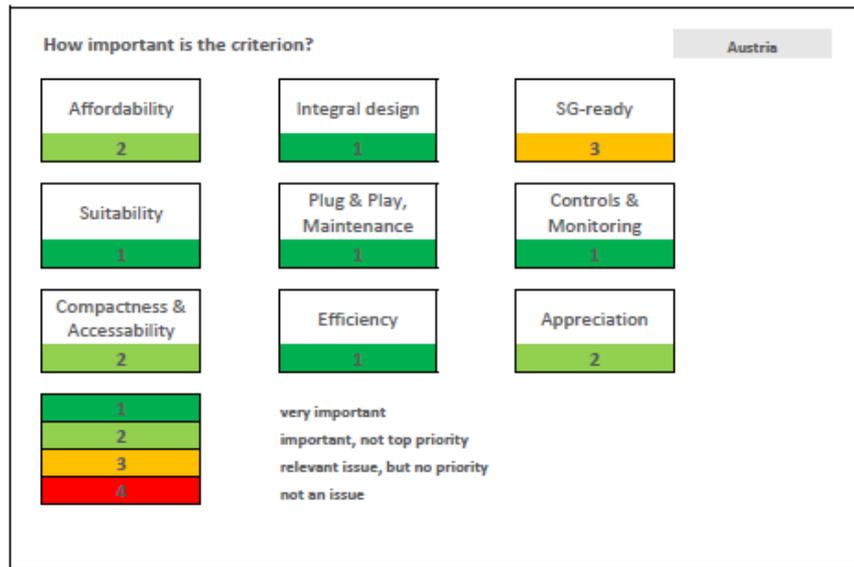


Abbildung 5.1: Wie wichtig sind die einzelnen Kriterien für die CCB 0?

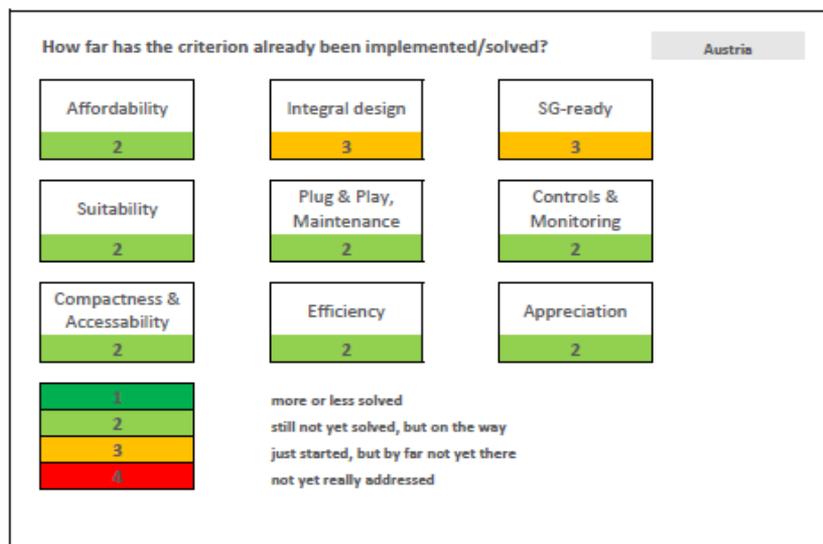


Abbildung 5.2: Bis zu welchem Grad sind die Qualitätsziele bei der CCB 0 in Österreich bereits erreicht?

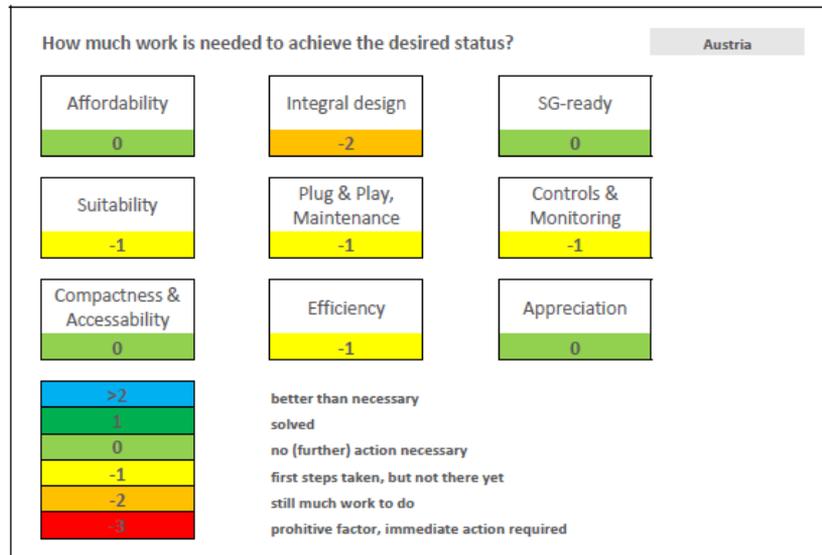


Abbildung 5.3: Wieviel Entwicklungsarbeit ist noch notwendig, um die Qualitätsziele bei der CCB 0 zu erreichen?

Häufig am Markt vertreten sind Systeme, welche die Funktionen Heizen, Kühlen und Brauchwasserbereitung in Verbindung mit einem thermischen Speicher in einer Inneneinheit kombinieren. Hinsichtlich der Bauweise werden sowohl kompakte Einheiten (Kondensator und Verdampfer in Inneneinheit), als auch gesplittete Einheiten (Kondensator innen und separater Verdampferteil im Freien) angeboten.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass CCBs am österreichischen Markt, vor allem in Kombination mit thermischen Speichern, weit verbreitet und gut integriert sind. Die einfache Installation sowie die Hilfe der HerstellerInnen für InstallateurInnen und PlanerInnen bei der Projektierung von Anlagen haben zu einer raschen Verbreitung im Wohn- bzw. Einfamilienhaussegment beigetragen. Eine Kombination mit einem elektrischen Speicher kann im Moment nur von einem der untersuchten Hersteller bezogen werden. Laut Auskunft einiger Hersteller wird diesbezüglich meist eine Weiterentwicklung von bereits vorhandenen Kommunikationsschnittstellen für die einfachere Kopplung der CCB mit einem separaten Batteriespeicher der Entwicklung eigener bzw. der Integration betriebsfremder Batteriespeicher vorgezogen.

CCBs, vor allem in Kombination mit thermischen Speichern, sind am österreichischen Markt bereits weit verbreitet und gut integriert. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht vor allem in der Kombination mit elektrischen Speichern, der Entwicklung von standardisierten Schnittstellen und die Einbindung in ein Stromnetz mit volatilen Erzeugern.

### 5.1.2. WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung

Im Folgenden werden die vom österreichischen Team eingebrachten Projekte kurz beschrieben:

#### Energy4buildings (FH Burgenland)

Im Rahmen des Projekts "Energy4buildings" wurde ein Prüfstand realisiert, der eine Schnittstelle zwischen der im Labor befindlichen Hardware und einer Gebäudesimulationssoftware bildet. Dieser integrierte Prüfstand mit Fokus auf elektrisch betriebene Wärmepumpen und Kältemaschinen kann genutzt werden, um realistische Bedingungen wie Teillastverhalten, Stand-by-Verluste, Ein/Aus-Verhalten oder NutzerInnen-/Wetterbedingungen zu simulieren. Um eine sogenannte Hardware-in-the-Loop (HIL)-Methode zu realisieren, wurden Simulationsmodelle von Gebäuden, einschließlich verschiedener Gebäudetechnologien, entworfen.

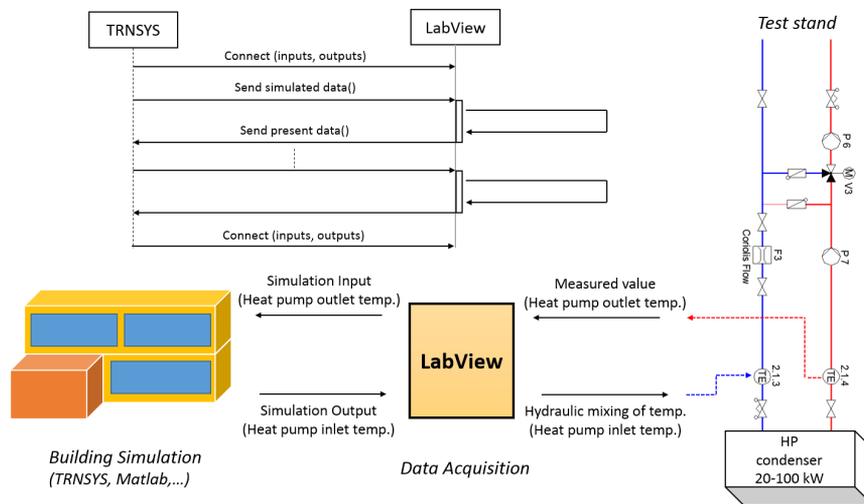


Abbildung 5.4: Schema der HIL-Methode

Um die Modelle zu validieren, wurde ein mobiles Datenerfassungssystem implementiert, das das Innenraumklima wie Temperatur, Kohlendioxid und Luftfeuchtigkeit sowie die Energieflüsse der Wärmepumpe und der Speicher überwacht. Die Messungen in einem Einfamilienhaus wurden über mehrere Wochen durchgeführt und umfassten sowohl Heiz- als auch Kühlperioden. Als Messobjekt diente ein Einfamilienhaus (Heizenergiebedarf  $\sim 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , Bruttogrundfläche  $300 \text{ m}^2$ ) mit einer leistungsgeregelten Sole/Wasser-Wärmepumpe (6 kW thermische Leistung) für die Raumheizung sowie die Brauchwassererwärmung in Kombination mit einem Erdkollektor. Die Wärmepumpe ist mit einem externen Warmwasserspeicher mit einem eingebautem elektrischen Heizstab ausgestattet. Darüber hinaus werden im Messobjekt eine Lüftungsanlage (MVHR) und eine PV-Anlage eingesetzt. Sowohl die Wärmepumpe als auch die Lüftungsanlage können über die Gebäudeautomation ferngesteuert werden. Die Wärmepumpe ist mit der PV-Anlage gekoppelt und wird in Abhängigkeit von der PV-Leistung moduliert.

Die Feldmessungen wurden saisonal während der Heizperiode 2020 und 2021 sowie im Sommer 2020 durchgeführt. Es wurden Messstellen zur Bilanzierung der Wärmeleistung an der Wärmequelle und Wärmesenke der Wärmepumpe sowie des Warmwasserspeichers installiert. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe, die Erträge aus PV und der Verbrauch des gesamten Haushalts und des Technikraums wurden gemessen. Zur Ermittlung der Randbedingungen wurden die Außentemperatur (2021) und teilweise die Globalstrahlung (2020) erfasst. Über den erfassten Zeitraum wurden Performance-Kennzahlen für Heizung und Warmwasser berechnet. Zur Beurteilung und Optimierung der Eigenverbrauchsquote hat der/die HauseigentümerIn über die Gebäudeleittechnik eine Steuerung implementiert, die bei Stromüberschuss in Abhängigkeit von definierten Grenzwerten Überschussstrom für die Warmwasserbereitung oder Heizung (je nach Bedarf bis zu einem Maximalwert) nutzt. Die Feldmessungen waren Teil eines Arbeitspakets des Projekts, das 2018 abgeschlossen wurde. Die Messungen werden weiterhin durchgeführt.

Der aktuelle Messaufbau im Projekt passt am besten zum CCB-Archetyp "energy efficiency". Die Integration von Wärmepumpe, Speicher und PV weist gute Effizienzwerte auf, hat aber hohe Investitionskosten und benötigt viel Platz im Gegensatz zu einem Kompaktgerät. Eine Anwendung für Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung sowie eine Kopplung mit PV und Fernsteuerung ist möglich. Das verwendete System wird in einem Niedrigenergiehaus eingesetzt. Die modulierte Wärmepumpe eignet sich besonders für Systeme mit Photovoltaikanlagen mit dem Fokus auf die Optimierung des Eigenverbrauchs.

### HybridHeat4San (TU Graz)

Im Projekt HybridHeat4San ("Hocheffiziente Kombinationen von Photovoltaik und Wärmepumpen für den Sanierungsmarkt") wurde ein hybrides Heizungssystem für die energieeffiziente Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) von sanierten Einfamilien-Wohngebäuden mit

bestehender Radiatorenheizung mit hohen Vorlauftemperaturen entwickelt. Eine Reduktion des Gesamtstromverbrauchs wird durch eine effiziente Luftwärmepumpe mit dem natürlichen Kältemittel R290 (Propan) und eine optimierte Integration eines Wasser-Pufferspeichers (Kombispeicher 1000 Liter) erreicht. Die Wärmepumpe wird mit einer PV-Anlage gekoppelt, mit dem Ziel, den Stromverbrauch aus dem Netz durch gezielten Betrieb des Kompressors mit PV-Strom mittels intelligenter Regelstrategien zu reduzieren. Ein Schema des Systems ist in Abbildung 5.5 dargestellt. Das beschriebene System wurde mit Hilfe von detaillierten Systemsimulationen in TRNSYS analysiert und die Ergebnisse wurden mit einem definierten Referenzsystem anhand einer Reihe von Performance-Indikatoren verglichen. Als Randbedingung wurde dabei ein saniertes Einfamilienhaus mit einem Heizwärmebedarf von 10 MWh und einem Warmwasserbedarf von 3 MWh verwendet. Verschiedene Regelungsstrategien wurden im Hinblick auf die Erfüllung des Projektziels bewertet, das darin bestand, eine Reduktion des Stromverbrauchs aus dem Netz um 25 % im Vergleich zum Referenzsystem zu erreichen. Der Einfluss der PV-Größe auf die Leistungskennzahlen und die Betriebskosten (Strom) wurde analysiert.

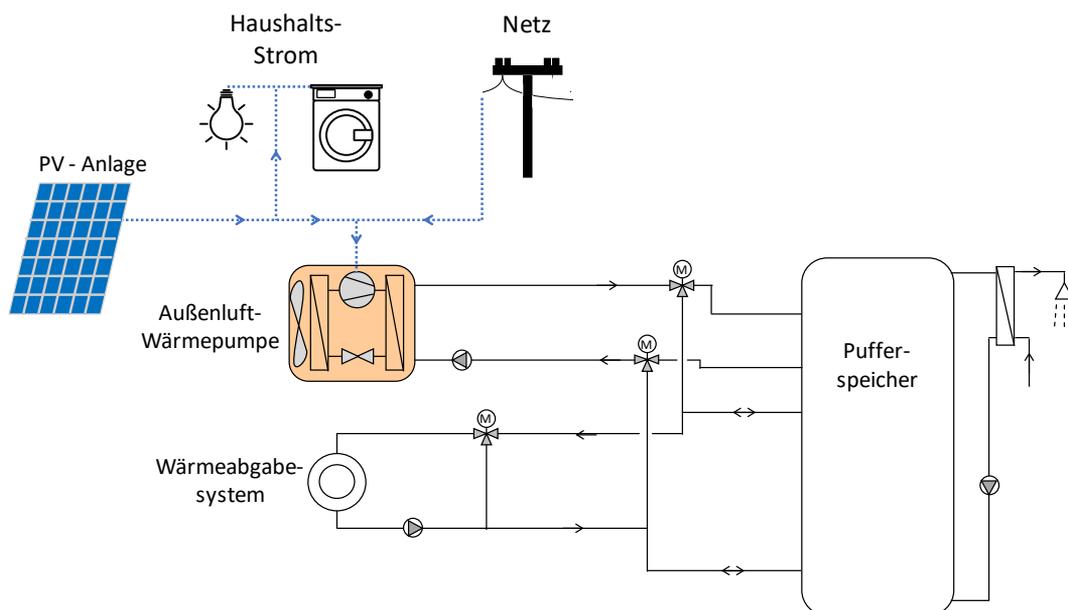


Abbildung 5.5: Funktionsschema des in HybridHeat4San betrachteten Systems.

