

IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 82: Energie-flexible Gebäude als Teil resilienter, kohlenstoffarmer Energiesysteme

Arbeitsperiode 2020 - 2024

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

30/2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Kontakt zu „IEA Forschungsk Kooperation“: Mag.^a Sabine Mitter

Autorinnen und Autoren:
DI Carolin Monsberger, DI (FH) DI Gundula Weber, Dr. Aurelien Bres (AIT Austrian Institute Of Technology)
DI Dr. Doris Österreicher, DI Dr. Magdalena Wolf, DI Constanze Rzhacek, DI Bernhard Kling (Universität für Bodenkultur Wien - BOKU)
DI Bernhard Derler, DI Armin Knotzer (AEE – Institut für Nachhaltige Technologien: AEE INTEC)

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Wien, 2025, Stand: November 2024

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

Disclaimer:

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

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

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

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

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungsk Kooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) veröffentlicht.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	7
2	Abstract	9
3	Ausgangslage	10
4	Projekthalt	12
	4.1. Ziele bezogen auf den internationalen Annex.....	12
	4.1.1. Der Annex fokussierte auf folgende spezifische Ziele	13
	4.1.2. Struktur und Kooperation im Annex.....	14
	4.2. Einbettung und Fokus des österreichischen Forschungsanteils	15
5	Ergebnisse	19
	5.1. Arbeit an der Definition der Energieflexibilität.....	19
	5.2. Energieflexibilitätpotenziale von Quartieren	21
	5.3. Ergebnisse aus Stakeholder Untersuchungen	24
	5.3.1. Österreich	24
	5.3.2. Ländervergleich Österreich, USA und Belgien	28
	5.3.3. Ländervergleich zum Thema Demand Side Management.....	29
	5.4. Analyse der Geschäftsmodelle und politischen Rahmenbedingungen	31
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	39
	6.1. Zielgruppen im Projekt.....	39
	6.2. Relevanz und Nutzen national und international	40
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	42

1 Kurzfassung

- Ausgangssituation/Motivation

Erfreulicherweise steigt in vielen Ländern der Anteil erneuerbarer Energiequellen (RES) parallel zu einer umfassenden Elektrifizierung des Energiebedarfs. Diese resultiert beispielsweise aus dem Ersatz traditioneller Autos durch Elektrofahrzeuge und der Verdrängung von Öl- und Gasheizungen durch energie-effiziente Wärmepumpen oder Nahwärmenetze. Diese Veränderungen sowohl auf der Nachfrage- als auch auf der Angebotsseite stellen das Management von Energiesystemen vor neue Herausforderungen. Netzbetreiber müssen nun Lösungen entwickeln, um der erhöhten Variabilität und eingeschränkten Kontrolle der Energieversorgung sowie der erhöhten Lastschwankung im Laufe kurzer Zeit entgegenzuwirken. Die Elektrifizierung des Energiesystems droht, die bereits angespannten Grenzwerte für Spitzenlasten und Stabilität in den Netzen zu überschreiten.

- Inhalte und Zielsetzungen

Ein Paradigmenwechsel ist daher notwendig, weg von bestehenden Systemen, bei denen das Energieangebot immer der Nachfrage folgt, hin zu einem System, bei dem die Nachfrage das verfügbare Angebot berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund sollten flexible Energiesysteme eine wichtige Rolle bei einer ganzheitlichen Lösung spielen. Im IEA EBC Annex 82 ersetzen energieflexible Gebäude und Quartiere den traditionellen zentralisierten Ansatz für Produktion, Transport und Vertrieb, indem die Modelle dezentrale Speicherung und Demand Response Aktivitäten in den Energiemarkt integrieren. Es wurden Resilienz-Strategien zur Gewährleistung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung, parallel das Management verteilter Energieressourcen (DERs), Energiespeicher und flexibler Lasten, die an intelligente Verteilungsnetze (elektrische sowie thermische Netze) angeschlossen sind, untersucht, und deren Beitrag zur Energieflexibilität von Gebäudeclustern und Quartieren analysiert.

- Methodische Vorgehensweise

Aus der internationalen Kooperation heraus wurde die Charakterisierungsmethodik energieflexibler Gebäude aus dem IEA EBC Annex 67 weiterentwickelt und auf Quartiere ausgerollt, Demonstrationsquartiere und -modelle analysiert und Stakeholder zur sinnvollen Nutzung und Förderung von Energieflexibilität im Gebäudebereich eingebunden. Dabei wurden Motivation und Hindernisse für die beteiligten Stakeholder analysiert, um festzustellen, wie sie an der Entwicklung praktikabler technischer Lösungen, Kooperations- und Geschäftsmodelle beteiligt sein können.

- Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die wichtigsten internationalen Ergebnisse des IEA EBC Annex 82 werden 2025 in drei internationalen Berichten veröffentlicht:

- D1 Methoden und Bewertungen der Energieflexibilität in Gebäudeclustern und Quartieren
- D2 Überprüfung und Bewertung der Markt-, Politik- und Stakeholderbeteiligung im Rahmen der Energieflexibilität von Gebäuden
- D3 Zusammenfassungsbericht (Sammlung der Ergebnisse des Annex)

Darüber hinaus wurden zahlreiche Verbreitungs-Aktivitäten wie eine internationale Website zum Projekt, Präsentationen auf Konferenzen, Seminaren, das Schreiben von Länder-übergreifenden Artikeln, Tagungen und Summer Schools für während des Annex ausgebildete Doktorand:innen

durchgeführt. Die österreichische Beteiligung unterstützte die Arbeiten mit der Leitung des Subtask C und fachlichen sowie Verbreitungsaktivitäten aktiv.

2 Abstract

- Starting point/Motivation

Fortunately, in many countries, the share of renewable energy sources (RES) is increasing in parallel with an extensive electrification of the energy demand. The electrification of the demand results from for example the replacement of traditional cars with electric vehicles (EVs) or the displacement of fossil fuel heating systems with energy efficient heat pumps. These changes, on both the demand and supply sides, impose new challenges to the management of energy systems. System operators must now design solutions to counter the increased variability and limited control of the energy supply as well as the increased load variation over the day. Energy system electrification also threatens to exceed already strained limits in peak demand and stability.

- Contents and Objectives

A paradigm shift is, thus, required away from existing systems, where energy supply always follows demand, to a system where the demand side considers available supply. Considering this, flexible energy systems should play an important part in a holistic solution. In the IEA EBC Annex 82 energy-flexible buildings and quarters replace the traditional centralized production, transport and distribution-oriented approach, by integrating decentralized storage and demand response into the energy market. In this context, strategies to ensure the security and reliability of the energy supply involve simultaneous coordination of distributed energy resources (DERs), energy storage and flexible schedulable loads connected to smart distribution networks (electrical as well as thermal grids), and their contribution to energy flexibility in building clusters have been analysed.

- Methods

In the international cooperation, the characterization methodology of energy-flexible buildings from EBC Annex 67 have been further developed and rolled out to neighbourhoods, demonstration buildings / clusters and models have been analysed and stakeholders have been involved in the sensible use and promotion of energy flexibility in the building sector. Motivation and barriers for the involved stakeholders were analysed to determine how they can be involved in the development of practicable technical solutions, cooperation and business models.

- Results

The main results of the international cooperation in the IEA EBC Annex 82 will be published in three international reports:

- D1 Methodologies and evaluations of energy flexibility for clusters of buildings
- D2 Review and assessment of market, policy and stakeholder participation in building energy flexibility
- D3 Summary report

In addition, numerous dissemination activities such as an international website on the project, presentations at conferences, seminars, the writing of cross-country articles / papers, conferences and summer schools for doctoral students trained during the Annex have been carried out. The Austrian participation actively supported the work with the lead of Subtask C and technical work as well as dissemination activities.

3 Ausgangslage

Es gibt derzeit sehr viele Aktivitäten auf EU- wie auch auf österreichischer Ebene, die die Flexibilität des Energieangebots und Energieverbrauchs bzw. Energiedienstleistungen, die sich daraus ergeben, zum Thema machen. So wurde zum Beispiel im Projekt SONDER (TU Wien, 2020) versucht, Flexibilität in einer zunehmend digitalen Welt zu bündeln, zu koordinieren und zu steuern und diese auf den Märkten anzubieten. Mit dem Projekt „iWPP-Flex“ erforschte das AIT den flexiblen Betrieb von Wärmepumpen-Pooling zur Flexibilisierung des Energieeinsatzes in Smart Grids (Esterl, 2016). Schon 2015 hat die Energie AG die Bedeutung von Flexibilisierungsmaßnahmen im Stromsystem erläutert (Mair, 2015). In Projekten wie Zukunftsquartier 2.0 (Schöfmann et al., 2022) wurde die Entwicklung eines Konzepts zur netzdienlichen Integration von innovativen (Plus-Energie-) Quartieren mit hoher Vor-Ort-Energieaufbringung in die bestehende Netzinfrastruktur (Strom- und Fernwärmenetz) verfolgt, d.h. es werden auch Projekte stärker bearbeitet, die die Bedeutung der Energieflexibilität im Quartier thematisieren.

Das Projekt „Blockchain Grid“ der Energie Steiermark ging beispielsweise der Frage nach, wie die Netzeinspeisung von Strom, der von unterschiedlichen Erzeugern aus fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen produziert wird, durch die flexible Nutzung von freien Netzkapazitäten optimal umgesetzt werden kann. NutzerInnen soll erlaubt sein, autonom freie Netzressourcen untereinander aufzuteilen. Im Projekt Smart Block Step II Wien wurden neue Kommunikationsstrukturen und Prozessmodelle für die Umsetzung eines „Smart Blocks“ mit Anergienetz unter Berücksichtigung unterschiedlicher WohnungseigentümerInnen-Strukturen liegenschaftsübergreifend erforscht. Energie-Flexibilität spielt hier eine wichtige Rolle.

Bisher war das Thema meist einseitig von der Elektrizitätsseite und vom Markt getrieben ohne große Beteiligung von Gebäuden beleuchtet; von dort stammen auch die ersten Versuche einer Definition dieser Flexibilität, wie die folgende: “On an individual level, flexibility is the modification of generation injection and/or consumption patterns in reaction to an external signal (price signal or activation) in order to provide a service within the energy system” (SGTF, 2015). Derzeit ist aber die Integration von Wärme UND Strom in die Flexibilitätsüberlegungen von Gebäudeclustern und Quartieren, auch unter dem Begriff Sektorkopplung versammelt, ein wichtiges Thema. Einige Projekte von AEE INTEC wie Thermaflex und Stanz+ zeigten in diese Richtung.

Eine lange Reihe von internationalen Forschungsprojekten (EXCESS, E-LAND, MERLON, COLLECTIEF, SYNERGIES oder FLEXGRID) hatten und haben zum Ziel, Flexibilitäts-Potenziale in Gebäuden, Demoquartieren oder lokalen Energiesystemen zu etablieren. Einige weitere wie X-Flex schlugen eine Reihe integrierter Lösungen vor, die eine optimale Kombination dezentralisierter Flexibilitätsressourcen erleichtern sollten. All diese Projekte drehen sich um erneuerbare, lokale Energieerzeugung und Einbindung von energie-flexiblen Dienstleistungen. Allen diesen Projekten ist aber gemein, dass sie auf keiner harmonisierten Definition, was Energieflexibilität auf Gebäudecluster- oder Quartiersebene genau meint und welcher Indikatoren sie sich zur Charakterisierung bedient, aufbauen können. Damit befasste sich dieser IEA EBC Annex 82.

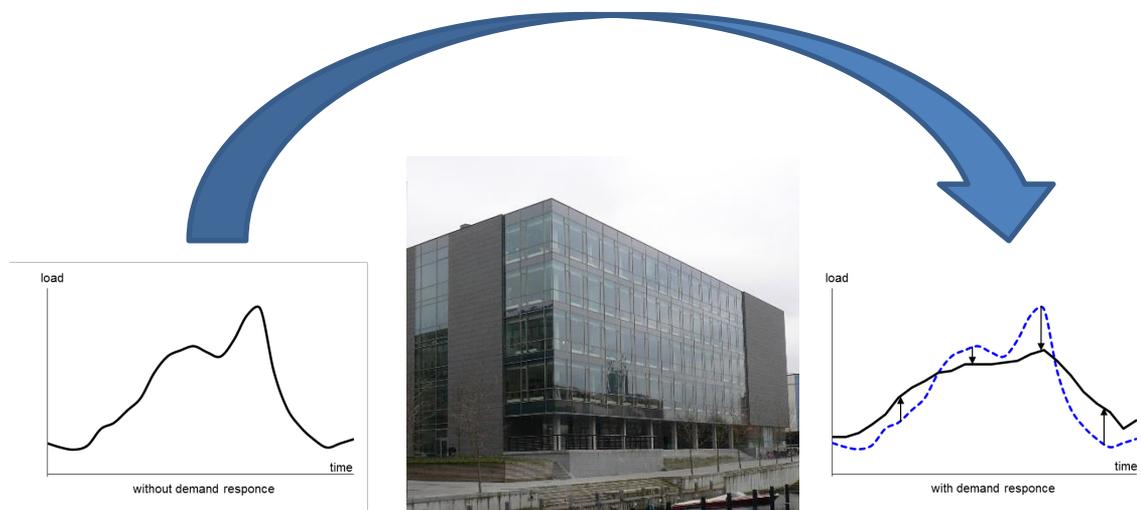
Es gibt nach wie vor wenige Projekte wie etwa Flucco+ oder FluccoSan (FH Technikum Wien, 2024), die die Energie-Flexibilität, die in den Gebäuden und Gebäudeclustern selbst steckt, detailliert in intelligente Strom- und Wärmenetzmodelle einbringen, um diese möglichst gering und ausgeglichen

zu belasten. Das Thema ist immer noch nicht interessant genug, die Energieversorger in Europa aber vor allem in Österreich für das Thema zu interessieren; dies passiert eher in anderen Teilen der Welt, wo die Tarif- und Marktstrukturen viel differenzierter sind als in Europa, das zeigte auch der Annex 82.