Die Hauptkomponenten des entwickelten Systems wurden im Labor der TU Graz (Wärmepumpe) und des SPF Institut für Solarenergie in Rapperswil (Speicher) getestet, wobei die Ergebnisse dieser Messungen in die Parametrisierung der verwendeten Simulationsmodelle einfließen. Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen zeigen, dass mit dem entwickelten System der Stromverbrauch aus dem Netz im Vergleich zum Referenzsystem um 32 % gesenkt werden kann. Der Autarkiegrad des Systems (SSR) kann von 19 auf 35 % verbessert werden. Das komplette Heizsystem wurde am SPF in einem 6-tägigen Hardware-in-the-Loop-Systemtest, dem sogenannten Concise Cycle Test (Haberl und Haller, 2018), getestet, der eine Hochrechnung auf Jahresergebnisse ermöglicht. Ziel dieses Tests war es, die korrekte Funktion der Regelung und das Zusammenspiel der Komponenten zu überprüfen und die Ergebnisse der Systemsimulationen zu bestätigen. Ein Vergleich mit den Messdaten aus dem Test zeigte, dass mit dem TRNSYS-Systemmodell eine sehr gute Vorhersage des Systemverhaltens und der Effizienz möglich ist. Daher sollten die über die Simulationen berechneten Einsparungen auch im realen Betrieb möglich sein.

Der in HybridHeat4San entwickelte System passt ebenfalls am besten zum CCB-Archetyp "energy efficiency". Die Integration von Wärmepumpe, Speicher und PV ermöglicht eine hohe Effizienz. Die Investitionskosten und der Platzbedarf sind im Vergleich zu konventionellen Außenluft-Wärmepumpen durch den Speicher und die PV-Anlage aber höher. Die Wärmepumpe mit drehzahlregelbarem Kompressor ermöglicht eine optimierte Nutzung von PV-Strom.

## HYBUILD (AIT)

In HYBUILD wurden zwei innovative, kompakte, hybride Strom-/Wärmespeichersysteme für einzelne Gebäude und Gebäudeverbände entwickelt. Das Projekt zielte darauf ab, kosteneffiziente und umweltfreundliche Lösungen zu entwickeln und gleichzeitig Komfortbedingungen in Wohngebäuden in zwei unterschiedlichen Klimazonen zu gewährleisten, mit einem Schwerpunkt auf Kühlung in einem mediterranen Klima und auf Heizung in einem kontinentalen Klima. Das AIT war für die Entwicklung eines zentralen Wärmepumpensystems zuständig, das einen Latentwärmespeicher (RPW-HEX) nutzt, der direkt in den Wärmepumpenkreislauf integriert ist, um vor allem die sensible Wärme des Kältemittels nach dem Kompressor zu nutzen. Mit diesem neuartigen Enthitzerspeicher ist es möglich, Brauchwarmwasser mit einer höheren Effizienz zu erzeugen, als dies bei Systemen nach dem Stand der Technik der Fall ist. Die Wärme aus dem Latentspeicher wird in diesem System über ein 2-Leiter-System an dezentrale Warmwasserspeicher übertragen (siehe auch Abbildung 5.6).

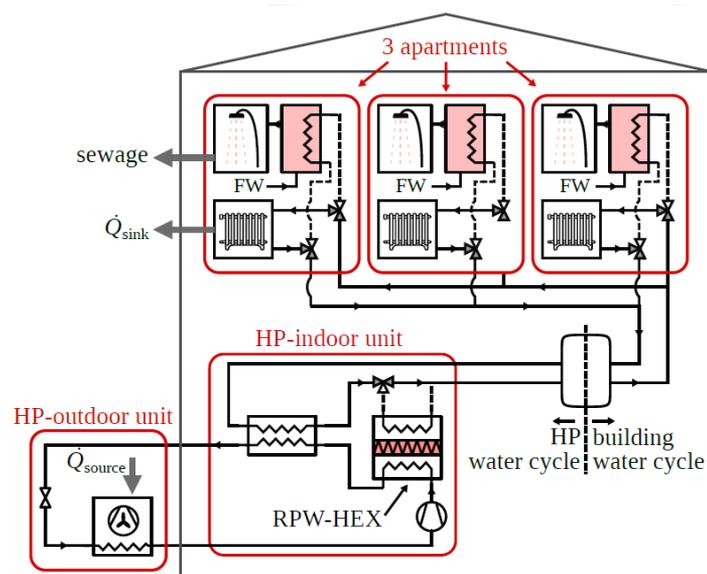


Abbildung 5.6: Prinzipskizze des HYBUILD-Systems

Im Rahmen von HYBUILD haben das AIT und seine ProjektpartnerInnen die Machbarkeit des Systems demonstriert, indem das gesamte System einschließlich der Nebenaggregate für drei künstliche Wohnungen im Labor unter kontrollierten Bedingungen implementiert wurde. Die Leistung des Systems wurde bewertet und mit einem herkömmlichen Wärmepumpensystem ohne den neuartigen Enthitzerspeicher verglichen. Kritische Aspekte des Systems wurden identifiziert und auf der Grundlage von Simulationen, Versuchsergebnissen und Erfahrungen während der Implementierungsphase diskutiert. Ein Monitoring des HYBUILD Systems hat im März 2021 am Demo-Standort in Langenwang, Österreich, bei der Firma PINK GmbH begonnen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die niedrigste Amortisationszeit von 12,4 Jahren, die höchsten Energieeinsparungen von 622 kWh<sub>el</sub>/a und die höchsten Gewinne nach 20 Jahren von 1.083 € für ein Betriebsszenario mit einem Passivhaus in Helsinki mit 7,75 Standardwohnungen auftreten. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass das vorgeschlagene System, obwohl es ein erhebliches Potenzial für Energieeinsparungen in einem sanierten Gebäude in heißem Klima gibt, aus wirtschaftlicher Sicht besser für ein Niedrigenergiegebäude in einem durchschnittlichen Klima und ein Passivhaus in einem kalten Klima geeignet ist, wenn man einen durchschnittlichen europäischen Strompreis von 0,22 €/kWh zum Zeitpunkt der Installation und einen Zinssatz von 2 % zugrunde legt. Die technische Machbarkeit und der Betrieb mit regelbasierten Regelstrategien wurden für realistische Anwendungsfälle erfolgreich demonstriert. Neben Einzelversuchen wurde die Wärmepumpe über

48 Stunden mit und ohne Enthitzerspeicher bei einer Umgebungstemperatur von  $-2\text{ °C}$ , einer Vorlauftemperatur für das Heizsystem von  $40\text{ °C}$  und einem Warmwasserverbrauch von  $5.845\text{ kWh}$  pro Speicher und Tag betrieben. Beide Systeme erreichten den gleichen durchschnittlichen COP, aber das System mit Enthitzerspeicher war in der Lage, eine um  $10\text{ K}$  höhere durchschnittliche Speisewassertemperatur für die Warmwasserbereitung zu liefern. Bei gleichen Speisewassertemperaturen für die Warmwasserbereitung kann mit dem System eine Verbesserung des durchschnittlichen COP von etwa  $3,1\%$  erwartet werden. Dies entspricht etwa  $60\%$  des theoretisch möglichen Wertes. Darüber hinaus kann für eine niedrige Speisewassertemperatur für die Heizung von etwa  $32\text{ °C}$  bei  $-2\text{ °C}$  eine Verbesserung des durchschnittlichen COP von bis zu  $9,4\%$  für das analysierte Heizungs- und Warmwasserszenario mit einer verbesserten Auslegung erwartet werden.

Bezüglich der im Annex definierten CCB-Archetypen kann das System in die Kategorien „Energy Efficiency“ (Effiziente Nutzung des Heißgases) und „Compactness“ (Verwendung von PCM-Materialien, um Platz zu sparen) eingestuft werden.

### **Feldtest an Wärmepumpenkompaktgeräten (UIBK)**

Passivhaus Wärmepumpenkompaktgeräte werden typischerweise in Einfamilienhäusern mit sehr gutem Energiestandard (Passivhaus) eingesetzt und haben folgende Eigenschaften: Lüftung mit Wärme- bzw. Energierückgewinnung kombiniert mit einer Fortluft (teilweise kombiniert mit Außenluft) Zuluft-Wärmepumpe, Trinkwarmwasserspeicher (mit kombinierter TWW-Bereitung und Heizung bzw. teilweise mit separatem Trinkwarmwasser-WP-Kreislauf); optional hydraulische Auskopplung; optional Zuluftkühlung; modernere Wärmepumpenkompaktgeräte haben teilweise Volumenstromregelung und/oder Drehzahlregelung; Wärmepumpenkompaktgeräte benötigen einen Frostschutz (Luft-Luft- Wärmeübertrager) sowie eine Abtauregelung (Verdampfer); typischerweise werden diese in Verbindung mit einer Nachheizung, zumindest mit einem zusätzlichen Badheizkörper betreiben. Die meisten Anbieter sehen die Integration ST und/oder PV vor.

In Kooperation mit der Firma Pichler wurden durch UIBK Feldtests an Wärmepumpenkompaktgeräten (Pichler PKOM4) durchgeführt. Dabei wurde eine Passivhaus-Kompaktwärmepumpe für jede Wohnung eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Abluft- (+ Umgebungsluft) zu Zuluft-Wärmepumpe für die Raumheizung in Kombination mit einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung und einem separaten im Gerät integrierten Kältekreislauf für Warmwasser (mit einem Kombiverdampfer). Das Gerät beinhaltet einen  $212\text{ Liter}$  Speicher. Die maximale Leistung der Wärmepumpe für Raumheizung beträgt bei A2  $1300\text{ W}$ . Es handelt sich um eine Wärmepumpe mit variabler Leistung mit der Option der Zuluftkühlung. In Abbildung 5.7 ist das Funktionsschema dargestellt.

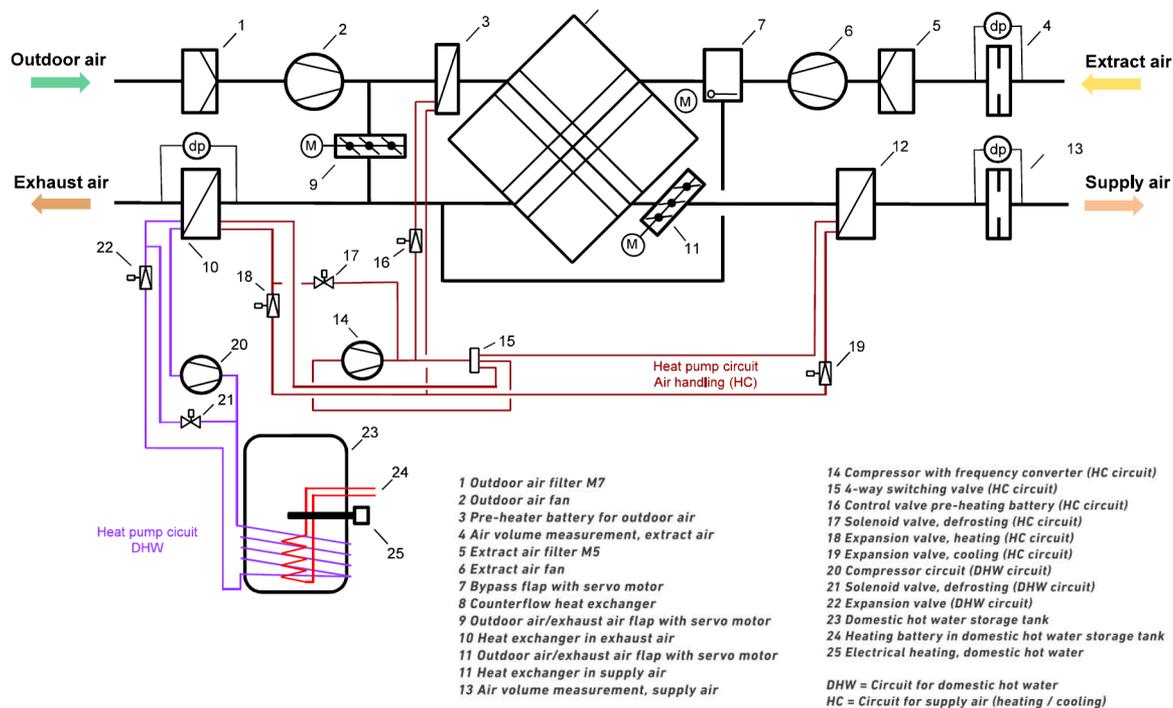


Abbildung 5.7: COP (für die Raumheizung) als Funktion der Umgebungstemperatur entsprechend der Labormessung bzw. nach PH Zertifikat und gemessene COP Haus A und Haus H

Wärmepumpenkompaktgeräte erlauben, die Wohnraumlüftung, die Heizung und Trinkwassererwärmung mit einem Gerät und ohne großen Installationsaufwand bereitzustellen. Diese weisen Vorteile auf vor allem durch abgestimmtes Design und hohen Grad an Vorfertigung und damit auch mit hoher Qualitätssicherung. Der Einsatz ist jedoch begrenzt auf sehr effiziente Gebäude mit einer Heizlast im Bereich  $10 \text{ W/m}^2$  (wie bei Passivhäusern). Durch die Zulufterwärmung (hygienischer Luftwechsel und Maximaltemperatur von  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ist die Heizleistung bzw. die Leistung der Wärmepumpe entsprechend limitiert. Durch die Einbindung von hydraulischen Heizkreisen bzw. raumweisen Zusatzheizungen können auch Gebäude mit etwas höherer Heizlast versorgt werden.

Durch die Evaluierung konnte zum einen die durch das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) berechnete Effizienz bei gutem thermischem Komfort im Feldtest nachgewiesen werden, andererseits konnte auch der Einfluss der NutzerInnen (z.B. Sollwert) gezeigt werden und Verbesserungspotential aufgezeigt werden. Die Effizienz unter realen Bedingungen hängt vom Energieniveau des Gebäudes und dem NutzerInnenverhalten (d. h. Sollwerte, Fensterlüftung usw.) ab. Insgesamt stimmt die Leistung und die Effizienz unter Realbedingungen relativ gut mit den Vorhersagen von PHPP und den Test- und Zertifizierungsleistungsdaten überein. Es konnte festgestellt werden, dass die Enteisung des Verdampfers (Abluft) einen erheblichen Einfluss auf die Gesamteffizienz hat und hier Optimierungspotential (Design, Regelung) vorhanden ist. Es ist darauf zu achten, dass aufgrund der begrenzten Heizleistung beim Einsatz einer Nachheizung in Gebäuden mit höherer Heizlast als  $10 \text{ W/m}^2$  der Strombedarf nicht deutlich zunimmt wodurch sich die System-Arbeitszahl der Wärmepumpe reduzieren würde.

Derzeit gibt es in Österreich eine Vielzahl an Forschungsprojekten im Bereich von CCBs. Exemplarisch für diese wurden die Forschungsprojekte Energy4buildings, HybridHeat4S, HYBUILD und ein Feldtest an Wärmepumpenkompaktgeräten vorgestellt.

### 5.1.3. WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung

Dieses Arbeitspaket befasst sich mit der Analyse aktueller und möglicher Test- und Berechnungsmethoden zur Bewertung von CCBs. Relevante branchenspezifische Standards wurden recherchiert, analysiert und hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen verglichen. Ergebnisse aus Feld- und Labormessungen von Referenzprojekten wurden untersucht. Basierend auf den Erkenntnissen über den Aufbau der betrachteten Systeme wurden Empfehlungen und Optimierungsvorschläge für Energieeffizienzberechnungen für CCBs abgeleitet.

#### State-of-the-Art-Analyse relevanter Normen

Die Norm EN 15316-4-2 behandelt Wärmepumpen für Raumheizung und Warmwasserbereitung im Simultanbetrieb, und Speicher für Warmwasser und Raumheizung - Kühlbetrieb wird nicht berücksichtigt. Unterschiedliche Temperaturen für Quelle und Senke, sowie Teillast werden betrachtet. Die klimatischen Bedingungen werden standortspezifisch festgelegt, wobei Referenzklimabedingungen nicht enthalten sind. COP-Werte sind lediglich an definierten Prüfpunkten (nach EN 14825, EN 14511) bekannt. Teil 4-3 beinhaltet thermische Solaranlagen und Photovoltaikanlagen - eine Kombinationsmöglichkeit von Wärmepumpe und Solarsystemen wird nicht erwähnt. (ÖNORM EN 15316-4-2:2017 12 01; ÖNORM EN 15316-4-3:2017 12 01)

In EN 14511 werden Leistungskennzahlen für stationäre Betriebspunkte bestimmt. Je nach Wärmequelle und -senke werden definierte Temperaturen und Spreizungen unter Vollast vorgegeben. Die Performance wird aus erfassten Durchschnittswerten berechnet. Die Norm deckt Heiz- und Kühlmodi ab und berücksichtigt klimatische Bedingungen. Warmwasserbereitung, Teillastbedingungen und Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Jahresarbeitszahlen sind nicht enthalten. Folgende Leistungsdaten werden bereitgestellt: Heiz-/Kühlleistung, Wärmerückgewinnungsgrad, COP (Coefficient of Performance, Leistungszahl für Wärmepumpen) und EER (Energy Efficiency Ratio, Leistungszahl für Kälteanlagen). (ÖNORM EN 14511-1:2020 08 01; ÖNORM EN 14511-2:2018 04 15; ÖNORM EN 14511-3:2020 08 01; ÖNORM EN 14511-4:2020 08 01)

Die Norm EN 14825 behandelt Teillastbedingungen und Berechnungsverfahren basierend auf Werten für saisonale Arbeitszahlen im Kühl- und Heizbetrieb bzw. die Energieeffizienz für Raumkühlung/Raumheizung. Die Kombination von Raumheizung und Warmwasserbereitung wird nicht berücksichtigt. Dabei werden unterschiedliche Temperaturen von Quelle und Senke, sowie klimatische Bedingungen berücksichtigt. Folgende Leistungsdaten werden bereitgestellt: COP bei spezifizierter Leistung, COP bei Teillast, Jahresheizlast, Jahresenergieverbrauch, SCOP (saisonale Leistungszahl) für Heiz-/Kühlbetrieb. (ÖNORM EN 14825:2019 06 15)

Die EN 16147 legt Verfahren zur Prüfung, Bewertung der Leistung und Berechnung der Energieeffizienz für Trinkwassererwärmung mit Wärmepumpen, Warmwasserbereitern und Kombi-Wärmepumpenheizgeräten fest, die an oder mit Pufferspeichern zur Trinkwassererwärmung angeschlossen/verbunden sind. Berücksichtigt werden intelligente Steuerung und Speicherung, jedoch keine Kombination aus Raumheizung und Warmwasserbereitung. Folgende Leistungsdaten werden bereitgestellt: Leistungszahl, Energieeffizienz, Jahresarbeitszahl. (ÖNORM EN 16147:2017 08 01)

H5056 - Die Berechnung des heiztechnischen Energiebedarfs basiert auf den Nutzungsprofilen des Warmwasser- und Raumwärmeenergiebedarfs. Der Standard umfasst Heizbetrieb, Speicher für Raumheizung und Warmwasser, Solarthermie, Simultanbetrieb und Teillast. Im Zuge der Norm werden keine Leistungskennzahlen oder Energiekennzahlen ermittelt. Folgende Leistungsdaten werden bereitgestellt: Wärme- und Energiebedarf auf Monats-/Jahresbasis. (ÖNORM H 5056-1:2019 01 15)

#### Feld- und Labormessungen von Referenzprojekten

Ergebnisse von Feld- und Labormessungen aus Referenzprojekten bereits vorhandener CCB-Systeme wurden gesammelt und analysiert. Auf Basis der Analyse der Feldversuche lassen sich

Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu Methoden für Energieeffizienzberechnungen für CCBs ableiten. Die aus der Analyse der Feldversuche gewonnenen Erkenntnisse können nicht allgemeingültig für jede Art von CCB angesehen werden, geben aber nützliche Erkenntnisse, wie Berechnungsmethoden für CCBs gestaltet werden könnten. Folgende Referenzprojekte wurden von den österreichischen Partnern untersucht:

Im Projekt „HYBUILD“ (AIT) wurden drei verschiedene Methoden verwendet, um die Leistung und Effizienz des Heizsystems zu bewerten. Berechnung der Jahresleistung des Systems mit einem Verfahren ähnlich der Bin-Methode in der EN 14825 (I), Simulationen unter Berücksichtigung der Regelstrategien und Speicherkapazitäten (II), Laborversuche bei bestimmten Umgebungsbedingungen und Randbedingungen gemäß EN 14825 und EN 16147 (III).

Das Projekt „HybridHeat4San“ (TU Graz) befasst sich mit der Analyse eines hybriden Heizsystems zur Raumheizung und Warmwasserbereitung. Das System umfasst eine Wärmepumpe, einen Kombispeicher, eine Photovoltaikanlage und wendet intelligente Regelstrategien an. Die Systemanalyse erfolgte mittels Systemsimulationen in TRNSYS und Hardware-in-the-Loop-Messungen. Dabei wurde das Gesamtsystem inklusive Steuerung mit emulierten Lasten und PV-Anlage getestet. Die Ergebnisse wurden anhand von Leistungsindikatoren mit einem Referenzsystem verglichen (Stromverbrauch Heizungssystem, Energiebezug aus dem Netz für Heizungssystem und Gebäude, Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, Jahresarbeitszahl des Gesamtsystems, Jahresarbeitszahl des Gesamtsystems wobei lediglich Strom aus dem Netz berücksichtigt wird, Autarkiegrad des Systems, Eigenverbrauchsquote PV).

Im Projekt „Testing and Evaluation of Passive House Compact Heat Pump Units“ (UIBK) wurden Passivhaus-Kompakt-Wärmepumpenanlagen (Prototyp-CCB) getestet und bewertet. Diese Prototyp-CCBs umfassen Wärmepumpe, Speicher und mechanische Belüftung mit Wärmerückgewinnung in kompakter Bauweise und ermöglichen mechanische Belüftung, Raumheizung, Warmwasserbereitung und optional Kühlung. Die Prüfung und Zertifizierung sowie die Bewertung auf Gebäudeebene durch eine monatliche Energiebilanzberechnung basieren auf dem Passivhaus-Zertifikat. Die Bewertung der Anlage erfolgt mit PHPP, einem Berechnungstool auf Basis von MS Excel, das eine vollständige Energiebilanz eines Gebäudes und seiner HLK-Anlage inklusive spezifischer Randbedingungen (Klima, Nutzung, etc.) beinhaltet. Der thermische Endenergiebedarf ist Basis für die Berechnung des Strombedarfs der Raumheizung, Warmwasserbereitung und Hilfsenergie (Ventilatoren, Regelung, Vorwärmung, Abtauung, Nachheizung) und der entsprechenden Jahresarbeitszahl (SPF). In die Berechnung können auch solarthermische Systeme und PV-Anlagen integriert werden. Die Berechnung basiert auf einer Bin-Methode. Basierend auf der Zertifizierung verschiedener Systeme steht eine PHPP-Datenbank zur Verfügung, die den Vergleich verschiedener Geräte und Technologien ermöglicht. Die Berechnungsergebnisse konnten durch die Auswertung von Feldtests (Reihenhäuser mit Wärmepumpenkompaktgerät PKOM4) bestätigt werden.

Im Rahmen des Projektes „Energy4buildings“ (FHB) wurden Feldmessungen an einem Einfamilienhaus mit einer leistungsgeregelten Sole/Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Erdkollektor für Raumheizung und Trinkwassererwärmung, Trinkwasserspeicher, Lüftungs- und PV-Anlage über mehrere Wochen durchgeführt, einschließlich Heiz- und Kühlperioden. Zur Bilanzierung der Wärmeleistung wurden Messpunkte an Wärmequelle und -senke der Wärmepumpe sowie des Warmwasserspeichers installiert. Zur Ermittlung der Randbedingungen wurden die Außentemperatur und Globalstrahlung erfasst. Über den erfassten Zeitraum wurden Energiekennzahlen für Heizung und Warmwasser berechnet, hohe Abstraten geben Auskunft über NutzerInnenverhalten/Zapfprofile.

Die Analyse bestehender Normen und Standards zeigte, dass derzeit keine spezifischen Anforderungen für CCBs darin vorgesehen sind. Bestehende Normen enthalten keine Berechnungsmethoden, die Heizen, Kühlen, Warmwasserbereitung und Flexibilität in Form von Regelstrategien beinhalten. Internationale Normen führen Bewertungen auf Komponentenebene unter gegebenen Bedingungen

durch und berechnen die saisonale Leistungszahl (SCOP) des Systems basierend auf einer statistischen monatlichen Außenlufttemperatur, sowie standardisierten thermischen Lastprofilen, Wärmeverteilungssystemen oder Warmwasserverbräuchen. Die Interaktion von CCBs mit den Gebäudebedingungen (Lasten für Raumheizung, Warmwasser, Kühlung; Klimabedingungen; PV- oder Solarthermie, Stromnetz) wird derzeit in den Normen nicht berücksichtigt, sollte jedoch zukünftig bei der Berechnung der Kennzahlen für CCBs berücksichtigt werden.

Aktuelle Standards ermöglichen keine ganzheitliche Betrachtung und berücksichtigen lediglich Bewertungen auf Komponentenebene. Einige Normen bieten Berechnungsverfahren für Systemkombinationen (z.B. EN 15316-4-2, Raumheizung und Warmwasserbereitung im Simultanbetrieb bzw. Teil 4-3 Solarthermie- und PV-Anlagen) jedoch jeweils nur für Teilsysteme. In EN 14511 und EN 14825 werden die Betriebsarten Heizen und Kühlen betrachtet, während EN 16147 die Warmwasserbereitung behandelt und als einzige Norm Regelstrategien enthält und somit als Anhaltspunkt für die Bewertung von CCBs herangezogen werden könnte.

Eine Ableitung von Berechnungsmethoden für CCBs aus bestehenden Projekten in Form von Labor- und Feldmessungen erscheint schwierig, da unterschiedliche Randbedingungen verwendet wurden und aufgrund der spezifischen Charakterisierungen der untersuchten Systeme keine allgemeingültige Berechnungsmethode aus diesen Ergebnissen abgeleitet werden kann.

Bestehende Normen enthalten keine Berechnungsmethoden, die Systemkombinationen und Flexibilität in Form von Regelstrategien beinhalten. Zudem werden Gebäudebedingungen (Lasten für Raumheizung und Warmwasser, Kühlung, Klimabedingungen, Photovoltaik, Solarthermie) sowie das Nutzerverhalten aktuell nicht berücksichtigt, weshalb aktuelle Normen keine allgemeingültigen Berechnungsmethoden zur Bewertung von CCBs zulassen.

#### **5.1.4. WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung**

In einem zweistufigen Verfahren wurden zuerst anhand von 11 ExperteInneninterviews Marktbarrieren für CCBs in Österreich identifiziert und in einer zweiten Stufe diese in einer Umfrage von verschiedensten InteressensvertreterInnen bewertet. Bewertet wurde in den Umfragen mit einem 5-Punkte System von 1 (Irrelevant für die Marktdiffusion von CCBs) bis 5 (sehr relevant für die Marktdiffusion von CCBs). Insgesamt nahmen 58 Personen an dieser Umfrage teil. Davon waren 16 TeilnehmerInnen (27%) HerstellerInnen, 14 TeilnehmerInnen (24%) Forschende, und 18 Teilnehmer (31%) InstallateurInnen zuzuordnen. Die restlichen TeilnehmerInnen konnten den Gruppen der PlanerInnen (4 TeilnehmerInnen), Behörden (1 TeilnehmerInnen) und andere (5 TeilnehmerInnen) zugeordnet werden. Die zehn am höchsten bewerteten Barrieren sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Tabelle der in den Umfragen am höchsten bewerteter Marktbarrieren. Spalte „D“ zeigt die berechneten Durchschnittswerte der Bewertungen von allen TeilnehmerInnen (sechs Interessengruppen), Spalte „F“ zeigt die Durchschnittswerte aus den Befragungen der Forschenden, Spalte „H“ zeigt die Durchschnittswerte der HerstellerInnen und Spalte „I“ zeigt die Durchschnittswerte berechnet aus den Antworten der InstallateurInnen.

Barriere	Bewertung			
	D	F	H	I
Das Wohnungseigentumsgesetz (Stand 2020) benötigt Einstimmigkeit bei Mehrparteienhäusern.	4,2	4,2	4,3	4,4
Der allgemeine Fachkräftemangel mindert die Produkt- und Dienstleistungsqualität	4,0	4,1	4,1	3,8
Anforderungen an die thermische Sanierung und den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen sind nicht streng genug	4,0	4,1	3,9	4,2
Die Haushalte bevorzugen einfache Systeme, die nur minimale Anpassungen an der Gebäudestruktur erfordern	4,0	4,5	5,2	3,4
Subventionssysteme sind zwischen den Bundesländern nicht harmonisiert	3,9	3,9	4,3	3,9
Die Meinungen über den Nutzen von CCBs in unsanierten Gebäuden gehen auseinander	3,8	3,9	3,9	3,4
Die Regelung der maximalen Schallemissionen ist nicht harmonisiert zwischen den Bundesländern/Regionen	3,8	3,7	4,1	3,7
Das Antragsverfahren für entsprechende Subventionen ist kompliziert und langwierig	3,8	4,2	4,4	3,4
Wenn brennbare Kältemittel verwendet werden, kann dies zu Schwierigkeiten bei der Installation in Innenräumen führen.	3,8	3,7	4,1	3,5
Subventionen für Lüftungsanlagen sind unzureichend (im Fall das die CCB in die Lüftung integriert ist)	3,7	3,9	4,1	3,7

Das am höchsten eingestufte Hindernis (Punktzahl: 4,2) bezieht sich auf das österreichische Wohnungseigentumsgesetz (WEG2002). Dieses Gesetz verlangte, dass alle "ungewöhnlichen" Änderungen am Gebäude einstimmig von der Eigentümergemeinschaft beschlossen werden müssen. Eine Stimmenthaltung kann die beabsichtigte Erneuerung von Energiesystemen blockieren. Dieses Hindernis ist bei einem Einfamilienhaus nicht relevant, wird aber bei Zwei- oder Mehrfamilienhäusern zum Problem. Diese Barriere wird jedoch ab 2022 durch die WEG Novelle 2022 zum Teil abgebaut.

Das zweithöchste regulatorische Hindernis für CCBs ist CR3 (unzureichend strenge Anforderungen an die thermische Sanierung und den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen) mit einer Bewertung von 4,0. Ohne einen angemessenen regulatorischen Druck zur Senkung des Energiebedarfs und der Emissionen von Gebäuden wird das Nachfragewachstum bei neuen Technologien für erneuerbare Energien wie CCBs nur langsam vorankommen.

Das dritthöchste regulatorische Hindernis (CR2, Punktzahl: 3,8) unter den 10 größten Hindernissen bezieht sich auf die nicht harmonisierten Schallemissionsvorschriften in den einzelnen Bundesländern in Österreich. Dies macht es erforderlich, dass sich die Hersteller bei der Entwicklung und Installation von CCBs in ganz Österreich mit den Änderungen der verschiedenen Vorschriften vertraut machen bzw. auch überwachen müssen.