Die genauere Betrachtung, wie Wärmenetze auf Gebäudeniveau (z. B. über Bauteilaktivierung) in diese Flexibilisierung mit hineinspielen können, ist nicht zuletzt über die Aktivitäten der österreichischen Beteiligung im IEA EBC Annex 67, Annex 82 und Annex 84 als Auslöser in einigen nationalen Projekten auch untersucht worden. Diese und weitere Flexibilitäten werden mit dem steigenden Anteil an erneuerbaren Energieträgern in der Energieversorgung und in den Netzen wichtiger. Sie bilden die thematische Grundlage, auf der dieser Annex aufbaute.

Die Energieflexibilität kann entweder über ein einzelnes Gebäude oder von Gebäudeclustern angeboten werden. Energieflexible Gebäude und Quartiere sind dabei auf Speicher- und fortschrittliche Steuerungsstrategien angewiesen, um ihre Energieerzeugung oder auch ihren dynamischen Energieverbrauch an die Netze und Nutzer:innen anzupassen. Sie werden dadurch aber auch widerstandsfähiger.

Abbildung 1: Die Energie-Flexibilität von Quartieren wird zur Verschiebung von Leistungsspitzen eingesetzt, d.h. hohe Spitzen im Energieverbrauch während des Tages werden in Zeiten mit niedrigerem Energiebedarf verschoben (Quelle: Søren Østergaard Jensen)



Die künftig gewünschte Verbreitung fluktuierender, erneuerbarer Energiequellen erfordert einen Übergang von der bedarfsgerechten Energieerzeugung zum bedarfsgerechten Energieverbrauch. In der Praxis bedeutet dies, dass der Energieverbrauch flexibler werden muss. Es wird erwartet, dass Gebäude eine zentrale Rolle bei diesem Übergang spielen, bei dem Verbraucher und „Prosumer“ (z. B. Gebäude mit PV) ihre Nachfrage bzw. Produktion modulieren, um die Bedürfnisse der Energienetze zu befriedigen und gleichzeitig die Bewohner:innen der Gebäude in ihrem Komfort zu unterstützen. Dazu soll auch der Smart Readiness Indicator (SRI) beitragen, den die EU erstmals in der Gebäuderichtlinie 2018 vorgestellt hat und bis 2027 zur Vorgabe zumindest bei großen Nichtwohngebäuden machen will.

4 Projektinhalt

Die Potentiale der Energieflexibilität verschiedener Gebäudetypen und wie diese Energieflexibilität beschrieben werden kann, wurden im Projekt IEA EBC Annex 67 „Energie-flexible Gebäude“ untersucht. In dessen abschließender Phase wurden Bereiche aufgezeigt, in denen weitere Arbeiten erforderlich sind, um sicherzustellen, dass die Energieflexibilität von Gebäuden tatsächlich ein Vorteil für beide, die Gebäude und deren Nutzer:innen selbst sowie die künftigen Energienetze, ist. Diese Bereiche können in folgende Gruppen eingeteilt werden, welche Ausgangspunkt zur Bearbeitung sowohl für den gesamten IEA-Annex als auch für die Aufgabenstellung des österreichischen Teilprojektes im Annex sowie der österreichischen Kooperation waren:

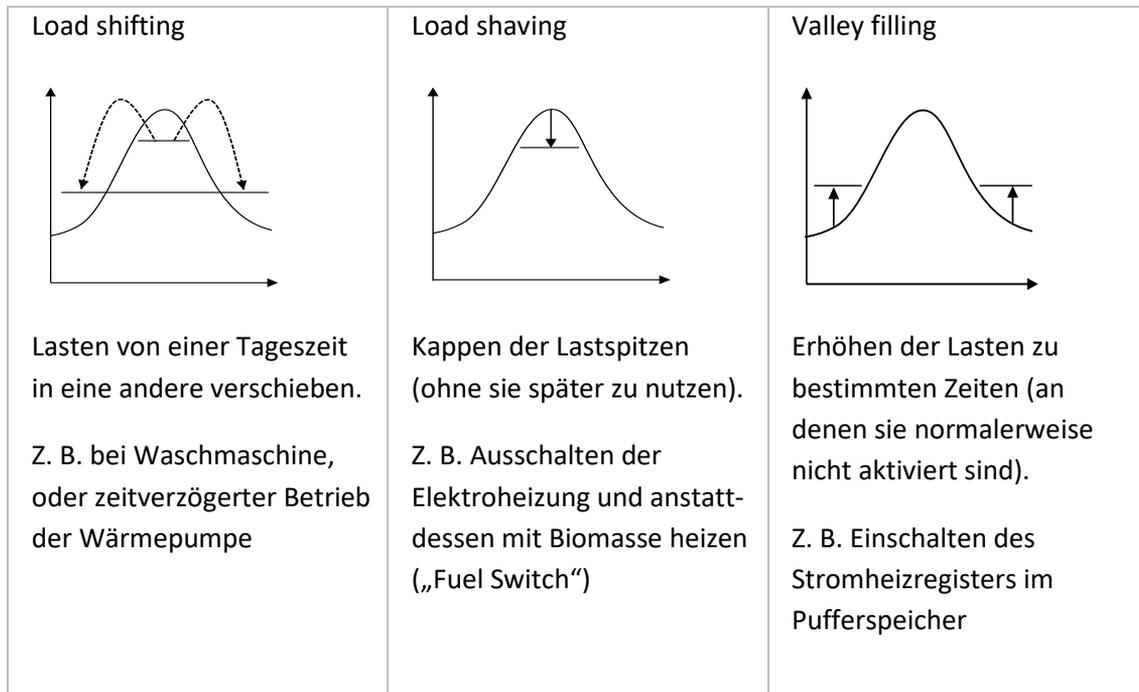
- (1) Skalierung von einzelnen Gebäuden zu Gebäudeclustern (Aggregation);
- (2) Energieflexibilität und Belastbarkeit in Multienergieträgersystemen (v.a. Strom und Fernwärme / Fernkälte, aber auch Gas);
- (3) Akzeptanz und Engagement der Stakeholder; und
- (4) Geschäfts- und Kooperationsmodelle

4.1. Ziele bezogen auf den internationalen Annex

Hauptziel war es, Kenntnis über die Energieflexibilitätsdienstleistungen zu erlangen, die Gebäude und Gebäudecluster für verschiedene Arten von Energienetzen bereitstellen können. Im Zuge des Annex 82 sollte das Wissen über die Hindernisse und Motivation für die beteiligten Stakeholder gesteigert, Geschäfts- und Kooperationsmodelle analysiert werden, um die Energieflexibilität von Gebäuden zu einem Wert für die Resilienz zukünftiger Energienetze zu machen.

Die den Gebäuden innewohnende Energie-Flexibilität soll zur Stabilisierung der Energienetze, und zwar Strom- UND Wärmenetze, genutzt werden, indem ihr Energiebedarf durch intelligente Nutzung und Regelung zeitlich verschoben werden kann (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Die Arten der Lastverschiebung zum Zweck der Flexibilisierung des Energiebedarfs von Gebäuden (Quelle: Lindberg, 2017)



Dadurch wird eine größere Marktdurchdringung der erneuerbaren Energiequellen ermöglicht, was ein weiteres wichtiges Ziel auch der österreichischen Beteiligung und Klimapolitik darstellte (BMNT, 2019).

4.1.1. Ziele

Der Annex fokussierte auf folgende spezifische Ziele

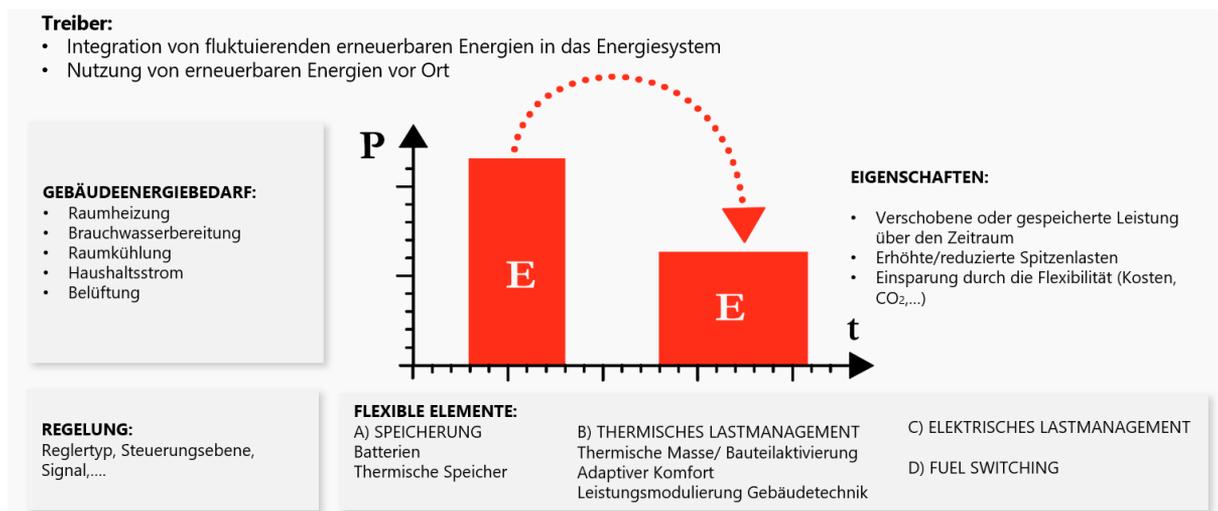
- Untersuchung des aggregierten Potenzials von Energieflexibilitätsdiensten in Gebäuden und Gebäudeclustern, die sich in verschiedenen Multi-Energieträgersystemen mit Möglichkeiten zum Fuel Switch befinden
- Recherche und Demonstration der Energieflexibilität in Gebäudeclustern durch Simulationen, Experimente und Feldstudien
- Erfassung der Hindernisse, Motivationen und Akzeptanz der Stakeholder im Zusammenhang mit der Einführung von Energieflexibilitätsmaßnahmen
- Untersuchung und Entwicklung von Geschäftsmodellen für Energieflexibilitätsdienstleistungen für Energienetze und Aggregatoren
- Analyse politischer Instrumente, der Anreizsysteme und Kooperationsmodelle mit dem Ziel der Formulierung von Empfehlungen an politische Entscheidungsträger und Regierungsstellen, die an der Gestaltung der künftigen Energiesysteme beteiligt sind

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt des IEA EBC Annex 82 war die Erweiterung der im IEA EBC Annex 67 entwickelten Methode zur Charakterisierung energieflexibler Gebäude um Cluster von Gebäuden und Multienergieträgersysteme. Durch die weitere Analyse der flexiblen Eigenschaften

und Elemente (Abbildung 3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), und die Erweiterung des Anwendungsbereichs in Richtung Quartiere, sollten weitere Gebäudeflexibilitäts-Dienstleistungen entwickelt werden.

Kenntnisse über die Motivation der Stakeholder und die Hindernisse sollten die Nutzung der Energieflexibilität von Gebäuden sowie Geschäfts- und Kooperationsmodelle befördern. Daraus sollten Empfehlungen für politische Entscheidungsträger:innen abgeleitet werden.

Abbildung 3: Treiber, Eigenschaften und Elemente der Gebäude-Energieflexibilität im Überblick (Quelle: Tobias Weiss, AEE INTEC)



4.1.2. Struktur und Kooperation im Annex

Die **Gesamtlaufzeit des Annex 82** war bzw. ist November 2019 bis Juni 2025, unterteilt in:

- Definitionsphase: November 2019 bis Juni 2021 („Start-Up- oder Preparation Phase“)
- Projektlaufzeit: Juli 2021 bis Juni 2024 („Working-Phase“)
- Projektabschlussphase: Juli 2024 bis Juni 2025 („Reporting- oder Wrap-Up-Phase“)

In das Programm „Energy in Buildings and Community (EBC)“ der IEA wurde der Annex 82 mit dem Titel “Energy flexible buildings towards resilient low carbon energy systems” 2019 von Søren Østergaard Jensen (Danish Technological Institute, Energy and Building Division) eingebracht, der zu Beginn als “Operating Agent” (OA) fungierte. Der Annex hatte zur wissenschaftlichen Durchführung der Arbeiten und Erreichung der Ziele die folgende **Subtask-Struktur**.