In ähnlicher Weise wird die fehlende Harmonisierung der Förderprogramme zwischen den Bundesländern (CS1, Punktzahl 3,9) als ein sehr wichtiges Hindernis für die Verbreitung von CCBs eingestuft. Die TeilnehmerInnen sind sich im Allgemeinen einig, dass komplizierte Antragsverfahren und lange Wartezeiten für die Bewilligung von Fördermitteln die Verbreitung von CCBs behindern

können (CS7, Note 3,8). CS3 mit einem Wert von 3,7 bezieht sich auf unzureichende Subventionen für Lüftungssysteme. Obwohl sie nach der CCB-Definition dieser Studie nicht unbedingt erforderlich sind, umfassen mehrere derzeit auf dem Markt befindliche CCBs auch Lüftungssysteme (siehe z. B. PKOM-4 von Pichler Luft). In mehreren Bundesländern werden Lüftungsanlagen nicht direkt, sondern indirekt über die Förderung von thermischen Sanierungen gefördert.

Die Tatsache, dass Haushalte einfache Systeme bevorzugen, die nur minimale Anpassungen an der Gebäudestruktur erfordern (CW2, Note 4,0), wird als zweithöchstes CCB-Diffusionshemmnis insgesamt bewertet. Die Installation von CCBs kann in der Tat umfangreiche Anpassungen an der Gebäudestruktur erfordern - weit mehr als nur den Austausch eines Heizsystems gegen ein anderes. Daher sollten Lösungen, die so viel wie möglich vom bestehenden System nutzen können, Vorteile gegenüber anderen haben.

Zwei Informations-/Wissensbarrieren sind unter den Top 10 der wichtigsten Barrieren aufgeführt: CI2 mit einem Wert von 4,0 befasst sich mit dem allgemeinen Mangel an Fachkräften auf dem CCB-Markt. Die Notwendigkeit, mehrere CCB-Komponenten zu planen und zu koordinieren, erfordert hochqualifizierte Arbeitskräfte. Allerdings könnten viele Installationsaspekte von den HerstellerInnen vor der Installation vereinfacht oder standardisiert werden. Unterschiedliche Meinungen über die Nützlichkeit von CCBs in unsanierten Gebäuden (CI8, Note 3,8) wurden ebenfalls als sehr relevant eingestuft.

Die Unsicherheit unter den Experten/Beratern trägt zur finanziellen und technischen Unsicherheit unter den EntscheidungsträgerInnen bei und verringert somit die Investitionsbereitschaft der EndnutzerInnen (Haushalte) und in ähnlicher Weise die Bereitschaft der InstallateurInnen, CCBs zu installieren. Schließlich ist ein technisches Hindernis unter den 10 größten Hindernissen zu finden. Es handelt sich um die Schwierigkeit der Installation von CCBs in Innenräumen, wenn entflammbare Kältemittel verwendet werden (CT4, Punktzahl 3,8). Dies ist ein Problem für jede neu installierte Wärmepumpe mit einem Kältemittel mit niedrigem GWP und hoher Entflammbarkeit. Einige Hersteller lösen dieses Problem, indem sie alle Komponenten, die Kältemittel enthalten, im Außengerät unterbringen. Andere installieren zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen, um den örtlichen Richtlinien und Gesetzen zu entsprechen, oder reduzieren sogar die Kältemittelmenge im System, um die Mindestmenge für eine Entzündung zu unterschreiten.

Die nach Berufsgruppen aufgeschlüsselten Umfrageergebnisse liefern weitere interessante Erkenntnisse die z.T. in Tabelle 1 ebenfalls aufgelistet sind. Für weitere Details diesbezüglich wird an dieser Stelle aber auf die Publikation von Guttmann et al. (2021) verwiesen.

Es wurden 45 Marktbarrieren identifiziert und bewertet. Als wichtigster Barriere wurde das Wohnungseigentumsgesetz identifiziert, das jedoch während der Projektlaufzeit überarbeitet wurde, wodurch diese Barriere zum Teil schon abgebaut werden konnte.

Die drei weiteren am höchsten bewerteten Barrieren waren:

- der allgemeine Fachkräftemangel,
- die Anforderungen an die thermische Sanierung und an den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen sind nicht streng genug und
- die Haushalte bevorzugen einfache Systeme, die nur minimale Anpassungen an der Gebäudestruktur erfordern.

## **5.2. Internationale Ergebnisse**

### **5.2.1. WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen**

Im internationalen Projekt wurden die Märkte für Wärmepumpen und andere Heizungssysteme länderspezifisch ausgewertet. Zudem wurde untersucht wie viele CCB ähnliche Systeme bereits am Markt verfügbar. Eine Zusammenfassung dieser Arbeiten sind in den internationalen Berichten zu

finden. Im Folgenden wird jedoch auf die Wahrnehmung der einzelnen Länder bezüglich notwendiger Entwicklungen in den einzelnen Teilbereichen genauer eingegangen. Auf der Grundlage der Beiträge der teilnehmenden Länder wurde eine sortierte Übersicht über die Bewertung der neun Qualitätskriterien und des aktuellen Stand-der-Technik von CCB Systemen erstellt. Diese Bewertungen wurden länderspezifisch abgefragt und beziehen sich daher immer auf die lokalen Rahmenbedingungen der Länder.

Die Prioritätsstufen wurden folgendermaßen eingeteilt:

(1)	Sehr wichtig, hohe Priorität
(2)	Wichtig, aber nicht höchste Priorität
(3)	Relevant, hat aber keine Priorität
(4)	Hat keine Relevanz

Die einzelnen Länder haben die Prioritäten für die Qualitätskriterien folgendermaßen gelistet:

Leistbarkeit (Affordability)	CAN (1)	CHN (1)	ITA (1)	TUR (1)	USA (1)	AUT (2)	DEU (2)	NLD (2)	SWE (3)	GBR (3)
Markteignung (Suitability)	AUT (1)	CAN (1)	CHN (1)	DEU (1)	NLD (1)	TUR (1)	USA (1)	ITA (2)	SWE (3)	GBR (4)
Smart-Grid ready	CAN (1)	TUR (1)	ITA (2)	AUT (3)	CHN (3)	DEU (3)	NLD (3)	TUR (3)	USA (3)	SWE (4)
Regelung (Control)	AUT (1)	CHN (1)	ITA (1)	NLD (1)	TUR (1)	CAN (2)	DEU (2)	SWE (2)	USA (2)	GBR (3)
Effizienz (Efficiency)	AUT (1)	CHN (1)	ITA (1)	TUR (1)	CAN (2)	DEU (2)	NLD (2)	SWE (2)	GBR (2)	USA (2)
Plug & Play	AUT (1)	NLD (1)	TUR (1)	CAN (2)	CHN (2)	DEU (2)	SWE (2)	USA (2)	ITA (3)	GBR (3)
Kompaktheit (Compactness)	TUR (1)	AUT (2)	CAN (2)	CHN (2)	ITA (2)	NLD (2)	DEU (3)	SWE (3)	GBR (3)	USA (3)
Akzeptanz (Appreciation)	TUR (1)	USA (1)	AUT (2)	CAN (2)	CHN (2)	DEU (2)	ITA (2)	NLD (2)	SWE (2)	GBR (3)
Integrales Design (Integral design)	AUT (1)	TUR (1)	CAN (2)	ITA (2)	GBR (2)	CHN (3)	DEU (3)	NLD (3)	USA (3)	SWE (4)

Den Prioritäten wird der derzeitige Stand-der-Technik gegenübergestellt. Anders gesagt, hat ein Qualitätskriterium eine hohe Priorität und die Problem in diesem Bereich werden als noch nicht gelöst angesehen, dann sollte in diesem Bereich verstärkte Entwicklungsarbeit geleistet werden. Für diesen Vergleich wurde der derzeitiger Stand-der-Technik für die neun Qualitätskriterien ebenfalls in folgenden vier Stufen eingeteilt:

(1)	Probleme sind gelöst
(2)	Noch nicht vollständig gelöst
(3)	Wird gerade erst wahrgenommen
(4)	Wurde noch nicht adressiert

Die einzelnen Länder haben den Stand-der-Technik für die Qualitätskriterien folgendermaßen gelistet:

Leistbarkeit (Affordability)	AUT (2)	CHN (2)	DEU (2)	NDL (2)	CAN (3)	ITA (3)	SWE (3)	TUR (3)	GBR (3)	USA (3)
Markteignung (Suitability)	CHN (1)	ITA (1)	AUT (2)	DEU (2)	TUR (2)	USA (2)	NDL (3)	SWE (3)	CAN (4)	GBR (4)
Smart-Grid ready	CHN (1)	CHN (2)	AUT (3)	DEU (3)	ITA (3)	NDL (3)	TUR (3)	USA (3)	CAN (4)	GBR (4)
Regelung (Control)	AUT (2)	CHN (2)	DEU (2)	SWE (2)	TUR (12)	CAN (3)	ITA (3)	NDL (3)	GBR (3)	USA (3)
Effizienz (Efficiency)	DEU (1)	NDL (1)	TUR (1)	AUT (2)	ITA (2)	SWE (2)	GBR (2)	USA (2)	CAN (3)	CHN (3)
Plug & Play	AUT (2)	NDL (2)	SWE (2)	TUR (2)	USA (2)	CAN (3)	CHN (3)	DEU (3)	GBR (3)	ITA (4)
Kompaktheit (Compactness)	AUT (2)	TUR (2)	USA (2)	CAN (3)	CHN (3)	DEU (3)	ITA (3)	NDL (3)	SWE (3)	GBR (3)
Akzeptanz (Appreciation)	AUT (2)	SWE (2)	TUR (2)	CAN (3)	CHN (3)	DEU (3)	NDL (3)	GBR (3)	USA (3)	ITA (4)
Integrales Design (Integral design)	CHN (2)	GBR (2)	AUT (3)	CAN (3)	DEU (3)	ITA (3)	NDL (3)	TUR (3)	SWE (4)	USA (4)

Interessant ist, dass die Markteignung auf der Prioritätenliste durchweg hoch bewertet wird, während sie bei der Bewertung des gegenwärtigen Standes-der-Technik niedrig eingestuft wird. Dies ist eindeutig ein Bereich, an dem in Zukunft gearbeitet werden muss. Weitere wichtige Bereiche sind die Smart-Grid-Integration, die KundInnenakzeptanz und die Systemintegration. Als Folge des letztgenannten Kriteriums würden die CCB-Märkte von mehr "Plug & Play"-fähigen Marktangeboten profitieren, da diese für erschwinglichere und zuverlässigere Installationen sorgen. Abschließend ist anzumerken, dass Energieeffizienz zwar zweifellos wichtig ist, aber für die meisten Länder außer Kanada und China im Wesentlichen als ein "gelöstes Problem" betrachtet werden kann.

### 5.2.2. WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die Forschungsprojekte, die durch die einzelnen internationalen Partner in den Annex eingebracht wurden. Während die meisten Projekte zumindest einen tlw. Schwerpunkt auf Effizienz legen, sind auch Erschwinglichkeit, Flexibilität und Kompaktheit angestrebte Ziele. Dies wird dazu beitragen, die Entwicklung von marktorientierten CCB-Paketen zu beschleunigen, die einem breiten Kundenkreis effiziente erneuerbare Wärme und Kälte bieten. Die nachstehende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die einzelnen Projekte und ihre wichtigsten strategischen Schwerpunkte bzw. den System-Archetyp (siehe Abschnitt 5.2.4).

Tabelle 2: Übersicht über alle Forschungsprojekte, die in den Annex 55 eingebracht wurden

Projektitel	Institution (Land)	Status	Strategie / Archetyp	Beschreibung/Zielsetzung
Energy4buildings	Fachhochschule Burgenland (AUT)	Abgeschlossen	Effizienz	Entwicklung eines HiL-Prüfstands mit Schwerpunkt auf elektrisch betriebenen Wärmepumpen und Kältemaschinen
HybridHeat4San	TU Graz, Institut für Wärmetechnik (AUT)	Abgeschlossen	Effizienz	Entwicklung und Analyse eines hybriden Heizsystems (Außenluft-Wärmepumpe + PV) für Raumheizung und

Projekttitlel	Institution (Land)	Status	Strategie / Archetyp	Beschreibung/Zielsetzung
				Warmwasserbereitung für sanierte Einfamilienhäuser mit Radiatorenheizung
HYBUILD	AIT (AUT)	Abgeschlossen	Effizienz, Kompaktheit	Entwicklung zweier innovativer hybrider Strom-/Wärmespeichersysteme für autonome und quartiersgebundene Gebäude
CCB Perspektiven für Canada	NRCan (CA)	Laufend	Leistbarkeit, Kompaktheit	Entwicklung eines CCB-Systems mit Luft-Luft-Wärmepumpe, Heiz- und Kühlfunktion, kompakter Bauweise und hoher Effizienz in kaltem Klima
Smart-CASE-NZEB	Hochschule München (DE)	Laufend	Effizienz, Flexibilität	Integration eines Latentwärmespeichers in eine Wärmepumpe für netzdienliche Zwecke wie Spitzenlastreduzierung, Lastverschiebung und Netzintegration von erneuerbaren Energien
Low charge heat pump circuit using propane	Fraunhofer ISE (DE)	Laufend	Kompaktheit	Entwicklung einer Wärmepumpe mit dem Kältemittel Propan mit maximaler Füllmenge von 150 g
CCB Lösungen für Schweden	RISE (SE)	Laufend	Flexibilität, Leistbarkeit	Entwicklung von Konzeptlösungen für drei Arten von CCBs, mit Schwerpunkt auf integraler Gestaltung, einfacher Installation, Regelung und Erschwinglichkeit
Smart Community Demonstration	UK	Abgeschlossen	Leistbarkeit, Flexibilität	Demonstrationsprojekt, in dem in Greater Manchester in 550 Gebäuden Gaskessel mit Wärmepumpen ersetzt wurden
Wärmepumpendaten aus dem Renewable Heat Premium Payment (RHPP) Scheme	UK	Abgeschlossen	Energieeffizienz	Groß angelegter Feldversuch mit Wärmepumpen in UK, der sich aus dem Förderprogramm RHPP ergeben hat
Freedom project	UK	Abgeschlossen	Energieeffizienz, Flexibilität	Einsatz von hybriden Heizsystemen (Gas und Wärmepumpe) mit einem aggregierten Demand-Response-Steuerungssystem; Untersuchung der Vorteile für die VerbraucherInnen, das Netz, den CO <sub>2</sub> Ausstoß und das Energiesystem
CHESS SETUP	UK	Laufend	Energieeffizienz, Leistbarkeit	Demonstrationsprojekt mit einer Kombination aus PV, PVT, Wasser-Wasser-Wärmepumpe, Batterie und Erdwärmequelle/Saisonalpeicher
Ulster University terrace street	Ulster University (UK)	Laufend	Energieeffizienz,	Direkter Ersatz einer Heizung mit fossilen Brennstoffen durch eine

Projekttitlel	Institution (Land)	Status	Strategie / Archetyp	Beschreibung/Zielsetzung
			Flexibilität, Leistbarkeit	Luftwärmepumpe bei bestehender Radiatoren-Heizung
Low Cost PCM	ORNL (USA)	Laufend	Leistbarkeit	Identifizierung, Bewertung und Entwicklung von Technologien zur Speicherung thermischer Energie mit Phasenwechselmaterialien (PCM), für Heiz- und Kühlsysteme in Gebäuden
Wärmepumpe mit integriertem thermischem Speicher	ORNL (USA)	Laufend	Flexibilität, Energieeffizienz	Bewertung einer neuartigen Speicherkonfiguration mit einem Phasenwechselmaterial (PCM), das in das Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungssystem (HVAC) eines Gebäudes integriert wird
Wärmepumpe mit unterirdischem Speicher	ORNL (USA)	Laufend	Energieeffizienz, Kompaktheit	Entwicklung einer unterirdischen Wärmebatterie, die einen flachen Erdwärmetauscher mit großem Durchmesser mit einem hybriden thermischen Speichersystem verbindet, das Wasser und Phasenwechselmaterialien (PCM) zur Speicherung von Heiz- und Kühlenergie verwendet

Auf der Grundlage der Arbeiten im Annex wurden einige allgemeine Schlussfolgerungen zu CCB-Systemen gezogen. Es ist anzumerken, dass diese Schlussfolgerungen auf den Ergebnissen der durch die teilnehmenden Partner in den Annex eingebrachten Projekte beruhen und daher nicht als umfassend, oder allgemein auf jede CCB anwendbar, angesehen werden können. Dennoch liefern sie nützliche Erkenntnisse in Bezug auf die entsprechenden CCB-Archetypen.

#### Wärmepumpe

- Eine optimierte, systematische Planung ist erforderlich: Die Fähigkeit der Wärmepumpe, thermische Energie angemessen zu speichern und Spitzen zu verschieben, erfordert eine gute Abstimmung zwischen der Wärmepumpenkapazität, der Speichergröße und allen damit verbundenen Komponenten (z. B. Wärmetauscher). Es ist wichtig, das Systemkonzept als Ganzes zu entwickeln und Komponenten mit den richtigen Kapazitäten zu verwenden, die leicht integriert und angeschlossen werden können. Bei der Systemauslegung sollte die Norm-Außentemperatur berücksichtigt werden. Die richtige Dimensionierung der Rohrleitungen für die Fußbodenheizung sollte ebenso gewählt werden wie die optimale Vorlauftemperatur. Das Bewusstsein der Endnutzer und Installateure für Wärmepumpenanlagen, ihre Besonderheiten und ihre Performance muss verbessert werden.
- Größe der Wärmepumpe: Wenn die Wärmepumpe unterdimensioniert ist, braucht sie lange für die Beladung des thermischen Speichers und es ist sogar schwierig, eine Lastverschiebung für Spitzenzeiten zu erreichen. Eine Überdimensionierung der Wärmepumpensysteme und eine falsche Regelungsstrategie führen zu sehr kurzen Laufzeiten und häufigem Start-und-Stopp-Betrieb. Als Faustregel gilt z.B. in Kanada, dass pro 5 kW thermischer Leistung ein Wärmespeicher

mit 14 kWh Kapazität installiert wird. In den Niederlanden beträgt die Größe der Wärmepumpe bei einer typischen Wohnanwendung 4-5 kW mit 180 Litern Wärmespeicher.

- (Elektrische) Zusatzheizung: Die Integration einer Zusatzheizung ist nicht immer erforderlich. In den Niederlanden ist das Klima z.B. nur mäßig kalt und der Einsatz einer Zusatzheizung ist nicht üblich. Diese kann den Gesamtwirkungsgrad des Systems erheblich verringern, so dass es besser ist, das System so zu gestalten, dass es möglichst ohne diese Komponente auskommt.

### Speicherung

- Die Größe des Speichers ist entscheidend: Größere Einheiten lassen sich nur schwer in Wohnungen integrieren, da der Platz im dafür vorgesehenen Raum des Gebäudes oft begrenzt ist. Die Unterbringung des Speichers im Freien in einem kalten Klima (wie in Kanada) könnte zu Problemen mit dem Einfrieren des sekundären Wärmeträgers führen, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden.
- Es ist wichtig, zwischen thermisch geschichteter Speicherung und Speicherung mit Phasenwechselmaterial (PCM) zu unterscheiden. PCM ermöglicht feste Arbeitstemperaturen, die auf der Grundlage der Betriebsbedingungen der Wärmepumpe gewählt werden, was die Gesamtleistung erhöhen kann. Darüber hinaus können PCM die Speichergröße je nach Medium erheblich reduzieren: bei Salzhdraten um etwa die Hälfte und bei Paraffinen um zirka 1/4.
- Speichergröße und Flexibilität stehen in engem Zusammenhang: eine größere Speicherkapazität (z. B. Warmwasserspeicher) kann zu mehr Flexibilität beim Strombedarf führen, aber auch zu höheren Wärmeverlusten.

### Regelung und Performance

- Die gängige Praxis sind regelbasierte Steuerungen (Rule Based Control, RBC). Sie werden wegen ihrer Einfachheit und guten Wirksamkeit in den meisten Installationen bevorzugt. Prädiktive RBC könnten eine mögliche Verbesserung der einfachen RBC sein, wobei die Komplexität bei der Implementierung und Abstimmung begrenzt bleibt.
- Die CCB kann auch durch externe Signale aus dem Netz gesteuert werden, wie z. B. bei Demand-Response (DR). Der Speicher der CCB kann es ermöglichen, die Anforderungen des Netzes zu erfüllen und gleichzeitig den Komfort aufrecht zu erhalten.
- Eine maßgeschneiderte Steuerung, die das Nutzerverhalten (Lastplanung) und die Gebäudemerkmale (thermische Masse, vorhandene Verschattungen usw.) berücksichtigt, birgt ein großes Potenzial zur Senkung des Energiebedarfs im Falle größerer Anwendungen oder von Systemen mit Wärmeabgabesystemen mit hoher thermischer Masse.
- Schwierigkeiten beim Vergleich und bei der Quantifizierung der Performance: Zwar können Wärmeübertragungsraten und Speicherkapazitäten bewertet werden, aber es besteht ein eindeutiger Bedarf an wirksamen Messgrößen, die zum Vergleich verschiedener Systeme, Standorte und Anwendungen verwendet werden können.

### Allgemeine Design-Aspekte

In dieser Kategorie werden einige relevante Fragen gesammelt, die sich auf breitere Anwendungen beziehen, einschließlich der CCB zusammen mit anderen Komponenten als der Wärmepumpe, dem Speicher und deren Steuerung.

- Hybride Anlagen (d.h. mit mehreren Erzeugern wie Wärmepumpen und Heizkesseln): Die Verwendung hybrider Systeme in Verbindung mit den Gebäude-Speichermassen ermöglicht eine breite Palette von Optimierungsstrategien.

- Bei komplexen Systemen mit Energiespeichern (sowohl Wärmespeicher als auch Gebäudehülle) mit großer thermischer Trägheit (z. B. thermisch aktivierte Gebäude, TABs) sind modellprädiktive Regelungen erforderlich.
- CCB in Verbindung mit PV können bei richtiger Dimensionierung und Steuerung mit 100 % Eigenverbrauch arbeiten.
- Eine korrekte Datenerfassung ist für das ordnungsgemäße Funktionieren des Gebäudeautomationssystems von entscheidender Bedeutung und ist im Falle komplexer Systeme mit mehreren interagierenden Komponenten, aktivierter thermischer Masse und vorhandenen Managementstrategien erforderlich.

### 5.2.3. WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung

Auf internationaler Ebene wurde eine Analyse bestehender Normen zur Bewertung der Leistung der in CCBs enthaltenen Komponenten durchgeführt. Ziel dabei war es Defizite bestehender Normen sowie Optimierungsvorschläge, um diese zur Leistungsbewertung von CCBs heranziehen zu können, aufzuzeigen. International existieren verschiedene Normen und Vorschriften, welche einzelne Komponenten von CCBs berücksichtigen. Nachfolgend ist ein Auszug des State-of-the-Art bestehender Normen in Europa, Kanada, China und der USA dargestellt.

#### Europa:

- Normen zu Prüfverfahren und Leistungsbewertung von Wärmepumpen und deren Komponenten
- Normen bezüglich Geräuschemissionen von Wärmepumpen
- Vorschriften in Zusammenhang mit der Leistung/Effizienz von Wärmepumpen (Ecolabel/Ecodesign)
- Normen, die sich auf Komponenten von CCBs (Speicher, Steuerung) beziehen
- Normen in Zusammenhang mit der CCB-Anwendung (z.B. Energieeffizienz von Gebäuden, Gebäudeautomation, Passivhaus)

#### Kanada:

- Normen zur Prüfung der Leistung von Wärmepumpen mit variabler Kapazität oder von Wärmepumpen mit Speicher (z.B. Warmwasserbereiter)

#### USA:

- ASHRAE, AHRI, US DOE Testmethoden und Anforderungen an die Leistung von Wärmepumpen, Klimaanlage und Speichersystemen

#### China:

- Normen bezüglich Wärmepumpen und Speichersysteme

Relevante Normen, welche zur Bewertung der Leistung/Effizienz von CCBs herangezogen werden können, wurden anhand folgender Kriterien verglichen:

- Standort der Messung (Innenraum, Außenbereich, in-situ)
- Art der Randbedingungen (stationärer Zustand, Lastprofil, Simulation)
- Testrandbedingungen (Temperaturen, Strömung)
- Output
- Referenzklima
- Dauer der Testsequenz
- Anwendung
- Berücksichtigte Komponenten
- Validität

Der Vergleich bestehender Normen auf europäischer Ebene zeigt, dass diese keine Berechnungsmethoden enthalten, die sowohl Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung als auch Flexibilität in Form von Regelstrategien beinhalten. Lediglich die Norm EN 16147 umfasst sowohl die Wärmepumpe, die Speicherung als auch die Regelung, bezieht sich aber ausschließlich auf die Warmwasserbereitung. Sie könnte als die Norm angesehen werden, die am ehesten zur Bewertung von CCBs geeignet ist. Um jedoch auch die Wärme- und Kälteerzeugung einzubeziehen, sollte die Prüfmethode an die Raumwärme-/Kältebedarfslast angepasst werden - eine Definition repräsentativer Prüflasten für den Wärme- und Kältebedarf ist erforderlich. In der derzeitigen Form erfordert die Prüfmethode einen langen Prüfzeitraum, wodurch hohe Kosten der Durchführung entstehen. Je umfangreicher bzw. komplizierter das System, desto mehr Tests sind erforderlich. Dies ist unvermeidlich, soweit möglich sollte die Komplexität des Prüfstandes reduziert werden. Häufig ist es besser, auf Standardlasten zurückzugreifen als zusätzliche Simulationen heranzuziehen, da diese den Zeitaufwand für Standardtests zu sehr erhöhen.

In den USA existieren derzeit, ähnlich wie in Europa, keine Normen, welche direkt zur Bewertung von CCBs angewendet werden können. ANSI/ASHRAE-Standard 206-2013 (RA 2017) legt Verfahren zur Prüfung von Multifunktionswärmepumpen für die Raumklimatisierung und Warmwasserbereitung in Wohngebäuden fest. Diese Norm enthält keine Leistungsbewertung für thermische Speicher und Lastverschiebung. Die Norm kann erweitert werden, um die aktive Wärmespeicherung für die Warmwasserbereitung einzubeziehen. Weitere Erweiterungen sind erforderlich, um andere Funktionen, wie die Speicherung von Wärmeenergie für die Raumkühlung und Raumheizung, einzubeziehen. Die ASHRAE-Norm 221P beschreibt eine Methode zur Messung der Kühl- und Heizleistung eines installierten HLK-Systems vor Ort. Die Norm gilt für einheitliche HLK-Systeme mit Zwangsluftverteilung. Sie enthält keine Leistungsbewertung von Wärmespeichersystemen oder von HLK-Systemen mit hydraulischen Systemen wie Heizkörpern oder Gebläsekonvektoren. Diese Norm könnte nützliche Anhaltspunkte für die Messung der Leistung von CCBs vor Ort liefern, wenn sie um Methoden zur Bewertung der Wärmespeicherkapazität sowie der Lade- und Entladeleistung (z. B. Temperatur der Versorgungsflüssigkeit aus dem Wärmespeicher und Dauer der Entladung der gespeicherten Energie bei der gewünschten Temperatur) erweitert wird.

Die Herausforderungen bei der Bewertung von CCBs hängen mit folgenden Punkten zusammen:

- Schwierigkeit der Darstellung aller Komponenten einer CCB und insbesondere deren dynamisches Verhalten. Die Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens ist wichtig für eine realistische Leistungsbewertung als auch für die Bewertung der Energieflexibilität.
- Bestehende Normen vernachlässigen das dynamische Verhalten des Systems sowie die Steuerung. Letzteres ist besonders in Bezug auf Speichersysteme wichtig, da Lade- und Entladevorgänge instationär sind, so dass die Berücksichtigung der dynamischen Leistung der Wärmepumpe und Speichersysteme bei der Bewertung der Energieeffizienz erforderlich ist.
- Die Energieflexibilität wird in keiner der bestehenden Normen berücksichtigt. Aufgrund dessen, dass diese von den inneren und äußeren Randbedingungen abhängig ist, ist die Quantifizierung dieser schwierig. Die Energieflexibilität wird unter anderem durch die Energiespeicherkapazität (das Produkt aus Energiespeicherdichte und Speichervolumen) und die Qualität der Energiespeicherung (d. h. die Temperatur der gespeicherten Energie) bestimmt. Die Energiespeicherkapazität wird durch die Fähigkeit und Funktionalität der Wärmepumpe beeinflusst. Sowohl Wärmepumpe als auch Speicher sollten bei der Bewertung der Energieflexibilität berücksichtigt werden.
- Smart-Grid-Readiness: Um die Energieflexibilität einer CCB nutzen zu können, insbesondere im Falle der Teilnahme an Demand-Response-Programmen, ist es wichtig, dass die CCB mit verschiedenen vor Ort installierten Systemen und/oder mit der Gebäudeautomatisierung und -

steuerung und/oder mit externen Teilnehmern (z. B. Versorgungsunternehmen, Aggregatoren usw.) kommunizieren kann. Zurzeit existieren keine klar definierten Protokolle und Standards, die von allen Anbietern verwendet werden, was die Möglichkeit der Interkonnektivität dieser Systeme einschränkt.

Nachfolgend werden Vorschläge für die Überarbeitung bestehender Normen zur Leistungsbewertung von CCBs aufgelistet:

- Erarbeitung von Lösungen für die Identifizierung fehlender Komponentenleistungen, wie z. B. die Schichtung des Wärmespeichers und die Wärmeverluste von Kombispeichern, die in der Realität keine einheitliche Temperatur aufweisen. Die Temperaturschichtung des Speichers ist ein entscheidender Faktor für die Gesamteffizienz einer CCB.
- Implementierung von dynamischen Testverfahren für Heizungsanlagen, die nicht nur die Bestimmung der saisonalen Effizienz, sondern auch der Emissionsfaktoren am Prüfstand ermöglichen.
- Implementierung von Kommunikationsprotokollen für die CCB zur Kommunikation mit Demand-Side-Management-Signalen der Netzbetreiber, der Prognose der thermischen Gebäudelasten und anderen Signalen/Eingängen zur Optimierung der Steuerung der CCB. AHRI 1380 kann als Referenz für die Kommunikationsprotokolle von Demand Response (DR)-fähigen HLK-Geräten verwendet werden.

#### 5.2.4. WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung

An vielen Standorten könnte die Markteinführung von Wärmepumpen realisiert und beschleunigt werden, wenn die Wärmepumpen in CCBs integriert wären. D. h. integrierte Kombinationen aus Wärmepumpen, Energiespeichern und Steuerungen, die optimal zusammenarbeiten, auf den Markt kommen würde. Je nach den tatsächlichen Haupthindernissen und -treibern an einem bestimmten Standort (Land oder Region) werden jedoch unterschiedliche Strategien zur Umsetzung empfohlen. Zusätzlich wird empfohlen generell vier verschiedene Archetypen von CCBs bezüglich ihres primären Designziels zu unterscheiden: leistbare, flexible, kompakte oder energieeffiziente CCB.