- Subtask A: Aufbau von Clustern und Multienergieträgersystemen für Energieflexibilität und -resilienz
- Subtask B: Gemeinsame Erprobung von Methoden und Fallstudien zur Flexibilitätscharakterisierung

- Subtask C: Akzeptanz und Engagement der Stakeholder
- Subtask D: Entwicklung geeigneter Umsetzungs- und Geschäftsmodelle

Jeder Subtask wurde in verschiedenen Aktivitäten und Arbeitsgruppen weiter unterteilt. Diese haben sich unter dem Dach der Subtask-Leiter:innen (siehe weiter unten) selbst organisiert und oft als Ergebnisse der Zusammenarbeit Papers erarbeitet oder Teile der Ergebnisse in den Deliverables des Annex-Projektes zusammengefasst. Diese werden als Ergebnisse der Arbeit im Frühjahr 2025 veröffentlicht werden – vor allem Deliverable D2 unter starker österreichischer Beteiligung:

- D1 Methodologies and evaluations of energy flexibility for clusters of buildings
- D2 Review and assessment of market, policy and stakeholder participation in building energy flexibility
- D3 Summary report

22 Nationen haben am IEA EBC Annex 82 teilgenommen: Australien, Österreich, Brasilien, Belgien, Kanada, China, Tschechische Republik, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Irland, Italien, Niederlande, Norwegen, Portugal, Spanien, Schweden, Schweiz, Türkei, UK, USA.

Das Leitungsteam setzte sich zuletzt folgendermaßen zusammen:

Operating Agent bzw. Gesamt-Projektleiterin im IEA EBC Annex 82:

Rongling Li, Technical University of Denmark, Denmark

Subtask A Leiter: Rui Amaral Lopes, Nova University of Lisbon, Portugal

Jérôme Le Dréau, La Rochelle University, France

Subtask B Leiter: Gregor Henze, University of Colorado Boulder, USA (from March 2024)

Michaël Kummert, Polytechnique Montréal, Canada (from March 2024)

Subtask C Leiter: Toke Haunstrup Christensen, Aalborg University, Denmark

Armin Knotzer, AEE INTEC, Austria

Subtask D Leiter: Kim Wittchen, Aalborg University, Denmark

4.2. Einbettung und Fokus des österreichischen Forschungsanteils

Die methodische Vorgangsweise im Annex stellt sich aus österreichischer Sicht folgendermaßen dar, und ist natürlich angelehnt an die Untergliederung des Annex in die 4 Subtasks:

In Subtask A wurde vor allem an einer Literaturstudie, als Grundlage zur Weiterentwicklung der bestehenden Methodik auf Gebäudeclusterebene, einer Indikatoren- und SWOT-Analyse, in

verschiedenen Arbeitstreffen gearbeitet. Gefundene Indikatoren sollten in gemeinsam bearbeiteten Simulationsstudien evaluiert und verschiedene Signale zur Aktivierung der Energieflexibilität getestet werden. An der Literaturstudie und Indikatorenanalyse vor allem als Beitrag in der Smart Readiness Indicator Diskussion der EU hat sich Österreich beteiligt.

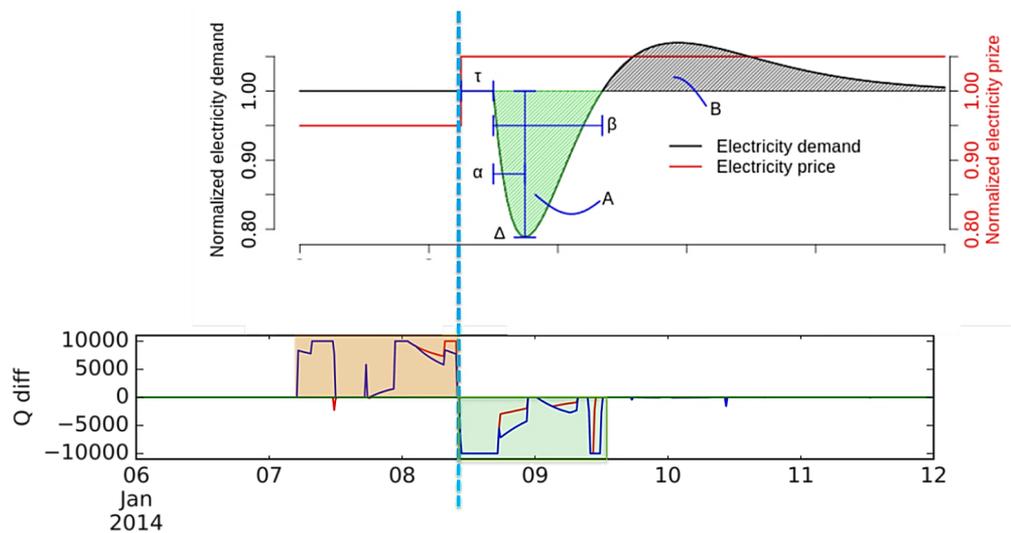
In Subtask B lag der Fokus zwar zuerst auf Multi-Energieträgeranalysen und deren Potenzial für Resilienz, also Sektorkopplungsnetzen und damit versorgten Gebäudeclustern. Von österreichischer Seite wurden dabei zur Analyse von Potenzialen der Energieflexibilität in Energiesystemen, die durch mehrere parallel verwendeten Energieträger und deren Speichermöglichkeiten entstehen, Demonstrationsquartiere eingebracht. Im zweiten Bearbeitungsjahr der „Working Phase“ änderte sich aber die Ausrichtung in Subtask B und fokussierte auf Simulationsstudien in „Common Exercises“ – diese Änderungen wurden seitens der österreichischen Beteiligung nicht mitvollzogen.

Im Subtask C waren es vor allem Analysen von Studien zu Stakeholderbeteiligungen, Untersuchungen zur Nutzer:innenakzeptanz gegenüber Flexibilitätsanwendungen in Gebäuden und Quartieren, sowie neue Kooperationsmodelle wie Energiegemeinschaften zur Nutzung von Energieflexibilität, die hier teilweise in Kooperation mit Subtask D durchgeführt werden. Der Subtask hatte die Untersuchung der Hindernisse, Motivationen und Akzeptanz der Stakeholder und bestehende Politik- und Förderinitiativen im Zusammenhang mit der Einführung von Energieflexibilitätsmaßnahmen in Gebäuden und Gebäudeclustern zum Inhalt. Die Sicht der Stakeholder sollte zur Entwicklung praktikabler technischer Lösungen zur Nutzung der Energieflexibilität sowie der Charakterisierung derselben aus Subtask A und B beitragen. Empfehlungen an politische Entscheidungsträger und Regierungsstellen, die an der Gestaltung der künftigen Energiesysteme beteiligt sind, wurden gemeinsam mit Subtask D erarbeitet. Österreich hat sich mit mehreren Umfragen und der Leitung des Subtask C daran beteiligt.

Subtask D kümmerte sich um die Analyse und Lessons Learned von Geschäftsmodellen zum Beispiel aus internationalen Fallstudien und Dienstleistungen auf dem Markt. Österreich hat hier intensiv mit Fallbeispielen und Daten aus Projekten beigetragen.

Abbildung 4: Kann eine Flexibilitätsfunktion immer mit der Charakterisierungsmethode aus dem IEA EBC Annex 67 (Grafik oben) beschrieben werden, auch wenn es in einem speziellen Fall von

Energieflexibilität in einem Gebäude mit vorausschauender Regelung einen antizipatorischen Effekt (Grafik unten), also eine Art ‘Prebound’-Effekt gibt? (Quelle: Glenn Reynders, EnergyVille)



Die Charakterisierungs- und Gebäude-Labelingmethode aus dem EBC Vorgänger-Annex 67 sollte auch für Österreich evaluiert, weiterentwickelt und auch andere Indikatoren auf Brauchbarkeit analysiert werden. Da diese Aktivitäten aber im IEA EBC Annex 82 vor allem in den „Common Exercises“ erst später im Laufe des Projekts bearbeitet wurden, lag der Fokus der österreichischen Beteiligung von Beginn weg eher auf den Inhalten im Subtask C und D, und Literaturstudien auch für Subtask A.

Die Arbeiten aus der österreichischen Beteiligung im Annex lieferten zum Themenschwerpunkt „Technologien für urbane Energiesysteme“ des 2013 gestarteten „Stadt der Zukunft“- und nun auf TIKS betitelten Programms des BMK, und zu „Smart Grid“ Initiativen in Österreich, wie der Technologieplattform Smart Grids, in der AIT Mitglied ist, wichtige Inputs. AIT, BOKU und AEE INTEC haben in den internationalen Expert:innentreffen sowie in einzelnen Arbeitsgruppen Erkenntnisse aus eigenen wie auch aus anderen Stadt der Zukunft- und Klima- und Energiefonds-Projekten eingebracht.

Die österreichische Beteiligung hat die Arbeiten zur Charakterisierung der Energieflexibilität über Indikatoren zur Definition des nationalen Smart Readiness Indicators (SRI) für Gebäude genutzt. Und dazu verwendet, die Energieflexibilität von Gebäuden zu einem starken Gewicht in der Ausgestaltung des SRI zu machen. Das wurde von BOKU Wien und AEE INTEC garantiert, die beide in einer beratenden Expert:innen-Gruppe des BMK gegenüber der EU, gemeinsam mit dem Österreichischen Institut für Bautechnik, teilnahmen.

Die angewendeten Methoden und die Struktur des Annex haben sich sehr gut bewährt. In der Regel arbeiteten Teilnehmer:innen des Annex in verschiedenen zusammengesetzten Arbeitsgruppen zu bestimmten Themen innerhalb der Subtasks. So gab es zum Beispiel eine Arbeitsgruppe innerhalb des Subtask C, die sich mit der Einbindung von Nutzer:innen der Gebäude in Demand Response Aktivitäten und deren Meinungen dazu über Umfragen widmete – diese Arbeitsgruppen arbeiteten autonom und „produzierten“ eigene Ergebnisse, in diesem Fall trugen die Ergebnisse der genannten Gruppe zu einem wichtigen Kapitel in Deliverable D2 des Annex bei.

Die Erkenntnisse wurden national und international für Regelungsfirmen, IKT- und Energiedienstleister, und für die Forschungs-Community aufbereitet.

5 Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Ergebnisse und Highlights der Arbeiten im IEA EBC Annex 82 beschrieben. Diese beziehen sich vor allem auf die für Österreich gewonnenen Erkenntnisse.

5.1. Arbeit an der Definition der Energieflexibilität

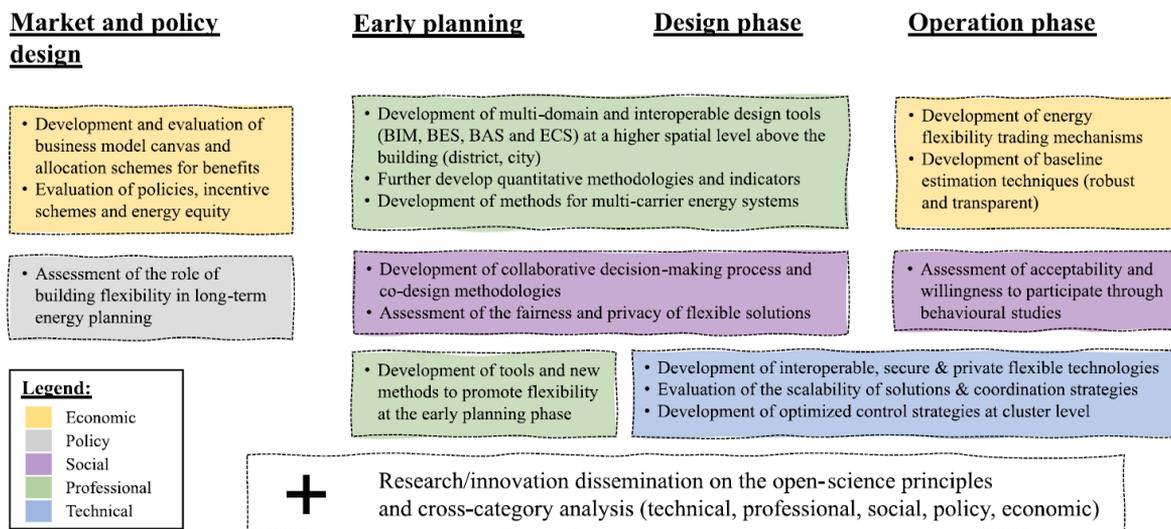
Aus den vier noch offenen und vom IEA EBC Annex 67 „Energie-flexible Gebäude“ abgeleiteten Forschungsbereichen (vgl. Beginn von Kapitel 4) ergibt sich in erster Linie die Frage nach einer klaren Definition von Flexibilität und deren Ausgestaltung, insbesondere auch in mit verschiedenen Energieträgern (Strom, Fernwärme/-kälte, Gas) versorgten und mehrere Gebäude umfassenden Komplexen („Cluster“). Zur Annäherung an die Beantwortung dieser Frage der Definition von Energieflexibilität wurde über den gesamten Projektzeitraum eine Literaturrecherche und -analyse durchgeführt. Die so befüllte Datenbank bietet eine wichtige Grundlage für weiterreichende Forschung im Bereich Umsetzbarkeit von Energieflexibilität im Gebäudebereich, Marktdesign für Flexibilität, regulatorische Rahmenbedingungen sowie Energiemanagement auf operativer Ebene und der Rolle von Aggregatoren.