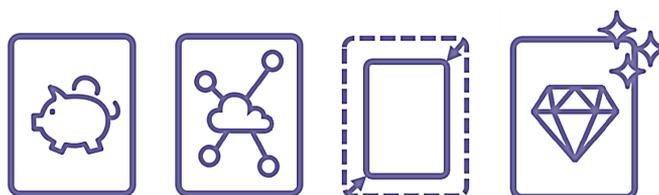


Abbildung 5.8: Definierte Archetypen von CCBs. Von links nach rechts: Leistbarkeit, Flexibilität, Kompaktheit und Energieeffizienz.



##### Leistbarkeit

Um eine massive Einführung von Wärmepumpen (integriert in CCBs oder nicht) zu erreichen, muss eine Marktnachfrage geschaffen werden. Dazu muss zunächst einmal ein vernünftiger Business Case für den Endverbraucher vorliegen, zumindest was die Lebenszykluskosten im Vergleich zu weniger nachhaltigen konkurrierenden Alternativen angeht.

Wenn die **laufenden Kosten** im Vergleich zu konkurrierenden, weniger nachhaltigen Alternativen **zu hoch** sind, lautet die Empfehlung an die *politischen Entscheidungsträger*:

- Eine Steuerverlagerung vorzunehmen, d.h. die Steuer auf Kraftstoffe, die CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, zu erhöhen und die Steuer auf Strom zu senken
- Schaffung von Anreizen, z. B. Subventionen, zur Sanierung von Gebäuden, um den Gesamtheizbedarf und damit die Betriebskosten zu senken

Wenn die Betriebskosten niedrig oder akzeptabel sind, das Haupthindernis aber in den **hohen Anschaffungskosten** besteht:

- Die Empfehlung an die *politischen EntscheidungsträgerInnen* lautet, den EndverbraucherInnen Zuschüsse für Investitionen in saubere Heizungsanlagen zu bieten.
- Die Empfehlung an *Versorgungsunternehmen* und *HerstellerInnen* lautet, alternative Geschäftsmodelle für den Einsatz einer Wärmepumpe oder eines CCB als Hauptheizgerät anzubieten, z. B. Mietmodelle oder Leasing von Geräten.

Falls die **Gesamtlebenszykluskosten zu hoch** sind (unabhängig davon, ob sie von hohen Betriebs- oder Anschaffungskosten abhängen), lautet die Empfehlung an die *HerstellerInnen*:

- Die Produkte "ausreichend effizient" zu gestalten, keine zusätzlichen Funktionen hinzuzufügen und sich auf die Massenproduktion einer begrenzten Anzahl von Modellen zu konzentrieren.
- Die Produkte sollten "plug-and-play" sein, um die Installations- und Wartungskosten zu minimieren.

**Darüber hinaus wird sowohl den *politischen EntscheidungsträgerInnen* als auch den *HerstellerInnen* folgendes empfohlen:**

- den Aufbau von Kapazitäten zu gewährleisten, um InstallateurInnen und andere an der Wertschöpfungskette der Komfort- und Klimaboxen Beteiligte zu schulen.



### **Flexibilität**

Ein massiver Ausbau von Wärmepumpen wird an einigen Standorten zu einer zusätzlichen Belastung des Stromnetzes führen. Um dieses Hindernis zu überwinden, könnte eine Lösung darin bestehen, (einen großen Teil der) Wärmepumpen in CCBs zu integrieren, die auf eine Optimierung der Flexibilitätsleistung ausgerichtet sind.

Wenn die **verfügbare Stromerzeugungskapazität zu bestimmten Zeiten ein Problem darstellt**, entweder aufgrund mangelnder verfügbarer Produktions- und/oder Übertragungskapazitäten oder aufgrund eines hohen Anteils an erneuerbarer, aber intermittierender Stromerzeugung im Mix usw.

Die Empfehlung an die *politischen Entscheidungsträger* lautet wie folgt:

- Förderung der Energiespeicherung in Gebäuden
- Entwicklung und Überarbeitung von Kennzeichnungssystemen zur Förderung sauberer Heizlösungen, die das Stromnetz ausgleichen könnten
- Investitionen in die elektrische Infrastruktur - sowohl in das Netz als auch in die Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien

Die Empfehlung an die *Versorgungsunternehmen* lautet:

- Einführung von Tarifen, die den Betrieb des Heizsystems außerhalb der Spitzenzeiten fördern
- die EndverbraucherInnen oder Verbraucherorganisationen darüber zu informieren, wie sie ihre Energierechnung beeinflussen können, indem sie sich am Stromkapazitätsmarkt beteiligen und Anreize zur Nachfragesteuerung/Flexibilität schaffen

- Zeitlich stabile und harmonisierte Preisstrukturen (über Regionen und Länder hinweg)
- Untersuchung neuer Finanzierungsmöglichkeiten für Komfort- und Klimabox-Lösungen wie Mietmodelle, Leasing usw.
- Schaffung einer besseren Verbindung zu Installateurinnen von Wärmepumpen und Komfort- und Klimabox-Lösungen

Die Empfehlung an die *AggregatorInnen*:

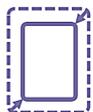
- Suche nach neuen Finanzierungsmöglichkeiten für Komfort- und Klimabox-Lösungen wie Mietmodelle, Leasing usw.
- Informieren Sie die EndverbraucherInnen oder Verbraucherorganisationen darüber, wie sie ihre Energierechnung beeinflussen können, indem sie Teil des Stromkapazitätsmarktes werden und Anreize zur Nachfragesteuerung/Flexibilität schaffen.

Die Empfehlung an die *HerstellerInnen* lautet wie folgt

- Neue Wege der Finanzierung von Komfort- und Klimaboxen zu erforschen, wie z.B. Mietmodelle, Leasing, etc.
- Regelungsstrategien für Komfort- und Klimaboxen für Kombinationen mit Photovoltaik und intelligenten Netzen zu entwickeln.
- Machen Sie Ihre Produkte "plug-and-play".
- Standardisieren Sie Ihr Kommunikationsprotokoll (offen).
- Erwerben Sie mehr Wissen über Energiespeicherung und Solarenergie.

Die Empfehlung an die *Normungsorganisationen*:

- Entwickeln Sie Standards für die Kombination von Wärmepumpen, Energiespeichern und integrierter Steuerung.
- Entwickeln Sie Standards für Kommunikationsprotokolle.



### **Kompaktheit**

In einigen Ländern oder Regionen ist der Platzmangel eines der Haupthindernisse für die Akzeptanz von Wärmepumpen als Heizgeräte. Eine Lösung zur Überwindung dieses Hindernisses wäre die Einführung von (einem großen Teil der) Wärmepumpen, die in CCBs integriert sind, die auf eine Optimierung der Kompaktheit ausgerichtet sind.

Die wichtigsten Empfehlungen an die *Hersteller* lauten:

- die CCB so kompakt wie möglich zu gestalten
- die Produkte zu "verpacken".
- Begrenzung des Volumens des Energiespeichers und Nutzung der Möglichkeit, die Gebäudekonstruktion als Wärmespeicher zu nutzen



### **Effizienz**

Der Archetyp "Effizienz" entspricht am ehesten einem herkömmlichen hochwertigen Wärmepumpen-/Speichersystem, das heute auf dem Markt zu finden ist. Die bisher umgesetzten politischen Maßnahmen haben die Entwicklung hocheffizienter Wärmepumpen, die in einem breiten

Betriebsbereich arbeiten können, vorangetrieben. Dieser Schwerpunkt und diese Umsetzungsstrategie haben die Technologie zu ihrem heutigen Status geführt, wo sie von politischen Entscheidungsträgern anerkannt und von der IEA als die am häufigsten verwendete Heiztechnologie für Gebäude in einem Netto-Null-Emissionsszenario empfohlen wird.

Die anderen drei Archetypen bzw. Umsetzungsstrategien wurden bisher weniger häufig durch Forschung, Produktentwicklung, Normung oder politische Maßnahmen gezielt gefördert. Daher muss diesen Umsetzungsstrategien in Zukunft von allen Beteiligten mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### **Weitere Empfehlungen**

Neben den rein rationalen wirtschaftlichen und technischen Argumenten gibt es noch andere Gründe und Hindernisse, die Endverbraucher dazu bewegen, sich für eine Wärmepumpe zu entscheiden - ob sie nun in eine CCB integriert ist oder nicht -, die einige Aufmerksamkeit erfordern. Vielerorts steigt das Bewusstsein für den Klimawandel, aber das Wissen über Wärmepumpentechnologien als eine der Lösungen ist möglicherweise gering.

Falls das Bewusstsein für diese Technologie gering ist:

- Den politischen EntscheidungsträgerInnen wird empfohlen, in Informationskampagnen zu investieren, um sowohl die EndverbraucherInnen als auch neue GeschäftsentwicklerInnen und InvestorInnen zu informieren.
- Die Empfehlung an die HerstellerInnen lautet, die EndnutzerInnen darüber zu informieren, dass die Komfort- und Klimaboxen ein Multidienstleister sein können - sie können Komfort - Heizung, Warmwasser und Kühlung - anbieten. Darüber hinaus können sie die Möglichkeiten der Endverbraucher verbessern, ihre Heiz-/Stromkosten zu beeinflussen. Außerdem wird sie den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der EndverbraucherInnen verringern.

## **5.3. Publikationen**

### **5.3.1. Publikationen der nationalen ProjektpartnerInnen**

Präsentationen bei der ENOVA 2020 im Rahmen des IEA HPT ANNEX 55 Workshops am 26.11.2020:

- J. Emhofer (AIT), "*HYBUILD Continental Concept ...a Future Comfort Climate Box solution?*"
- F. Ochs (UIBK), "*Techno-ökonomische Analyse einer PH-Sanierung eines EFH mit einem Passivhauskompaktgerät*"
- A. Heinz (TUG), "*HybridHeat4San: Hocheffiziente Kombination von Photovoltaik und Außenluft-Wärmepumpe für sanierte Wohngebäude*"
- T. Schoberer (FHB), "*Energy4Buildings: Energy4buildings: Feldmessung anhand eines EFH mit PV-gekoppelter leistungsvariablen Erdreichwärmepumpe*"
- T. Guttman (AIT), "*Bestehende Lösungsstrategien und Geschäftsmodelle für CCBs (Alternative assessment metrics, Trademarking/Labeling, Energy supply contracting)*"

Präsentationen bei der 13<sup>th</sup> IEA HP Conference, 26. 4. 2021, Jeju, Korea:

- Guttman T., Schoberer T., Haglund-Stignor C., Emhofer J., "*Diffusion barriers and strategies for heat pump systems with integrated storage and photovoltaic in Austrian 1-2 family dwellings: an*

*explorative investigation for the IEA HPT Annex 55/ECES annex 34", In: "Proceedings of the 13th IEA Heat Pump Conference", 26.04.2021 - 29.04.2021, Jeju, Korea, 2021.*

**Synopsis:** In dieser Arbeit wurden die wichtigsten Barrieren von Komfort- und Klimaboxen (CCBs) im österreichischen 1-2-Familienwohnungssegment untersucht. CCBs sind integrierte Systeme, die eine Wärmepumpe, elektrische und thermische Speicher sowie eine PV-Integration beinhalten. Die Studie verfolgte einen zweistufigen Ansatz: Zunächst wurden 11 problemzentrierte Stakeholder-Interviews durchgeführt und mittels quantitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Anschließend wurde eine Stakeholder-Befragung durchgeführt, um die subjektive Relevanz, der in den Interviews identifizierten Barrieren, zu bewerten. Die Ergebnisse lieferten 45 Barrieren, die wiederum in 6 Kategorien eingeteilt wurden. Es konnten verschiedene Diskrepanzen in der Relevanzwahrnehmung von Marktbarrieren zwischen den Stakeholdergruppen festgestellt werden. Insbesondere zwischen Forschern und wichtigen Marktakteuren gab es deutliche Unterschiede. Es wird deshalb empfohlen, die Forschungsagenden stärker an die Wahrnehmungen der Marktakteure auszurichten, da diese Akteure einen genauen Einblick in das Marktumfeld für CCBs haben.

Präsentationen bei der Cold Climate HVAC & Energy 2021, 20-21.4.2021, Tallinn, Estland:

- Monteleone W., Ochs F., Drexel C. und Rothbacher M.: Modular split-type heat pump with compact and silent façade-integrated outdoor unit, HVAC 2021, Veröffentlicht online: 29 March 2021, DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124606008>

**Synopsis:** Für zukünftige Gebäude (nZEBs gemäß EPBD) werden effiziente und kostengünstige Heizsysteme mit einem hohen Anteil an erneuerbarer Energie benötigt. Wärmepumpen gelten als eine der Schlüsseltechnologien im Gebäudesektor. Allerdings ist die Quellenausnutzung insbesondere in hochverdichteten Wohngebieten stark eingeschränkt. Dementsprechend bietet der Markt in Österreich derzeit keine echten Alternativen zu Gas- oder Elektrokesseln in Wohnungen. Split-Heizgeräte mit geringer Leistung können kompakt und kostengünstig gebaut werden und bieten somit neue Möglichkeiten. Eine echte Alternative stellen Split-Wärmepumpen jedoch nur dann dar, wenn die Akzeptanz durch verbesserte Modularität, Design, architektonisch ansprechende Integration in die Gebäudehülle und reduzierte Schallemissionen verbessert werden kann. Ziel des österreichischen FFG-Forschungsprojektes FitNeS ist die Entwicklung und Optimierung von modularen Split-HKWs mit kompakten und geräuscharmen fassadenintegrierten Außengeräten. Das Konzept zeichnet sich durch eine modulare Bauweise mit hohem Vorfertigungsgrad aus und stellt eine optisch und architektonisch ansprechende, wirtschaftliche und nachhaltige Lösung sowohl für Neubauten als auch für Sanierungen dar. Anhand der technischen und nicht-technischen Randbedingungen werden verschiedene Konzepte von fassadenintegrierten Außengeräten hinsichtlich Design, Fassadenkonstruktion, Zugänglichkeit (für Wartung), Bauphysik, Effizienz etc. entwickelt und bewertet.

Geplante Publikation im IEA HP Magazine:

- Guttman T., Emhofer J.: *Key barriers and strategies for the diffusion of Comfort Climate Boxes in the Austrian 1-2 family housing segment*, geplante Publikation in IEA HP Magazine.  
**Synopsis:** In diesem Artikel werden die Ergebnisse einer explorativen Studie aus dem Jahr 2020 vorgestellt, die sich mit den Verbreitungsbarrieren von Wärmepumpensystemen mit integriertem

Speicher und Photovoltaik in österreichischen 1-2-Familienhäusern sowie mit Lösungen zu deren Überwindung beschäftigt. Mittels Experteninterviews und ergänzender Literatur wurden 45 Barrieren identifiziert. Anschließend wurde eine Umfrage durchgeführt, um die Relevanz dieser Barrieren für verschiedene wichtige Stakeholder-Gruppen zu ermitteln. Schließlich wurden die von allen Gruppen als am relevantesten eingestuften Hindernisse in einem Stakeholder-Workshop diskutiert. Der Workshop verfolgte zwei Ziele: erstens, die Schwierigkeit und Wichtigkeit (Priorität) der Überwindung dieser Hindernisse zu ermitteln, und zweitens, mögliche Lösungsstrategien zu diskutieren. Die Diskussion führte sowohl zu politischen als auch zu branchenbezogenen Empfehlungen.