Im Hinblick auf die praktische Implementierbarkeit von Energieflexibilität wurden als Forschungsgegenstand vor allen Dingen die Hürden bei der Schaffung von Flexibilität ermittelt. Diese Hürden wurden analysiert und den Kategorien Politik, Ökonomie, Technik, Qualifikation und Gesellschaft zugeordnet. Dabei wurden vier Phasen der Planung und Nutzung von Flexibilität beleuchtet:

- die strategische Planung von Flexibilität (Marktdesign und regulatorische Rahmenbedingungen)
- die Integration von Energieflexibilität in der frühen Planungsphase
- die Integration von Energieflexibilität in der Gebäudeentwurfsphase und
- die Betriebsphase

Eine Zusammenfassung der Empfehlungen für weitergehende Forschung je Phase ist in Abbildung 5 ersichtlich. Erkenntnis der Forschung ist, dass mehr Feldstudien und Pilotprojekte notwendig sind, um neue Strategien und Technologien zu entwickeln. Der Erfolg dieser Projekte ist von einer gut abgestimmten Zusammenarbeit zwischen Stakeholdern wie Stadtplaner:innen, Energieversorgern und Bewohner:innen abhängig. Auf technischer Ebene sind Simulationsprogramme sowie auch Building Information Modelling (BIM) zentral, um Potentiale für Energieflexibilität auf Gebäude- und Bezirksebene zu erkennen und Maßnahmen erfolgreich zu implementieren. Die Forschungsarbeit beleuchtet auch Finanzierungsmodelle, um Energieflexibilität für Genossenschaften, Energiedienstleistungsunternehmen und Öffentlich-Private-Partnerschaften darstellen zu können. Dabei wurden Hindernisse aufgezeigt und Lösungen in Form von virtueller Netz-Überwachung und Flexibilitäts-Ausschreibungen beschrieben. Diese Ergebnisse wurden in einer wichtigen, auch mit österreichischer Beteiligung erstellten Publikation von Le Dréau et al. (2023) veröffentlicht.

Abbildung 5: Empfehlungen für weitergehende Forschung je Phase in der Planung bzw. Nutzung von Flexibilitätpotentialen (Quelle: Le Dréau et al., 2023)



Hinsichtlich der Definition von Energieflexibilität im Allgemeinen konnten die österreichischen Teilnehmer:innen eine einfache Methodik zur Berechnung des Smart Readiness Indicator (SRI) sowohl für Einzelgebäude als auch für mehrere Gebäude umfassende Komplexe beitragen (vgl. Märzinger und Österreicher, 2019, sowie Märzinger und Österreicher, 2020). Die Stärken dieser einfachen Berechnung liegen im geringen Informationsbedarf für die Berechnung, die lediglich mit Informationen aus dem Energieausweis und wenigen Zusatzinformationen zu Energiebedarf, Speichergrößen und -effizienz sowie Netzinteraktion des/der betreffenden Gebäude/s auskommt und daher eine gute Anwendbarkeit verspricht. Der SRI wäre damit eine relativ unkomplizierte Erweiterung des Gebäudeenergieausweises.

Weitere Schwerpunkte in der Definition von Flexibilität bilden die Aspekte der Chancen und Risiken von Flexibilität mit Hinblick auf Resilienz, die Modellierung und Ausgestaltung von Flexibilität, die Nutzung von Flexibilitätpotentialen durch adäquate Vorhersagemethoden sowie die Implementierung durch geeignete Steuerungsmechanismen z. B. Preis- oder Emissionssignale, die momentan noch in Bearbeitung durch verschiedene Partner im IEA EBC Annex 82 Projekt sind.

Die teilweise Involvierung der österreichischen Annex 82 Teilnehmer:innen in nationalen Projekten zum Thema Smart Readiness und Energie-Flexibilität zeigt, dass Wissensaufbau und -weitergabe ein unumgänglicher Prozess zur Nutzbarmachung und Vermarktung von Flexibilitätpotentialen und zum intelligenten Energiemanagement in Gebäuden und Stadtquartieren ist. Es wurde daher als zielführend befunden, entsprechende Ressourcen für Ausbildung und Vernetzung von im Gebäudebereich Auszubildenden oder tätigen Expert:innen zur Verfügung zu stellen.

Als Teil des Annex 82 Projekts wurde unter Leitung der KU Leuven und unter Beteiligung der BOKU eine Einreichung für ein Doctoral Network zur Vernetzung und Wissensweitergabe von und an im Gebäudebereich forschenden Studierenden eingebracht, das allerdings abgelehnt wurde. Ziel des Aufbaues eines solchen Netzwerkes ist die Verleihung von Kompetenzen zur Umsetzung neuer Technologien und Methoden für ein sozial und ökologisch verantwortungsvolles Management des gebäudebezogenen Energiebedarfs und Anregung neuer Marktchancen.

Die Teilnahme an den internationalen Expert Meetings bot allen Teilnehmer:innen der österreichischen Projektpartner eine gute Möglichkeit für einen fruchtbaren Austausch mit internationalen Expert:innen auf dem Gebiet der Flexibilitätsnutzung, sowie vielseitige Anregungen für nationale im Gange befindliche Projekte, die sich mit der Definition bzw. der Implementierung des SRI befassen. So wurde man etwa hinsichtlich mehrerer praktischer Aspekte, wie der Optimierung der Auslegung von Batteriespeichern bei der Nutzung von Photovoltaik (mit mehrstufige Prioritäten von elektrischen Verbrauchern), der optimierten Stromnutzung für Wärmepumpen abhängig vom Strompreis oder der optimierten Wärmeerzeugung in Wohngebäuden zur Reduktion der Verbrauchsspitzen (Peak Shaving-Zeiträume) um 6:00 und 16:00 bei gleichzeitiger Reduktion der Rebound Peaks außerhalb der Peak Shaving-Zeiträume sensibilisiert.

5.2. Energieflexibilitätspotenziale von Quartieren

Im IEA EBC Annex 82 wurden international mögliche Demonstrationsprojekte als Fallstudien für spezifische Simulationen mit zu verändernden Parametern und für Auswertungen realer Messungen zusammengetragen. Sie sollten Erkenntnisse zur Beschreibung der Flexibilität von Gebäudeclustern in unterschiedlichen Energienetzen und unter verschiedenen Rahmenbedingungen bringen.

Ergebnisse und Daten aus laufenden und abgeschlossenen nationalen und europäischen Projekten (Powerpack Immobilie II, Sim4Blocks, Flex+) wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für den Annex 82 analysiert. Das Quartier Fuchsloch, das Bestandsgebäude und Neubau kombiniert, und im FFG-Projekt SYSPEQ näher untersucht wurde, diente insbesondere als Fallstudie zur Beschreibung der Flexibilität von Gebäudeclustern. Wärmepumpen sind ein häufig vorkommendes Element in den bisher untersuchten Fällen, das unter anderem die Verwendung von günstigen thermischen Speichermassen zum Ausgleich von Schwankungen auf der elektrischen Seite ermöglicht. Auch scheint die teilweise oder vollständige Substituierung von Gasheizungen durch Wärmepumpen ein relevantes Thema, dessen Potenzial in den Fallstudien untersucht wurde.

Die Literaturanalyse zu den technischen Bedingungen von Flexibilität und Resilienz in Gebäuden und Siedlungen wurde seitens der österreichischen Beteiligung mit Fallstudien unterstützt. Für Subtask D wurde daraus eine Sammlung von Literatur und Case Studies zu Geschäftsmodellen für das Thema Energieflexibilität, u.a. aus den Projekten fit4power2heat und Flex+ erstellt.

Die in den drei als Fallstudien ausgewählten Demonstrationsprojekten (siehe Tabelle 1) eingesetzten und geplanten Technologien sind in ein erstes Technologiescreening eingeflossen.

Tabelle 1: Auswahl an Demonstrationsquartieren und Beschreibung derselben (Quelle: AIT)

Name	Standort	Quartiertyp	Beschreibung	Energieversorgung	Flexibilitäts-potenziale
Quartier Fuchsenloch	1160 Wien	Sanierte Quartiere in Vorstadt-Gebieten.	Das Quartier Fuchsenloch in Wien umfasst 6 Gebäude mit 29 Stiegen. Dieses Quartier wird im FFG-Projekt SYSPEQ untersucht. Besonders interessant für den Annex 82 ist die Ambition, mit der Kopplung von Alt- und Neubauten ein Plus-Energie-Quartier zu realisieren und als Energiegemeinschaft zu betreiben.	Im Bestand: zentrale Gastherme, E-Boiler zur Warmwasserbereitung. Im Sanierungskonzept: Photovoltaik-Anlage, Wärmepumpen mit Tiefenbohrungen.	Pufferspeicher. Energieflexibilität auf Verbraucherseite zu untersuchen.
Quartier Kirchäcker	Eisenstadt, Burgenland	Plus-Energie-Quartiere in Neubaugebieten.	Das Quartier Kirchäcker ist ein neues Wohnquartier mit 350 Wohneinheiten im Bestand und 250 zusätzlichen Wohneinheiten in der Planung. Dieses Quartier wird im FFG-Projekt SYSPEQ untersucht.	Fernwärme mit Fußbodenheizung. Photovoltaik-Anlage (115 kWp).	Pufferspeicher/Warmwasserspeicher. Energieflexibilität auf Verbraucherseite zu untersuchen.
Gebiet Enkplatz	1110 Wien	Sanierte Quartiere in dichten Stadtgebieten.	Drei große Mehrfamilienhäuser mit insgesamt mehr als 600 Wohneinheiten sowie eine Mittelschule (8000 m ² Bruttogeschossfläche) wurden im Rahmen des Europäischen Projekts Smarter Together saniert. Das Energiemonitoring bei Mittelschule wird im ERA-NET-Projekt Digicities fortgeführt.	Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Tiefenbohrungen (auch für Free Cooling verwendet), Fernwärme, thermische Solaranlage, Photovoltaik-Anlage.	Thermische Energiespeicherung in Fußbodenheizung/-Kühlung.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die im Technologiescreening berücksichtigten Technologien und ordnet sie den Beispielquartieren zu, wie sie in den Annex 82 eingebracht wurden. Diese Technologien weisen untereinander vielfältige Wechselbeziehungen auf, die im Annex untersucht wurden. Möglichkeiten zum Fuel Switch bestehen bei Anlagen mit Wärmepumpen und Gasheizung, bzw. Wärmepumpen, Solarthermie und Fernwärme.

Tabelle 2: Überblick der Technologien und deren Zuordnung zu den Demonstrationsquartieren (Quelle: AIT)

Technologie	Kategorie	Quartiere
Flächenheizung und -kühlung	Wärmeübergabe, Speicherung	Gebiet Enkplatz, Quartier Kirchäcker
Heizkörper	Wärmeübergabe	Quartier Fuchsenloch
Fernwärme	Wärmebereitstellung	Gebiet Enkplatz, Quartier Kirchäcker
Gasheizung	Wärmebereitstellung	Quartier Fuchsenloch
Luft-Wasser-Wärmepumpen	Wärmebereitstellung	Quartier Fuchsenloch (Planungsoption)
Sole-Wasser-Wärmepumpen	Wärmebereitstellung	Gebiet Enkplatz, Quartier Fuchsenloch (Planungsoption)
Elektrische Boiler	Wärmebereitstellung	Quartier Fuchsenloch
Solarthermie	Wärmebereitstellung	Gebiet Enkplatz
Photovoltaik	Stromerzeugung	Gebiet Enkplatz, Quartier Kirchäcker, Quartier Fuchsenloch

Beschreibung der Technologien aus den Fallstudien (Tabelle 2) hinsichtlich Flexibilität und Resilienz:

Flächenheizung und -kühlung ermöglichen eine gewisse thermische Aktivierung der Gebäudemasse. Da es sich hierbei um eine passive Speicherung handelt, ist eine optimierte Regelung nicht einfach umzusetzen. Flächenkühlung ermöglicht in Kombination mit Geothermie Free Cooling.