### 5.3.2. Publikationen der internationalen ProjektpartnerInnen

Die finalen Berichte des internationalen IEA HPT Annex 55 stehen seit September 2022 auf: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex55/> zur Verfügung. Die finalen Berichte in englischer Sprache umfassen sieben Einzelberichte:

- **Rahmenbericht für das gesamte Projekt** (Final Report Annex 55: Comfort & Climate Box – towards better integration of heat pumps and storage.)  
**Synopsis:** Laut dem IEA-Bericht "Net Zero by 2050 - A roadmap for the global energy sector" (2021) ist einer der definierten Meilensteine, dass bis 2025 keine neuen Heizkessel für fossile Brennstoffe verkauft werden" und dass 50 % des Wärmebedarfs im Jahr 2045 durch Wärmepumpen gedeckt wird". Um dies zu erreichen, muss der Bestand an installierten Wärmepumpen von 180 Millionen Einheiten im Jahr 2020 auf 600 Millionen Einheiten im Jahr 2030 weltweit ansteigen. Wärmepumpen müssen mit einer Energiespeicherlösung kombiniert werden, die vielseitiger ist als der herkömmliche Warmwasserspeicher. Die Herausforderung besteht darin, nach den ersten Anwendern eine viel größere Gruppe von Verbrauchern zu gewinnen, die nicht besonders technikaffin oder umweltbewusst ist. Diese Gruppe ist nicht an der Technologie als solcher interessiert, sondern wünscht sich ein komfortables Haus, eine warme Dusche, ein kompaktes Plug & Play-Paket und eine erschwingliche Energierechnung. Daher sind die Integration von Wärmepumpe und Speicher, aber auch die Integration in das Haus, persönliche Vorlieben und das (intelligente) Stromnetz wichtige Punkte, die berücksichtigt werden müssen.
- **Bericht über den Marktstatus von CCBs in den einzelnen Ländern** (Final Report Part 2 IEA HPT Annex 55 – Market Status in Participating Countries)  
**Synopsis:** Dieser Bericht gibt einen Überblick über den Marktstatus von CCBs in allen teilnehmenden Ländern. Er basiert auf den Beiträgen der Teilnehmer und den Diskussionen in den Arbeitsgruppensitzungen. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Vermittlung von Hintergrundinformationen über den CCB-Markt, aber auch auf der "Bewertung" der Märkte auf der Grundlage der neun Qualitätskriterien und der Suche nach optimalen Umsetzungsstrategien. Viele der hier dargestellten Informationen beruhen auf den persönlichen Kenntnissen und Einschätzungen der Kontaktpersonen aus den einzelnen am Annex beteiligten Ländern. Daher sollte der Inhalt dieses Berichts nicht als offizielle politische Erklärung der jeweiligen Länder verstanden werden.
- **Bericht über Feldtests** (Final Report Part 3 IEA HPT Annex 55 – Field Trial Results)  
**Synopsis:** In diesem Bericht werden Einzelheiten über CCB-Feldversuche gesammelt, die in mehreren der teilnehmenden Annex-Länder stattgefunden haben. Der Zweck dieser Sammlung ist es, durch reale Implementierungen im Feld die grundlegenden Funktionalitäten,

die in einer CCB benötigt werden, Probleme bei der Installation, Überlegungen zur Systemgröße und zur Benutzerinteraktion zu beleuchten. Es werden Projekte aus Kanada, Österreich, den Niederlanden, dem Vereinigten Königreich und der Türkei präsentiert.

- **Bericht über die technischen Rahmenbedingungen für CCBs in den einzelnen Ländern** (Final Report Part 4 IEA HPT Annex 55 – Technical Boundary Conditions in Participating Countries)  
**Synopsis:** Dieser Bericht gibt einen Überblick über die technischen Rahmenbedingungen für CCBs in den teilnehmenden Ländern. Als solcher ergänzt er die Länderberichte, die in Teil II der Annex-Berichtsreihe behandelt werden.
- **Bericht über Forschungsprojekten an CCBs in den einzelnen Ländern** (Final Report Part 5 IEA HPT Annex 55 – Research Projects)  
**Synopsis:** Dieses Dokument gibt einen Überblick über die Forschungsprojekte, die im Rahmen des Annex 55 durchgeführt wurden, ergänzt durch einige frühere Ergebnisse, die sich auf die Arbeiten im Rahmen dieses Annexes beziehen. Viele der Forschungsprojekte laufen noch (Stand: Juli 2021). Für diese Projekte wurden vorläufige Ergebnisse präsentiert. Weitere Ergebnisse sind für die Jahre 2021 und 2022 zu erwarten.
- **Bericht über Normen in Bezug auf CCBs** (Final Report Part 6 IEA HPT Annex 55 – Standards)  
**Synopsis:** Die Comfort Climate Box (CCB) wird im Rahmen des Annex 55 als "ein integriertes System, bestehend aus einer Wärmepumpe und einem/mehreren Speicher mit einer optimierten Regelung" definiert. Oberstes Ziel des Annexes ist es, die Entwicklung von CCBs zu beschleunigen und CCBs dem Verbrauchermarkt näher zu bringen, wobei der Schwerpunkt auf der optimalen Integration der CCB-Komponenten liegt, die ihre beste Leistung erreichen können, wenn sie gemeinsam für bestimmte Aufgaben optimiert werden. Angesichts der Tatsache, dass es sich bei der CCB um eine Zusammenstellung von Komponenten/Systemen mit unterschiedlichen Merkmalen handelt, wird hier kritisch bewertet, wie es möglich ist, die CCB-Leistung unter Berücksichtigung aller Aspekte zu bewerten, und es wird analysiert, ob bestehende Normen die Integration von Komponenten in die CCB abdecken können.
- **Strategieplan für CCBs** (Final Report Part 7 IEA HPT Annex 55 – Roadmap)  
**Synopsis:** Die bisher unternommenen Anstrengungen zur Förderung des Einsatzes von Wärmepumpentechnologien haben zu wachsenden Märkten und effizienteren Produkten geführt, aber es sind weitere Anstrengungen erforderlich. Es gibt noch viele Hindernisse, aber auch eine Reihe von Faktoren, von denen man profitieren könnte. Dieser Bericht diskutiert diese Hindernisse und Chancen für CCBs und Wärmepumpen allgemein.

und

- **eine Kurzfassung in englischer Sprache** (IEA HPT Annex 55 Executive Summary – Comfort & Climate Box – towards better integration of heat pumps and storage)  
**Synopsis:** Laut dem IEA-Bericht "Net Zero by 2050 - A roadmap for the global energy sector" (2021) ist einer der definierten Meilensteine, dass bis 2025 keine neuen Heizkessel für fossile Brennstoffe verkauft werden" und dass 50 % des Wärmebedarfs im Jahr 2045 durch Wärmepumpen gedeckt wird". Um dies zu erreichen, muss der Bestand an installierten Wärmepumpen von 180 Millionen Einheiten im Jahr 2020 auf 600 Millionen Einheiten im Jahr 2030 weltweit ansteigen. Wärmepumpen müssen mit einer Energiespeicherlösung kombiniert werden, die vielseitiger ist als der herkömmliche Warmwasserspeicher. Die Herausforderung besteht darin, nach den ersten Anwendern eine viel größere Gruppe von Verbrauchern zu gewinnen, die nicht besonders technikaffin oder umweltbewusst ist. Diese Gruppe ist nicht an der Technologie als solcher interessiert, sondern wünscht sich ein komfortables Haus, eine warme Dusche, ein kompaktes Plug & Play-Paket und eine erschwingliche Energierechnung. Daher sind die Integration von

Wärmepumpe und Speicher, aber auch die Integration in das Haus, persönliche Vorlieben und das (intelligente) Stromnetz wichtige Punkte, die berücksichtigt werden müssen.

# 6 Vernetzung und Ergebnistransfer

## 6.1. Zielgruppen und Kommunikation der direkten Ergebnisse aus dem IEA HPT Annex 55

Zielgruppen des IEA HPT Annex 55 waren v.a.

- Wärmepumpen- und SpeicherherstellerInnen,
- InstallateurInnen und PlanerInnen von Wärmepumpenanlagen und Speichern,
- Energieversorgungsunternehmen,
- AggregatorInnen
- sowie politische EntscheidungsträgerInnen.

Diese Zielgruppen wurde unter anderem durch Vorträge bei Fachtagungen und Konferenzen (ENOVA 2020, Heat Pump Conference 2021), in denen die zum jeweiligen Datum vorliegenden Erkenntnisse aus dem Projekt präsentiert wurden, in das Projekt eingebunden. Vor allem im Rahmen des Annex 55 Workshops bei der ENOVA 2020 gab es zahlreiche Gelegenheiten, mit einigen VertreterInnen dieser Zielgruppen direkt in Kontakt zu treten und die präsentierten Erkenntnisse zu diskutieren bzw. sich auch Input für den Annex von diesen Zielgruppen zu holen.

Zudem ist eine Publikation im IEA Heat Pump Magazine geplant in dem auf die Diffusionsbarrieren für CCBs im österreichischen Markt eingegangen wird. Über dieses Magazin sollen v.a. WärmepumpenherstellerInnen, InstallateurInnen und PlanerInnen, sowie politische EntscheidungsträgerInnen erreicht werden.

Zusätzlich zu den direkten Ergebnissen aus dem IEA HPT Annex 55 werden laufend verschiedenste nationale Zielgruppen durch die Disseminationstätigkeiten bzw. durch die direkte Einbindung in CCB-relevanten Projekten (bspw. *HYBUILD*, *HybridHeat4San*, *Testing and Evaluation of Passive House Compact Heat Pump Units* oder *energy4buildings*) informiert.

## 6.2. Relevanz und Nutzen der Ergebnisse

Die gemeinsam im internationalen Annex erarbeitete Übersicht und Bewertung von relevanten Normen für CCBs kann als Grundlage für eine zukünftige Norm bzw. Ecodesign-Richtlinie dienen.

Die erarbeitete Roadmap für eine erfolgreiche Umsetzung von CCBs beinhaltet Interessensgruppenspezifische Empfehlungen, um die verschiedenen CCBs erfolgreich in den Markt zu bringen.

Im Rahmen der Publikation bei der Heat Pump Conference 2021 (Guttmann, 2021) wurden zudem die Unterschiede in der Wahrnehmung von Markteintrittsbarrieren für CCBs zwischen österreichischen WärmepumpenherstellerInnen und InstallateurInnen herausgearbeitet. Auf Basis dieser Ergebnisse können in Zukunft die Produkte stärker in die Richtung der von den InstallateurInnen wahrgenommenen Barrieren entwickelt werden. Zudem können auch Lösungen, die seitens der WärmepumpenherstellerInnen bereits existieren, aber noch nicht bekannt sind, stärker in Richtung InstallateurInnen kommuniziert werden.

## 6.3. Verwertung der Ergebnisse

Es gibt zahlreiche konkrete Vorstellungen und Vorhaben zur Übertragung von Projekterkenntnissen in die Gesetzgebung, Normung und die FTI-Politik. Als Basis dafür dienen vor allem die erarbeitete Roadmap und die Diskussion über bestehende Normen und deren Anwendung auf CCBs. Aufgrund der

langen Umsetzungszeiträumen werden die Erkenntnisse aus dem IEA HPT Annex 55 jedoch erst in einigen Jahren in der Gesetzgebung und Normung umgesetzt sein.  
An der Definition eines möglichen Folge-Annex für Kühlanwendungen wird derzeit gearbeitet.

# 7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

## 7.1. Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die Schlussfolgerungen aus dem nationalen und internationalen Projekt arbeitspaketspezifisch zusammengefasst.

### 7.1.1. WP 1 – Aktuelle Marktlage und Systemtypen

Es gibt mehrere Faktoren, die den aktuellen Stand des Marktes in den Ländern beeinflussen, wie z.B. die Entwicklung des Wärmepumpenmarktes, politische Faktoren, der Gebäudebestand oder das Klima. In allen teilnehmenden Ländern sind bereits verschiedene Arten von Wärmepumpen auf dem Markt. Die Präsenz lokaler WärmepumpenherstellerInnen und die Förderung des Technologiebewusstseins erhöhen die Marktdurchdringung von Wärmepumpen und CCBs. Politische Impulse können dazu beitragen, den Markt anzukurbeln, insbesondere wenn die politischen Ziele durch Subventionen oder sogar Verpflichtungen für HausbesitzerInnen oder BauherrInnen unterstützt werden. Allgemeine Schlussfolgerungen über Haustypen und die optimale Wahl von CCBs sind schwer zu ziehen, da sich die Haustypen von Land zu Land, aber auch innerhalb der Länder zwischen städtischen und suburbanen Gebieten unterscheiden. In Klimazonen, in denen die Kühlung dominiert, finden Luft-Luft-Wärmepumpen mehr Anwendung während in kälteren Klimazonen Wasser- und Erdwärmepumpen häufiger anzutreffen sind.

Als allgemeine Schlussfolgerung lässt sich jedoch feststellen, dass die Bedeutung der verschiedenen CCB-Aspekte (die Qualitätskriterien) in den teilnehmenden Ländern sehr unterschiedlich bewertet werden. Gleichzeitig werden auch die Fortschritte, die bei der Erfüllung der wichtigsten Kriterien bereits erzielt wurden, in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich bewertet. Zusammengenommen bedeutet dies, dass es sich lohnen wird, lokal spezifische Forschungs- und Förderziele für CCB-Technologien zu definieren, um die notwendige Marktentwicklung in den einzelnen Ländern zu erleichtern. Insbesondere die Energieeffizienz scheint in den meisten Ländern nicht das wichtigste Qualitätskriterium zu sein, während lokale Markteignung, Smart-Grid-Integration, KundInnenakzeptanz und eine bessere Integration von Speicher- und Wärmepumpen-Komponenten im Allgemeinen mehr Aufmerksamkeit erfordern.

Es gibt einige Unterschiede bei den Energiespeicherkonzepten oder der Wahrnehmung. Der Zweck des Einsatzes von Wärmespeichern in Verbindung mit Wärmepumpen wird in der Regel als Akkumulator oder Reservetank angesehen. Die Rolle der Wärmespeicherung zur Schließung der Lücke zwischen Angebot und Nachfrage bei erneuerbaren Energien oder anderen Flexibilitätsoptionen wird strukturell übersehen und/oder zu wenig genutzt. Thermische Kältespeicher, die die vor allem in Nordamerika und Südostasien anzutreffenden Mehrfachstromtarife nutzen, fallen nicht in den Anwendungsbereich des aktuellen CCB-Annexes, werden aber wahrscheinlich in einen künftigen Annex für CCB-Lösungen für warme und feuchte Klimazonen aufgenommen. Wärmespeicherung in Phasenwechselmaterialien (PCM) kann sehr gut in das CCB-Konzepte passen, vor allem wegen der erreichbaren Kompaktheit. Batterien (meist Li-Ionen) werden in einigen CCB-Systemen mit PV-Anlagen verwendet.

Die größten Hindernisse für CCB in den teilnehmenden Ländern sind niedrige Kosten für Gas und Heizkessel, schwankende Gaspreise, steigende Strompreise, Lärmpegel, regionale Unterschiede im Kohlenstoffgehalt des Netzes und hohe Kosten für importierte Wärmepumpen, die durch schwankende Wechselkurse beeinflusst werden. Die Schwankungen bei den Strompreisen über den

Tag werden als zu gering gesehen, um die Kosten für eine zusätzliche Wärmespeicherung zu rechtfertigen.

Es zeigt sich, dass die Nutzung von Wärmepumpen und Wasserspeichern auf den Märkten aller teilnehmenden Länder möglich ist. Das Interesse an verschiedenen Kombinationen von PV-Batterien-Wärmespeichern-Wärmepumpen wie im CCB-Konzept zur Maximierung der Integration erneuerbarer Energien nimmt zu, ist aber noch nicht gängige Praxis. Weitere Entwicklungen im Hinblick auf Flexibilität und Kompaktheit können mit kombinierten Lösungen aus PV und PCM erreicht werden. Integriertes Design und Steuerung sind die Hauptmerkmale, die für eine flexible Anbindung an das Stromnetz erforderlich sind. Die heutigen Wärmepumpen müssen in Bezug auf die Konstruktionsparameter für eine integrierte Konstruktion und Steuerung möglicherweise noch weiterentwickelt werden. Cybersicherheit wird bei fortschrittlichen Steuerungssystemen immer wichtiger.

Für die meisten Wärmepumpen wird behauptet, dass sie für den Einsatz im intelligenten Stromnetz vorbereitet seien, aber dies wird nicht praktiziert und es gibt noch keine standardisierten Anwendungen.

Die Nachfrage nach Raumkühlung steigt sogar in Ländern mit kaltem Klima. An das Erdreich gekoppelte Wärmepumpen können passive Kühlung über die Bohrlöcher oder aktive Kühlung durch Nutzung der kalten Seite des Wärmepumpenkreislaufs bieten. In Ländern mit warmem Klima kann eine effizientere Kühlung mit Wärmepumpen bei hohen Außentemperaturen auch durch Erdkopplung erreicht werden. Weitere Entwicklungen für eine integrierte Konstruktion und einfache Installation für solche Kühlzwecke sind erforderlich.

### **7.1.2. WP 2 - Funktionsmuster- /Prototypenentwicklung**

Die internationale Zusammenarbeit im Annex hat gezeigt, dass in den einzelnen Ländern teilweise unterschiedliche Anforderungen an CCB-Systeme vorhanden sind. Die Forschungsprojekte der TeilnehmerInnen haben unterschiedliche Schwerpunkte und verfolgen unterschiedliche Ziele gemäß den definierten System-Archetypen (Leistung, Flexibilität, Kompaktheit, Energie-Effizienz).

Im Annex wurden einige allgemeine Schlussfolgerungen zu CCB-Systemen gezogen, wobei diese auf den Ergebnissen der eingebrachten Projekte beruhen und daher nicht als umfassend, oder allgemein auf jede CCB anwendbar, angesehen werden können. Diese umfassen einerseits die Komponenten (Wärmepumpe, Speicher), aber vor allem auch die Regelung und allgemeine Design-Aspekte bzw. das Zusammenspiel der CCB mit anderen Systemen bzw. dem Wärmeabgabesystem.

Die Effizienz eines CCB-Systems ist nicht nur von den verwendeten Einzelkomponenten, sondern in sehr hohem Ausmaß auch von der Regelung und der Systemintegration des Gesamtsystems abhängig. In diesem Zusammenhang besteht die Notwendigkeit, geeignete Prüfverfahren und Bewertungssysteme für CCB-Systeme zu entwickeln, die nicht nur die Effizienz von Einzelkomponenten bewerten, und eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Systeme gewährleisten.

### **7.1.3. WP 3 - Prüfungen und Normungsvorbereitung**

Die Analyse relevanter Normen und Ergebnisse aus Referenzprojekten zeigte, dass es derzeit keine gesamtheitlichen Regelungen für CCBs gibt, sondern Kennzahlen zumeist lediglich auf Komponentenebene ermittelt werden. Vergleicht man die Normen EN 15316, EN 14511, EN 14825, EN 16147 und H5056, so beinhaltet keine dieser Normen gesammelt Heiz- und Kühlbetrieb, Warmwasserbetrieb, Teillastbetrieb und Regelstrategien. Folglich sind diese Normen weniger für eine energetische Beurteilung von CCBs geeignet. Einzig in EN 16147 werden Ansätze zu Smart Control beschrieben, jedoch belaufen sich diese nur auf den Warmwasserspeicher, ohne Berücksichtigung weiterer Teilsysteme oder Teillastverhalten. Der Vergleich bestehender Standards mit den Ergebnissen aus den betrachteten Projekten sowie eine Input-Output-Analyse zeigten, dass sich eine dezidierte Berechnungsmethode für Kennzahlen von CCBs vorerst nicht ableiten lässt und eine gesonderte Betrachtung erfordert.

- Bestehende Normen vernachlässigen das dynamische Verhalten des Systems und berücksichtigen kaum Smart Control- und Flexibilitätsaspekte. Das Zusammenspiel von Wärmepumpe, Speicher und Regelung muss diesbezüglich für eine realistische Leistungsbeurteilung und Bewertung der Energieflexibilität berücksichtigt werden.
- Klimatische Außenbedingungen haben Einfluss auf den Wärmebedarf und müssen für eine energetische Bewertung von CCBs berücksichtigt werden.
- Interaktionen von CCB mit Gebäudebedingungen (Lasten für Raumheizung, Warmwasser, Kühlung, Klimabedingungen, PV- oder Solarthermiedaten, Stromnetz) müssen berücksichtigt werden.
- Die Energieflexibilität wird nach bestehenden Standards nicht in die Bewertung miteinbezogen.
- Smart Grid Readiness: Um die Energieflexibilität eines CCB auszuschöpfen, insbesondere bei Demand-Response-Programmen, ist es wichtig, dass CCBs mit verschiedenen vor Ort installierten Systemen, der Gebäudeautomation, Reglern oder mit externen Parteien (zB. Versorgungsunternehmen) kommunizieren können. Momentan gibt es keine einheitlichen und klar definierten Protokolle und Standards, die von allen AnbieterInnen übernommen wurden und schränkt die Möglichkeit der Interkonnektivität dieser Systeme ein.
- Es müssen Kommunikationsprotokolle für CCBs zur Kommunikation mit Demand-Side-Management-Signalen der Netzbetreiber, der Vorhersage von thermischen Gebäudelasten und anderen Signalen und Eingaben zur Optimierung der Steuerung der CCBs implementiert werden.
- Der Wertigkeit der „Kompaktheit“ eines CCB für seine Integration in Gebäuden wird in bestehenden Normen nicht berücksichtigt. Prüfungen werden meist unter stationären Bedingungen durchgeführt – dies führt zu Einschränkungen hinsichtlich der Prüfmethode, da die interne Regelung der Wärmepumpe vernachlässigt wird. Prüfverfahren, wie in EN 16147, sind sehr komplex und benötigen lange Prüfzeiten, was wiederum hohe Kosten verursacht – je komplexer das System, desto mehr Prüfungen sind erforderlich.

#### **7.1.4. WP 4 - Roadmap/Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung**

Während es zu Beginn des Annex-Projekts keine einheitlichen Definitionen für CCBs gegeben hat, wurden schlussendlich vier Archetypen von CCBs auf internationaler Ebene definiert (Leistungsfähige CCB, Flexible oder smarte CCB, Kompakte CCB oder Höchste Energieeffiziente CCB). Je nach primärer Auslegung des Geräts können CCBs in Zukunft in diese Kategorien eingeteilt werden.

Für jeden dieser Archetypen wurden spezielle Empfehlungen für verschiedene Interessensgruppen ausgearbeitet. Zudem wurden allgemein gültige Empfehlungen für alle CCBs bzw. Wärmepumpensysteme spezifisch für die verschiedenen InteressensvertreterInnen ausgearbeitet (siehe Abschnitt 5.1.4 und 5.2.4).

Diese Empfehlungen sollten in weiterführenden Aktivitäten an die verschiedensten InteressensvertreterInnen weitergegeben werden, um die verschiedenen CCBs erfolgreich in den Markt zu bringen. Zudem wäre eine engere Zusammenarbeit zwischen HerstellerInnen, InstallateurInnen und Forschungsinstituten wünschenswert. Wie sich bei der Auswertung der stakeholder-spezifischen Wahrnehmung der Barrieren für CCBs in Österreich gezeigt hat, gibt es mitunter deutliche Unterschiede in der Wahrnehmung der Barrieren zwischen diesen drei wichtigen Gruppen.

## 7.2. Weiterführende Arbeiten

Derzeit wird ein Folge-Annexprojekt im IEA TCP Heat Pumping Technologies vorbereitet. In diesem Projekt mit dem Arbeitstitel „Comfort and Climate Box Solutions for Warm and Humid Climates“ liegt der Fokus auf dem Kühlbetrieb von CCBs. Dieser Annex ist sehr wichtig für das TCP HPT, da viele neue IEA Mitgliedsstaaten mit steigendem Kühlbedarf an einer Teilnahme interessiert sind.

Obwohl das Projekt primär warme Klimaregionen ansprechen wird sind auch kühlere Regionen, mit nicht zu vernachlässigbaren Kühllasten im Sommer, für von Interesse. Deshalb kann dieser Annex auch für Österreich interessant werden sobald er ausgeschrieben ist.

## 7.3. Empfehlungen für FTI Politik

- **Technologieentwicklung**

Technologieentwicklungen im Bereich von CCBs sollten zumindest einen, besser sogar mehrere, der Archetypen Leistbarkeit, Flexibilität, Kompaktheit oder Energie-Effizienz im Fokus haben. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht bei den bestehenden Technologien v.a. in der Kombination von CCBs mit elektrischen Speichern, der Entwicklung von standardisierten Schnittstellen und der Einbindung in ein Stromnetz mit volatilen Erzeugern.

- **Standardisierung**

Die Effizienz eines CCB-Systems ist nicht nur von den verwendeten Einzelkomponenten, sondern in sehr hohem Ausmaß auch von der Regelung und der Systemintegration des Gesamtsystems abhängig. In diesem Zusammenhang besteht die Notwendigkeit, geeignete Prüfverfahren und Bewertungssysteme für CCB-Systeme zu entwickeln, die nicht nur die Effizienz von Einzelkomponenten bewerten, und eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Systeme gewährleisten.

- **Stärkere Vernetzung zwischen Marktakteuren und Forschung**

In (Guttman, 2021) konnte beobachtet werden, dass es zum Teil deutliche Diskrepanzen in der Relevanzwahrnehmung von Marktbarrieren zwischen Stakeholdergruppen die in die Entwicklung und Vermarktung von CCBs eingebunden sind, gibt. Insbesondere zwischen ForscherInnen und wichtigen MarktakteurInnen gab es deutliche Unterschiede. Es wird deshalb empfohlen, eine stärkere Vernetzung der Forschung mit den MarktakteurInnen, wie InstallateurInnen und HerstellerInnen, zu fördern, da diese AkteurInnen einen genauen Einblick in das Marktumfeld von CCBs haben.

## Literaturverzeichnis

Guttman T., Schoberer T., Haglund-Stignor C., Emhofer J., "Diffusion barriers and strategies for heat pump systems with integrated storage and photovoltaic in Austrian 1-2 family dwellings: an explorative investigation for the IEA HPT Annex 55/ECES annex 34", In: "Proceedings of the 13th IEA Heat Pump Conference", 26.04.2021 - 29.04.2021, Jeju, Korea, 2021.

Guttman T., Emhofer J., „Key barriers and strategies for the diffusion of Comfort Climate Boxes in the Austrian 1-2 family housing segment“, geplante Publikation in IEA HP Magazine.

ÖNORM EN 15316-4-2:2017 12 01 Energy performance of buildings – Method for calculation of system energy and system efficiencies Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems, Module M3-8-2, M8-8-2 (ÖNORM EN 15316-4-2:2005 12 01)

ÖNORM EN 15316-4-3:2017 12 01 Energy performance of buildings – Method for calculation of system energy and system efficiencies Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems, Module M3-8-2, M8-8-2 (ÖNORM EN 15316-4-3:2005 12 01)

ÖNORM EN 14511-1:2020 08 01 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers with electrically driven compressors – Part 1: Terms and conditions (ÖNORM M 7751:1982 10 01)

ÖNORM EN 14511-2:2018 04 15 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers with electrically driven compressors – Part 1: Test conditions (ÖNORM M 7752-2:1982 10 01)

ÖNORM EN 14511-3:2020 08 01 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers with electrically driven compressors – Part 3: Test methods (ÖNORM M 7752-2:1982 10 01)

ÖNORM EN 14511-4:2020 08 01 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers with electrically driven compressors – Part 4: Requirements (ÖNORM M 7751:1982 10 01)

ÖNORM EN 14825:2019 06 15 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling – Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance (ÖNORM CEN/TS 14825:2003 06 01)

ÖNORM EN 16147:2017 08 01 Heat pumps with electrically driven compressors – Testing, performance rating and requirements for marking of domestic hot water units (consolidated version) (ÖNORM M 7751:1982 10 01)

ÖNORM EN 5056-1:2019 01 15 Energy performance of buildings – Part 1: Energy use for heating systems (ÖNORM H 5056:2007 04 01)

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 5.1: Wie wichtig sind die einzelnen Kriterien für die CCB 0? .....	18
Abbildung 5.2: Bis zu welchem Grad sind die Qualitätsziele bei der CCB 2 in Österreich bereits erreicht? .....	18
Abbildung 5.3: Wieviel Entwicklungsarbeit ist noch notwendig um die Qualitätsziele bei der CCB 2 zu erreichen?.....	19
Abbildung 5.4: Schema der HIL-Methode .....	20
Abbildung 5.5: Funktionsschema des in HybridHeat4San betrachteten Systems. ....	21
Abbildung 6: Prinzipskizze des HYBUILD-Systems.....	22
Abbildung 5.7: COP (für die Raumheizung) als Funktion der Umgebungstemperatur entsprechend der Labormessung bzw. nach PH Zertifikat und gemessene COP Haus A und Haus H.....	24
Abbildung 5.8: Definierte Archetypen von CCBs. Von links nach rechts: Leistbarkeit, Flexibilität, Kompaktheit und Energieeffizienz. ....	37

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Tabelle der in den Umfragen am höchsten bewerteter Marktbarrieren. Spalte „D“ zeigt die berechneten Durchschnittswerte der Bewertungen von allen Teilnehmern (sechs Interessengruppen), Spalte „F“ zeigt die Durchschnittswerte aus den Befragungen der Forscher, Spalte „H“ zeigt die Durchschnittswerte der Hersteller und Spalte „I“ zeigt die Durchschnittswerte berechnet aus den Antworten der Installateure.....	27
Tabelle 2: Übersicht über alle Forschungsprojekte, die in den Annex 55 eingebracht wurden .....	31

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abk.</b>	<b>Abkürzung</b>
AIT	Austrian Institute of Technology
AP	Arbeitspaket
ASHP	Air Source Heat Pump (Luftwärmepumpe)
BDH	Business Development Holland
CCB	Comfort and ClimateBox (Komfort und Klimabox)
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl für Wärmepumpen)
DR	Demand Response (Laststeuerung)
ECES	Energy Conservation and Energy Storage
EER	Energy Efficiency Ratio (Leistungszahl für Kälteanlage)
FHB	Fachhochschule Burgenland
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
HIL	Hardware-in-the-Loop
HLK	Heizung, Lüftung, Klimatechnik
HPT	Heat Pump Technology
IEA	International Energy Agency
MVHR	Mechanical Ventilation with Heat Recovery
PCM	Phasenwechselmaterial (Phase Change Material)
PHPP	Passivhaus-Projektierungspaket
PV	Photovoltaik
RBC	Rule Based Control (Regelbasierte Regelung)
RPW-HEX	Kältemittel-PCM-Wasser Wärmeübertrager (Refrigerant-PCM-Water heat exchanger)
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance (Saisonale Leistungszahl)
SSR	Self-Sufficiency Ratio (Autarkiegrad des Systems)
TCP	Technology Collaboration Programme
TUG	Technische Universität Graz
TWW	Trinkwarmwasser
UIBK	Universität Innsbruck
WEG	Wohnungseigentumsgesetz
WP	Work Package (Arbeitspaket)

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge and a horizontal top edge, with a diagonal line connecting the top-left corner to the bottom-right corner.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)