Heizkörper erfordern generell höhere Vorlauftemperaturen als Fußbodenheizung und führen somit zu niedrigeren Leistungszahlen bei Wärmepumpen. In Bestandsprojekte ist zu prüfen, ob eine Senkung der Vorlauftemperatur möglich ist. Eine gezielte Erneuerung von kritischen Heizkörpern kann dabei hilfreich sein. Heizkörper ermöglichen keine wesentliche Wärmespeicherung.

In Gebieten mit Anschlussmöglichkeit ist die **Fernwärme** eine für den Verbraucher einfache und oft wirtschaftliche Option. Die Ausnutzung von Energieflexibilität im Zusammenhang von Fernwärme ist Gegenstand von Forschungsprojekten aber noch wenig verbreitet. Die Verwendung von Fernwärme als Notversorgung (Gebiet Enkplatz) ist für den Netzbetreiber aufgrund des geringen Umsatzes unerwünscht, aber hinsichtlich Resilienz und Emissionen attraktiv. Für die Effizienz der Fernwärme ist auf die Minimierung der Rücklauftemperaturen zu achten.

Gasheizung ist im Bestand sehr verbreitet und weist im Vergleich zu anderen Wärmebereitstellungstechnologien hohe Kohlendioxid-Emissionen auf. Gasheizung wird häufig als Zusatzheizung/bivalente Heizung in Kombination mit Wärmepumpen verwendet. Dies kann durch die kleinere Dimensionierung von Wärmepumpen wirtschaftlich sinnvoll sein, aber auch für die Stromnetze und sogar hinsichtlich Emissionen von Vorteil sein, wenn die Gasheizung nur zu Zeiten mit hohen Emissionsfaktoren für Strom und/oder niedrigen Leistungszahlen von Wärmepumpen herangezogen wird. Hier sind aber andere Lösungen zum Fuel Switch wie Pelletskessel anzustreben.

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind in Österreich die meistinstallierten Wärmepumpen. Die Leistungszahl von Luft-Wasser-Wärmepumpen variiert mit der Lufttemperatur (Quellenseite) und der Vorlauftemperatur, weshalb bivalente Systeme und Kombinationen mit anderen Energieträgern von Vorteil sein können.

Sole-Wasser-Wärmepumpen verwenden meistens eine geothermische Wärmequelle (Tiefensonden oder Flächenkollektoren). Mit Luft-Wasser-Wärmepumpen verglichen, können sie oft wesentlich höhere Jahresarbeitszahlen erreichen. Auch sinkt die Leistungszahl nicht so stark bei tiefen Außentemperaturen (Resilienz).

Grundsätzlich ist die direkte Umwandlung von elektrischer Energie in thermische Energie wirtschaftlich und primärenergetisch ungünstig. Bei Gebäuden mit geringem Warmwasserbedarf, und/oder wo eine zentrale Warmwasserversorgung mit hohen Verteil- und Zirkulationsverlusten einhergehen würde, ist sie aber oft die einzig vertretbare Option. Ein flexibler **E-Boilerbetrieb** kann potentiell die Photovoltaik-Eigenverbrauchsquote erhöhen.

Solarthermie - die Umwandlung der solaren Einstrahlung in nutzbare thermische Energie - kann alleine oder in Kombination mit Wärmepumpen zu einer erneuerbaren Wärmeversorgung beitragen. Solarthermie konkurriert mit Photovoltaik um Dachflächen. Dabei ist Photovoltaik wegen der vielseitigen Einsetzbarkeit von elektrischer Energie oft im Vorteil.

In allen Demonstrationsquartieren vorhanden oder geplant, findet **Photovoltaik** eine immer breitere Anwendung. Ein hohes Maß an direktem Verbrauch ist sowohl wirtschaftlich als auch

energie technisch sinnvoll. Energieflexibilität kann zur Erhöhung der Eigenverbrauchsquote ausgenutzt werden.

5.3. Ergebnisse aus Stakeholder Untersuchungen

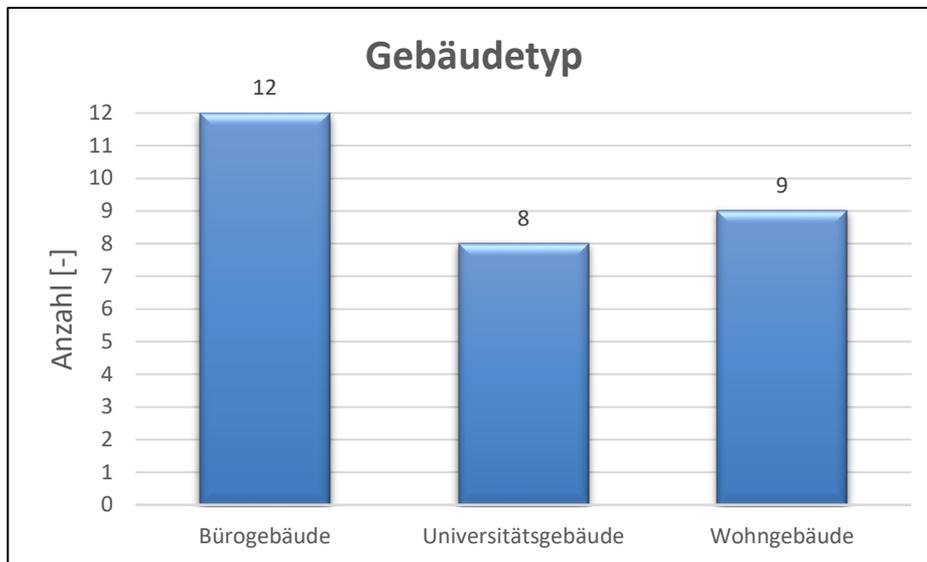
In vielen Ländern wurden Studien zur Beteiligung von Stakeholdern bzw. Nutzer:innen an Demand Response Aktivitäten durchgeführt. Im Rahmen des IEA EBC Anhang 82 wurden einerseits eine wichtige Literaturstudie zu dem Thema mit österreichischer Beteiligung erstellt und publiziert (siehe Langevin et al., 2024), sowie andererseits drei nationale Befragungs-Studien durchgeführt, in denen das Potenzial verschiedener Haushalte, in Österreich auch von Büros und Bildungsgebäuden, für Demand-Response-Aktivitäten untersucht wurde. Die österreichische Studie dazu wird in diesem Abschnitt vorgestellt, gefolgt von ausgewählten Ergebnissen einer ausführlicheren vergleichenden Analyse zwischen den Ländern, die noch nicht publiziert ist.

5.3.1. Österreich

In Österreich war die Befragung als LimeSurvey für Online-Eingaben konzipiert und blieb ca. 5 Monate lang geöffnet. Die Fertigstellung erfolgte im Juli 2024. Die österreichische Umfrage konzentrierte sich auf Nutzer:innen von drei verschiedenen Gebäudetypen, nämlich Büro-, Universitäts- und Wohngebäuden (siehe Abbildung 6). Im Detail fokussierte die Befragung auf die Flexibilität, die Nutzer:innen einigen Geräten und energieverbrauchenden Aktivitäten verleihen würden, z. B. Duschen. Von den mehr als 80 an dieser Online-Umfrage teilnehmenden Personen übermittelten nur 29, zusammen mit dem ausgefüllten Fragebogen, auch soziale Daten. Darüber hinaus übermittelten zusätzlich 17 Nutzer:innen den Fragebogen, ohne soziale Daten anzugeben, gaben aber auch ausführliche Antworten auf Demand-Response-Fragen, so dass insgesamt 46 befüllte Fragebögen analysiert werden konnten.

Es ergaben sich Hinweise auf die Flexibilität, die Nutzer:innen bestimmten energieverbrauchenden Aktivitäten oder Geräten einräumen würden. Die Umfrage wurde an mehr als 500 Personen versandt, die in verschiedenen Gebäuden in Wien, Niederösterreich und der Steiermark arbeiten oder leben. Diese Gebäude lassen sich grob in drei Gebäudetypen einteilen – siehe Abbildung 6.

Abbildung 6: Zeigt die Verteilung der Befragungsteilnehmer:innen auf 3 verschiedenen Gebäudetypen (Quelle: AEE INTEC)



Bei der Altersverteilung der Teilnehmenden ergab die Umfrage einen Spitzenwert im Bereich der 25- bis 34-jährigen Befragten, was bei der Nutzung von Wohnheimen, Forschungsbüros und Universitätsgebäuden zu erwarten war (siehe Tabelle 3). 12 Teilnehmer:innen der Befragung antworteten aus der Perspektive einer Bürogebäude-Nutzung, was auch in Tabelle 3 ersichtlich ist. Und einige der Wohnheime oder Universitätsgebäude sind durchgehend in Nutzung (4), wohingegen die meisten Gebäude (24) mehr als 40 Stunden genutzt werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Einige sozial-statistische Daten der österreichischen Studie, n=29 (Quelle: AEE INTEC)

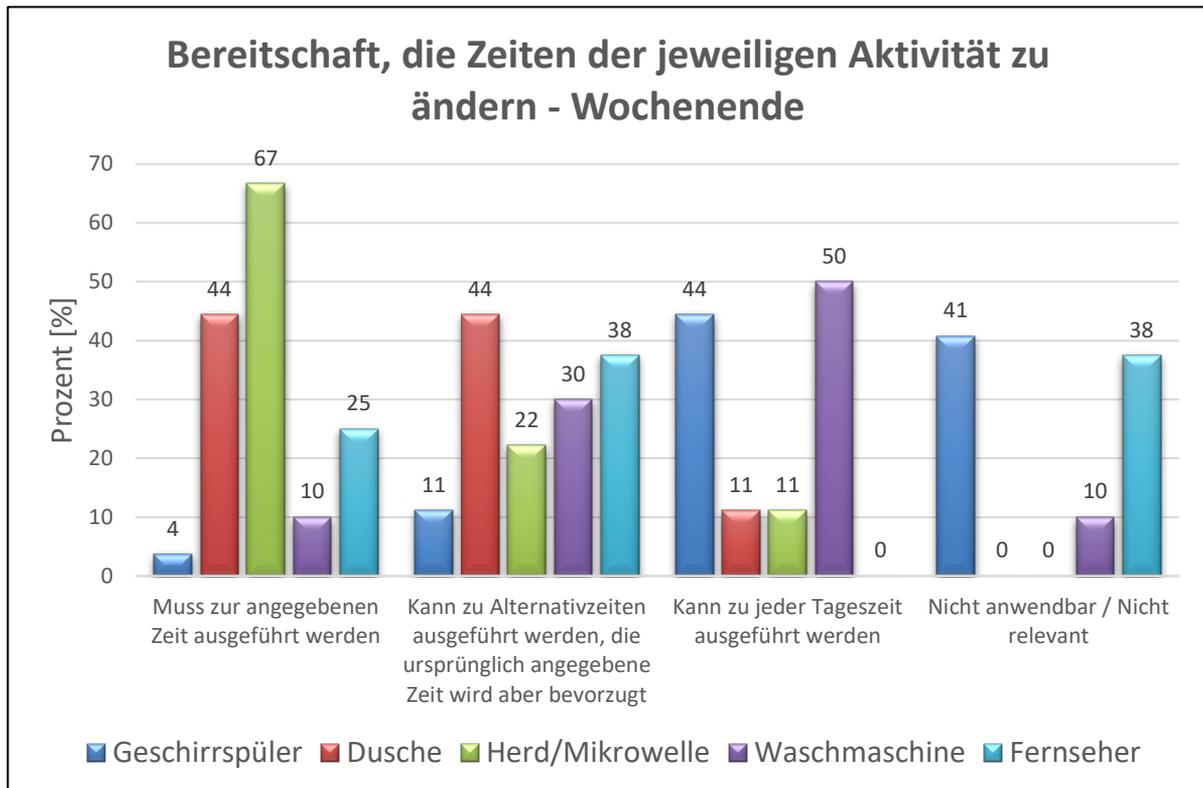
Gebäudetyp	Bürogebäude	12
	Wohngebäude / Studierendenwohnheim	9
	Universitätsgebäude	8
Geschlecht	Frauen	16
	Männer	13
Alter	18-24	2
	25-34	12
	35-44	8
	45-54	4
	55-64	3
Im Gebäude verbrachte Zeit (Arbeit/Wohnen/andere)	21-40 Stunden	1
	Mehr als 40 Stunden	24
	Durchgehend in Nutzung	4

Die Analyse der Umfrage ergab, dass die Bereitschaft der Befragten, sich an die unterschiedliche Nutzung von Geräten anzupassen, weitgehend mit den Erwartungen übereinstimmte.

Am höchsten ist die Bereitschaft, die Nutzung der Waschmaschinen und Geschirrspüler auf einen anderen als den angegebenen Zeitpunkt zu verlegen (Wochenende: 50 % und 44 %, Wochentage: 56

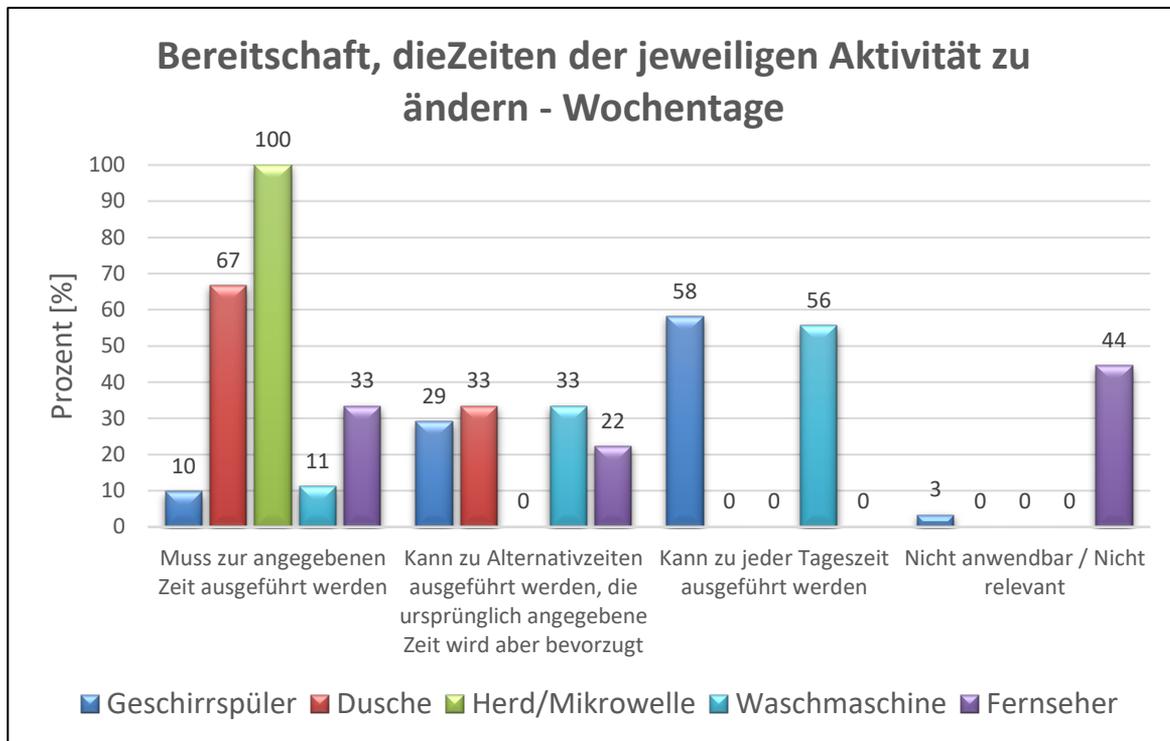
% und 58 %). Die Bereitschaft, den Zeitpunkt energieverbrauchender Aktivitäten zu ändern, ist an Wochenenden im Allgemeinen, aber nur geringfügig höher als an Wochentagen (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).

Abbildung 7: Zeigt die Ergebnisse der Fragen zur Änderungsbereitschaft der Nutzungszeiten von 4 verschiedenen Geräten und zum Duschen am Wochenende (Quelle: AEE INTEC)



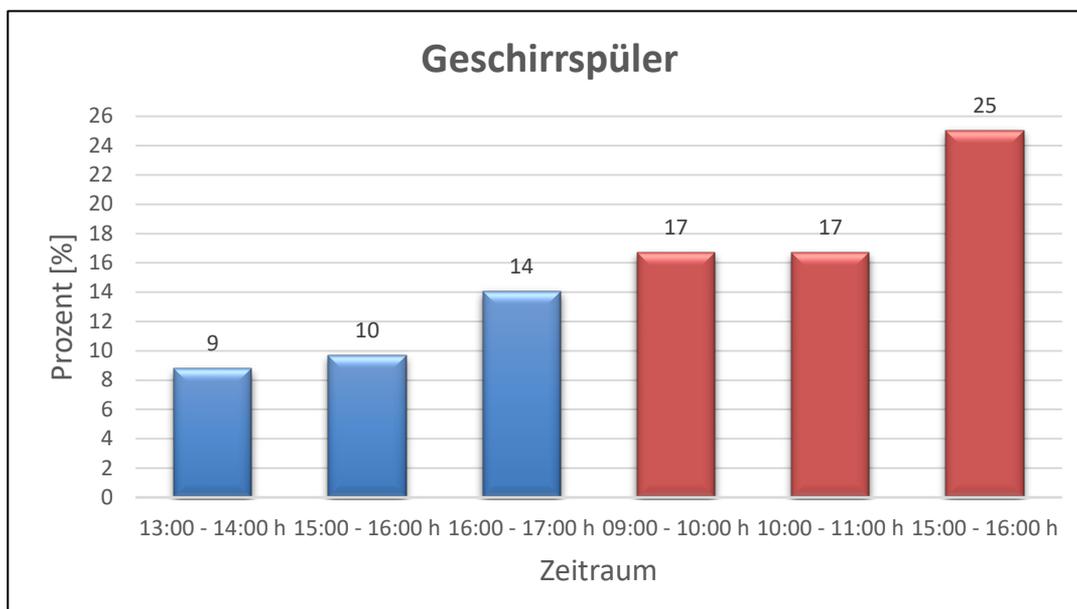
Ein bemerkenswertes Ergebnis ist, dass auch Fernsehen von einigen als eine Dienstleistung angesehen wird, die zu anderen Zeiten als angegeben durchgeführt werden könnte, obwohl die ursprünglich angegebene Nutzungszeit bevorzugt würde (38 % am Wochenende und 22 % an Wochentagen – siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).

Abbildung 8: Zeigt die Ergebnisse der Fragen zur Änderungsbereitschaft der Nutzungszeiten von 4 verschiedenen Geräten und zum Duschen an Wochentagen (Quelle: AEE INTEC)



Unter den in der Umfrage untersuchten Geräten weist die Nutzung von Geschirrspülern den stärksten Unterschied zwischen dem Nutzungszeitanteil an Wochentagen und Wochenenden auf (siehe Abbildung 9). An Wochentagen werden Geschirrspüler überwiegend nachmittags genutzt (z. B. 14 % von 16 bis 17 Uhr), am Wochenende auch vormittags (z. B. 17 % von 9 bis 10 Uhr).

Abbildung 9: Zeiten, in denen die meisten der Befragungsteilnehmer:innen (in Prozent aller ausgewerteten Zeiten) angaben, den Geschirrspüler an Wochentagen (blau) oder an Wochenenden (rot) zu nutzen (Quelle: AEE INTEC)

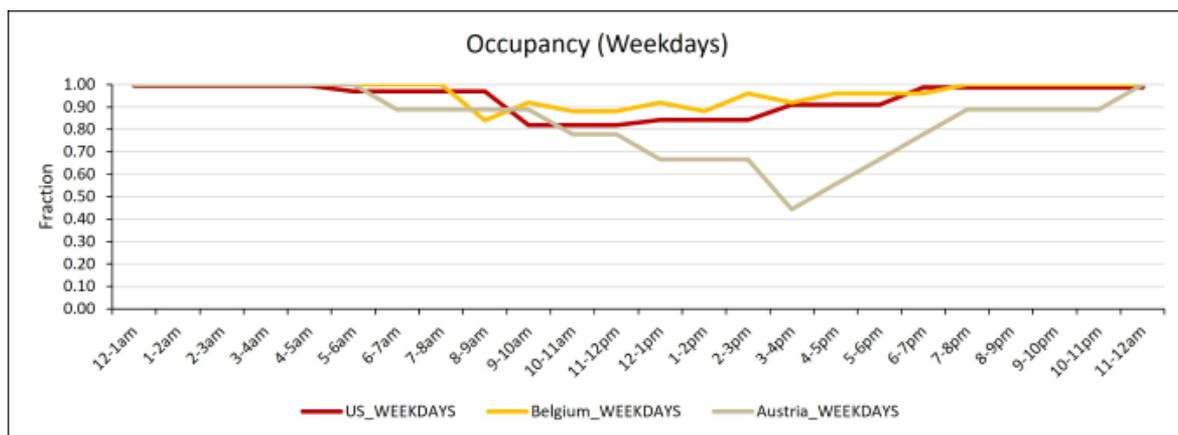


5.3.2. Ländervergleich Österreich, USA und Belgien

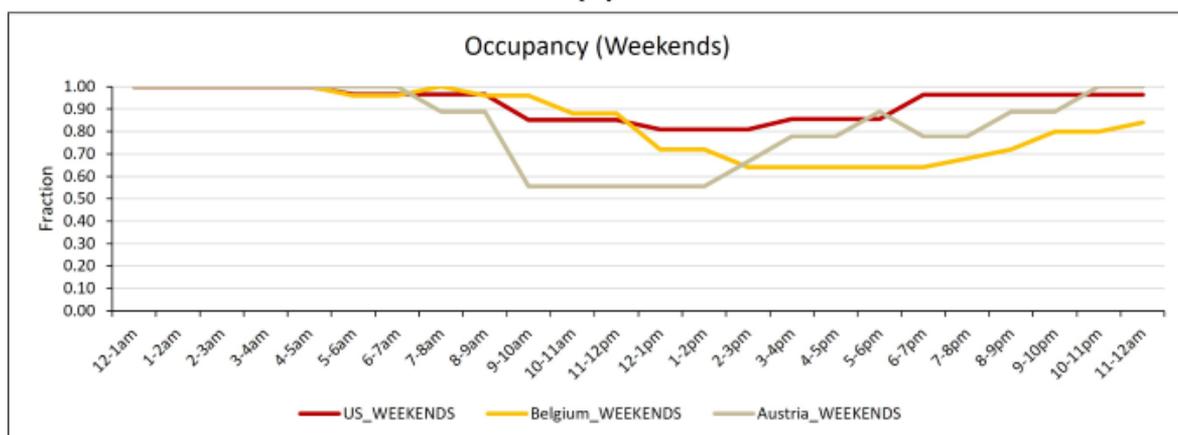
Im IEA EBC Annex 82 wurden in einer Arbeitsgruppe des Subtask C mehrere Befragungsstudien durchgeführt, die in Bezug auf Ergebnisse auch verglichen werden konnten, was im Folgenden auszugsweise beschrieben wird. Mehr dazu wird im Deliverable D2 des IEA EBC Annex 82 veröffentlicht werden.

In den Befragungen wurden die Teilnehmer:innen beispielsweise gebeten, für jeden Wochentag typische genutzte/ungenutzte Zeiten in ihren Gebäuden zu ermitteln. In der US-Umfrage wurde danach in Zeitschritten von 3 bis 6 Stunden abgefragt, in der belgischen und österreichischen Umfrage wurden typische Belegungszeiten in stündlichen Zeitschritten abgefragt. Die Antworten wurden verwendet, um durchschnittliche Belegungsprofile an Wochentagen und Wochenenden zu erstellen, wie in Abbildung 10 dargestellt, einschließlich (a) für die Wochentage und (b) für die Wochenenden.

Abbildung 10: Anwesenheit der Nutzer:innen an (a) Wochentagen und (b) Wochenenden für die USA, Belgien und Österreich (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University)



(a)



(b)

Basierend auf diesen Daten betrug die durchschnittliche tägliche Auslastung der Gebäude in den USA 0,94 (94 %), in Belgien 0,96 (96 %) und in Österreich 0,84 (84 %). Österreich wies die niedrigste Belegungsrate unter den Ländern auf – der Grund dafür ist, dass die österreichische Stichprobe ein breiteres Spektrum an Nutzungen umfasste (nicht nur Wohnnutzung). In allen drei Ländern sind die

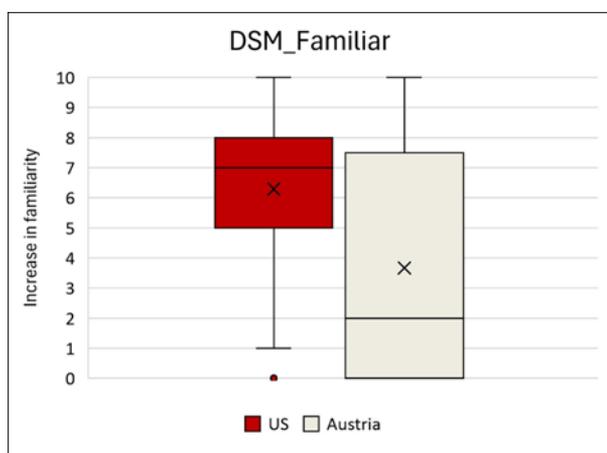
durchschnittlichen Auslastungsraten an Wochenenden niedriger als an Wochentagen, mit Unterschieden zwischen 1 % und 12 %. Die Stunden am Tag mit der geringsten Auslastung finden sich in den USA und Belgien an den Wochenenden, in Österreich in einem kurzen Intervall an Wochentagen.

5.3.3. Ländervergleich zum Thema Demand Side Management

In den Befragungen wurden auch mehrere Fragen zu Demand Side Management (DSM)/Demand Response (DR)-Wahrnehmungen gestellt, wie z. B. Vertrautheit mit DSM, DSM-Teilnahme, Bedenken hinsichtlich DSM, Probleme, die das Interesse an DSM beeinflussen, Faktoren, die bei der Bewältigung von Bedenken helfen, Vorteile, die zur Teilnahme ermutigen, Vorteile von DSM und Interesse an der Teilnahme an DSM in der Zukunft. Diese Fragen wurden nur in der US-amerikanischen und österreichischen Umfrage gestellt, da die belgischen Haushalte mit DSM/DR nicht vertraut waren. Die Vergleiche wurden daher nur für die USA und Österreich durchgeführt.

Bezüglich der Vertrautheit mit DSM lautete die Frage: „Wie vertraut sind Sie mit den Programmen Demand-Side Management (DSM)/Demand Response (DR)?“ auf einer Skala von 1 (nicht bekannt) bis 10 (am vertrautesten). Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Ergebnisse. Für die USA lag der Durchschnittswert bei 6,29 und der Median bei 7, was eine relativ positive Reaktion darstellt. Der Durchschnittswert für Österreich lag bei 3,67 und der Median bei 2, was eine geringere Vertrautheit mit dem Thema als in den USA darstellt.

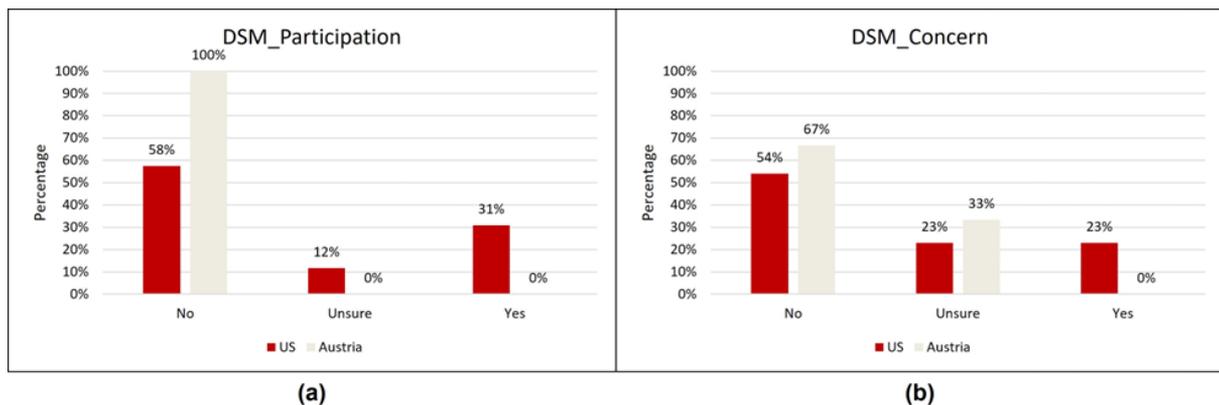
Abbildung 11: Vertrautheit mit Demand Side Management in den USA und Österreich (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University)



In der Umfrage wurde auch nach der DSM-Teilnahme und den Bedenken bezüglich DSM gefragt (Abbildung 12). Zu einer aktuellen DSM-Teilnahme (Abbildung 12(a)) lautete die Frage: „Nehmen Sie derzeit an einem DSM/DR-Programm teil?“ In den USA nahmen 58 % der Teilnehmer:innen nicht an einem DSM/DR-Programm teil, während 31 % daran teilnahmen. 12 % der Teilnehmer:innen waren unsicher, ob sie teilnehmen oder nicht. In Österreich nahmen keine Teilnehmer:innen an einem DSM/DR-Programm teil. Bezüglich der Bedenken hinsichtlich DSM (Abbildung 12(b)) lautete die Frage: „Haben Sie Bedenken hinsichtlich DSM/DR-Programmen?“ 54 % der US-amerikanischen Teilnehmer:innen gaben an, dass sie keine Bedenken hinsichtlich des DSM/DR-Programms haben, und 23 % antworteten, dass dies der Fall sei. 23 % der Teilnehmer:innen waren sich der Bedenken

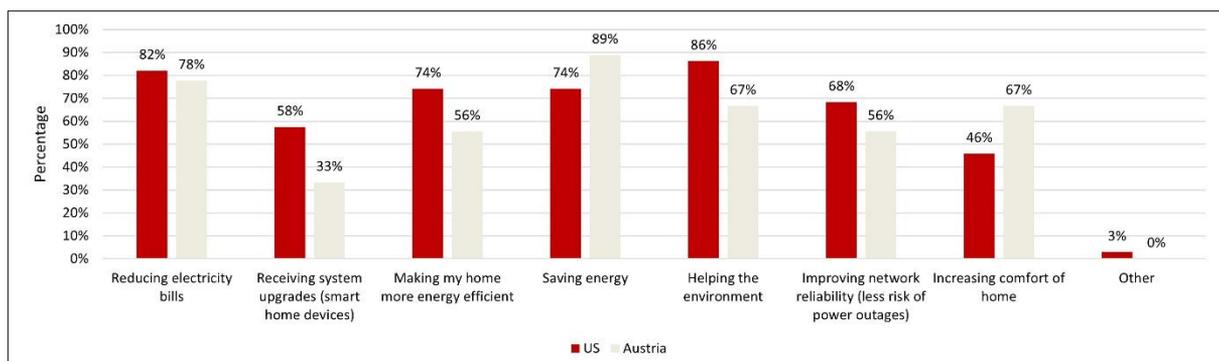
nicht sicher. Interessanterweise antworteten für Österreich 67 % der Teilnehmer:innen, dass sie keine Bedenken hätten, und 33 % waren unsicher, was darauf hinweist, dass es durchaus eine gewisse Offenheit gegenüber derartigen Programmen gäbe. Dies wird dadurch unterstrichen, dass keine/r der Befragten in der österreichischen Stichprobe Bedenken hinsichtlich DSM/DR geäußert hat.

Abbildung 12: (a) Aktuelle DSM-Beteiligung, (b) Bedenken hinsichtlich DSM (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University)



Die Frage nach den Vorteilen, die eine Teilnahme bringen würden, lautete: „Welche Vorteile würden Sie zur Teilnahme an DSM/DR-Programmen ermutigen?“ Die Teilnehmer:innen konnten mehrere der folgenden Optionen auswählen: „Stromrechnungen senken“, „System-Optimierungen erhalten (Smart-Home-Geräte)“, „Mein Zuhause energieeffizienter machen“, „Energie sparen“, „Der Umwelt helfen“, „Die Netzstabilität verbessern (geringeres Risiko von Stromausfällen)“, „Steigerung des Wohnkomforts“ und „Sonstiges“. Die Antworten sind in Abbildung 13 dargestellt. In den USA waren die wichtigsten Optionen für die Teilnahme am DSM/DR die Unterstützung der Umwelt (86 %); gefolgt von der Reduzierung der Stromrechnungen (82 %), der Steigerung der Energieeffizienz im Haushalt und dem Energiesparen (74 % für beides), der Verbesserung der Netzzuverlässigkeit (68 %), dem Erhalt von System-Upgrades (58 %) und der Erhöhung des Wohnkomforts (46 %). Für Österreich war die häufigste Antwort das Energiesparen (89 %), gefolgt von der Senkung der Stromrechnungen (78 %), der Schonung der Umwelt und der Erhöhung des Wohnkomforts (jeweils 67 %), der Steigerung der Energieeffizienz im Haushalt und der Verbesserung der Netzzuverlässigkeit (jeweils 56 %) sowie dem Erhalt von System-Optimierungen durch Smart Home (33 %).

Abbildung 13: Vorteile von DSM, die zur Teilnahme ermutigen würden (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University)



5.4. Analyse der Geschäftsmodelle und politischen Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel wird die im Projekt durchgeführte Case-Study-Analyse von Geschäftsmodellen zur Aktivierung von Energieflexibilität in Gebäuden beschrieben (Kapitel 5.4.1). Zudem beschreibt Kapitel 5.4.2 eine ergänzende Umfrage zu Preisanreizen für Energieflexibilität im Strom-, Gas- und Wärmesektor, mit Fokus auf dynamische Strom- und Stromnetztarife.

5.4.1. Case-Study-Analyse von Geschäftsmodellen

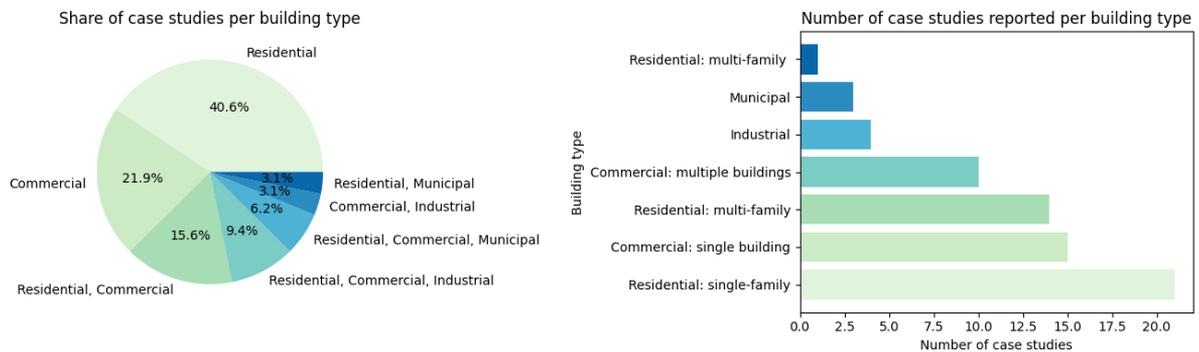
Im Rahmen des Projekts wurden Geschäftsmodelle zur Aktivierung von Flexibilität in Gebäuden im Rahmen einer Case-Study-Analyse erfasst und ausgewertet. Abbildung 14 zeigt die Länder, die Case Studies eingereicht haben, darunter Österreich, die Tschechische Republik, Frankreich, Irland, Dänemark, die Schweiz, Australien, die USA und Kanada.

Abbildung 14: Länder, die Case Studies hinsichtlich Geschäftsmodellen zur Beanreizung von Gebäude-Energieflexibilität retour gemeldet haben



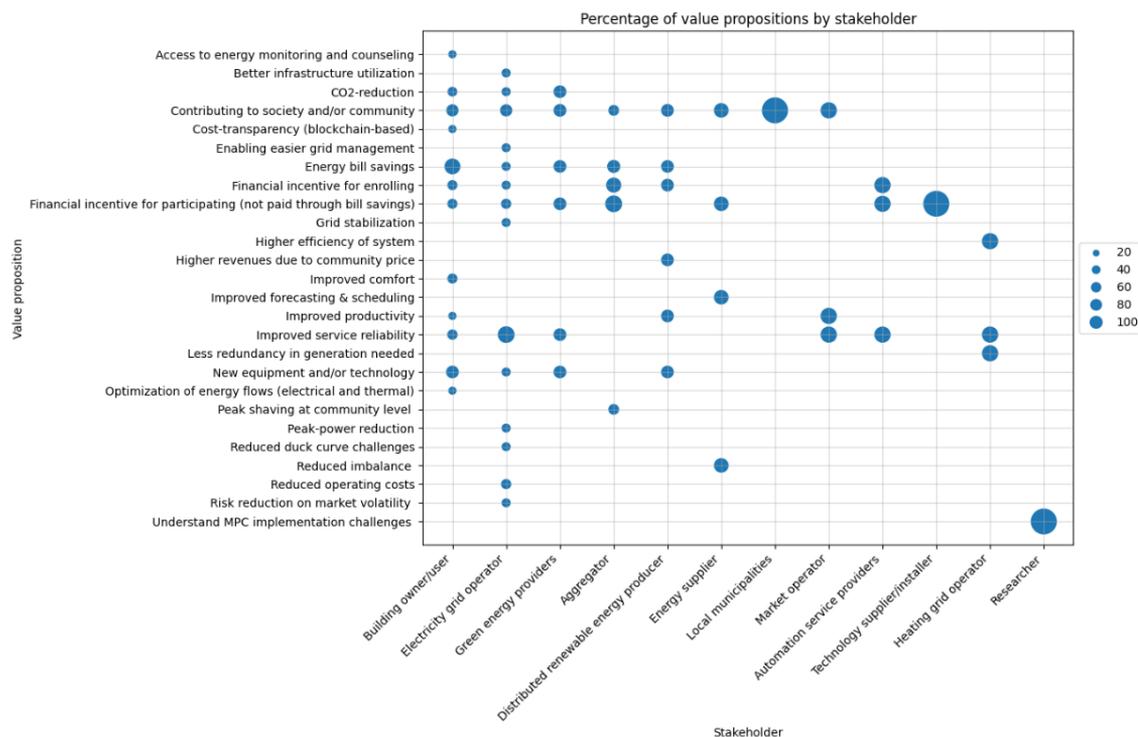
Insgesamt wurden 32 internationale Case Studies zusammengetragen, die sowohl etablierte Geschäftsmodelle als auch solche im Rahmen forschungsorientierter Pilotprojekte umfassen. Dabei sind vielfältige Perspektiven aus unterschiedlichen Bereichen vertreten: Netzbetreiber, Gebäudeeigentümer:innen und -nutzer:innen, Aggregatoren, Energieanbieter, Produkt- und Softwareentwickler sowie Technologielieferanten und -ausführende. Die Case Studies umfassen verschiedene Gebäudetypen – darunter gewerbliche, private, kommunale und industrielle Gebäude (siehe Abbildung 15 links).

Abbildung 15: Untersuchte Gebäude und Gebäudetypen in der Case Study Analysis (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)



Am häufigsten wurden in den Case Studies Wohngebäude untersucht oder diese adressiert, insbesondere Einfamilienhäuser, gefolgt von einzelnen gewerblichen Gebäuden (siehe Abbildung 15 rechts). Die Wertversprechen der Geschäftsmodelle („value proposition“) umfassen unter anderem Energieeinsparungen, finanzielle Anreize, gesellschaftlichen Beitrag und verbesserte Servicezuverlässigkeit (siehe Abbildung 16).

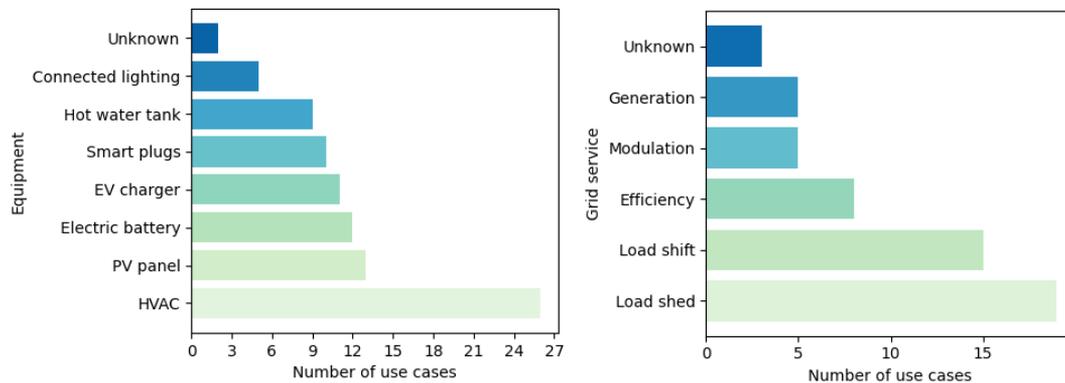
Abbildung 16: Value propositions bzw. Wertversprechen der rückgemeldeten Geschäftsmodelle in der Case Study Analyse aus Sicht unterschiedlicher Stakeholder (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)



Die Analyse der Case Studies zeigte, dass etwa 60% der untersuchten Geschäftsmodelle Strom als primären Energieträger nutzen, gefolgt von Systemen, die auf integrierten Heizsystemen basieren. Zu den am häufigsten eingesetzten Flexibilitätsquellen zählen HLK-Systeme mit thermischer Gebäudemasse, PV-Anlagen, Batterien und Ladepunkte für Elektrofahrzeuge (siehe Abbildung 17

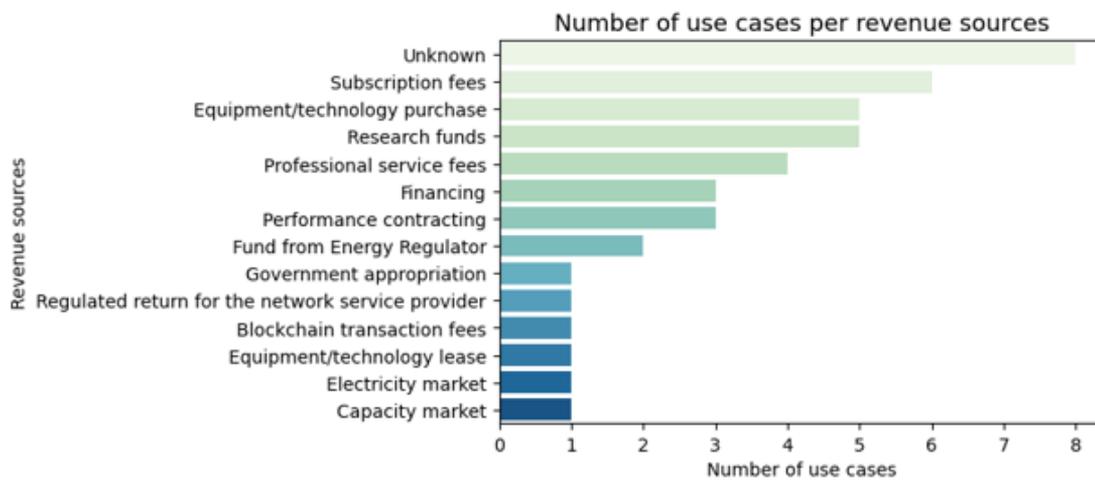
links). Die meisten dieser Systeme bieten die Möglichkeit zum Lastabwurf und zur Lastverschiebung durch verschiedene Steuerungsalgorithmen oder Anreizmechanismen (siehe Abbildung 17 rechts).

Abbildung 17: Flexibilitätskomponenten und Mechanismen der Case-Study-Analyse (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)



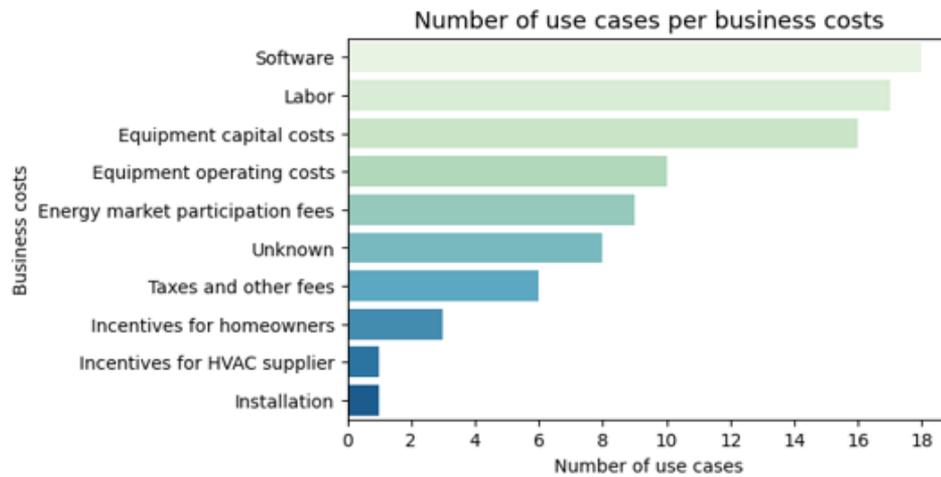
Bei den im Rahmen der Case-Study-Analyse gesammelten Geschäftsmodellen waren die meisten Einnahmequellen leider unbekannt. Am häufigsten genannt wurden jedoch Abonnementgebühren, Geräteverkäufe, Förderungen und Servicegebühren, wobei über 30 % der Fälle eine Kombination dieser Einnahmequellen aufwiesen (siehe Abbildung 18).

Abbildung 18: Einnahmequellen der gesammelten Geschäftsmodelle (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)



Die am häufigsten anfallenden Kosten der Geschäftsmodelle umfassten Ausgaben für Software, Arbeitskraft und Investitionen in Geräte, wobei in allen Fällen eine Kombination verschiedener Kostentypen beschrieben wurde (siehe Abbildung 19).

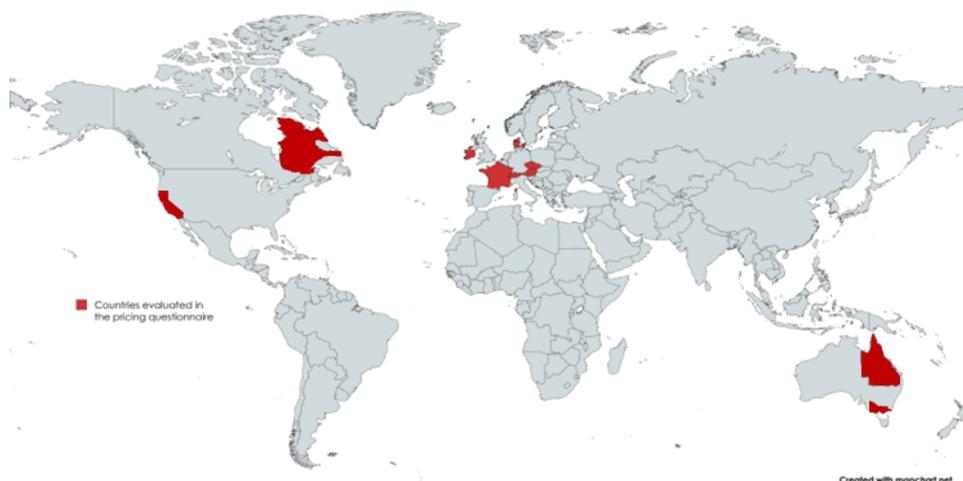
Abbildung 19: Ausgaben bzw. Kosten der gesammelten Geschäftsmodelle (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)



5.4.2. Analyse zu Preisanreizen

Zudem wurde im Rahmen des Projekts ein Fragebogen zu Preisanreizen im Strom-, Gas- und Fernwärmebereich (mit Fokus auf Strom im Haushaltsbereich) gestaltet, der unter den IEA EBC Annex 82 Teilnehmer:innen und darüber hinaus verbreitet wurde. Abbildung 20 zeigt, welche Länder (bzw. teils auch Bundesstaaten/Provinzen) den Fragebogen beantwortet haben, darunter Österreich, die Tschechische Republik, Frankreich, Irland, Dänemark, die Schweiz, Australien (Queensland und Victoria), die USA (Kalifornien) und Kanada (Quebec).

Abbildung 20: Länder, die den Fragebogen zu Preisanreizen für Energieflexibilität ausgefüllt haben



Folgende Ergebnisse ergaben sich aus der Auswertung der Fragebogen zum Energieträger Strom über die Länder hinweg:

- Stromtarife:
 - In allen bewerteten Ländern gibt es eine Art von variablen Stromtarifen, oft in Form von zeitabhängigen Tarifen (Time-of-Use, ToU).
 - Echtzeitpreise (Real-Time-Pricing, RTP), mit stündlicher Preisgestaltung, sind in Australien, den USA (Kalifornien), der Tschechischen Republik (nicht für Haushalte), Österreich, Dänemark und bald auch in Irland verfügbar.
 - Der Wechsel des Stromanbieters ist in allen bewerteten EU-Ländern und in Australien (Victoria und Queensland) einfach, aber in einigen US-Bundesstaaten bzw. Provinzen in Kanada bzw. in der Schweiz nicht erlaubt (Anbieterwechsel nicht möglich).

- Netztarife:
 - Fixe Netztarife gibt es nach wie vor in der Tschechischen Republik, Irland, Kanada (Quebec) und mit Ausnahmen auch in Österreich (insbesondere für Haushalte).
 - Spitzenlastverbrauch wird selten für Haushalte bepreist, mit Ausnahme der Schweiz und Kanada (Quebec).

- Einspeisetarife:
 - Einige Länder (z. B. Australien, Tschechische Republik, Schweiz und Dänemark) bieten zeitvariable Einspeisetarife für erneuerbaren (PV-)Strom an, während andere feste Tarife oder Marktprämien anwenden.

- Energiegemeinschaftstarife:
 - Reduzierte Energie- oder Netztarife für Energiegemeinschaften gibt es in Frankreich, den USA (Kalifornien), der Schweiz und Österreich.

Zusätzlich zur allgemeinen, länderübergreifenden Analyse der Fragebögen wurden Dänemark und Österreich detaillierter betrachtet, da diese beiden Länder bereits variable Preisanreize zur Förderung der Energieflexibilität im Stromsektor eingeführt haben.

Dänemark

Alle dänischen Gebäude sind mit Smart Metern ausgestattet. Haushaltskund:innen können dynamische Strompreise, welche auf den Spotpreisen der Börse basieren (siehe Abbildung 21), wählen. Die Strompreise basieren auf stündlichen Day-Ahead-Preisen. Es gibt verschiedene Apps, die die Strompreise des Tages und des Folgetages anzeigen.

Abbildung 21: Beispielhafte Tagespreiskurve eines Sommer- und Wintertags am dänischen Spotmarkt in EURO pro Kilowattstunde (Quelle: Byggeri og Energi, 2023)

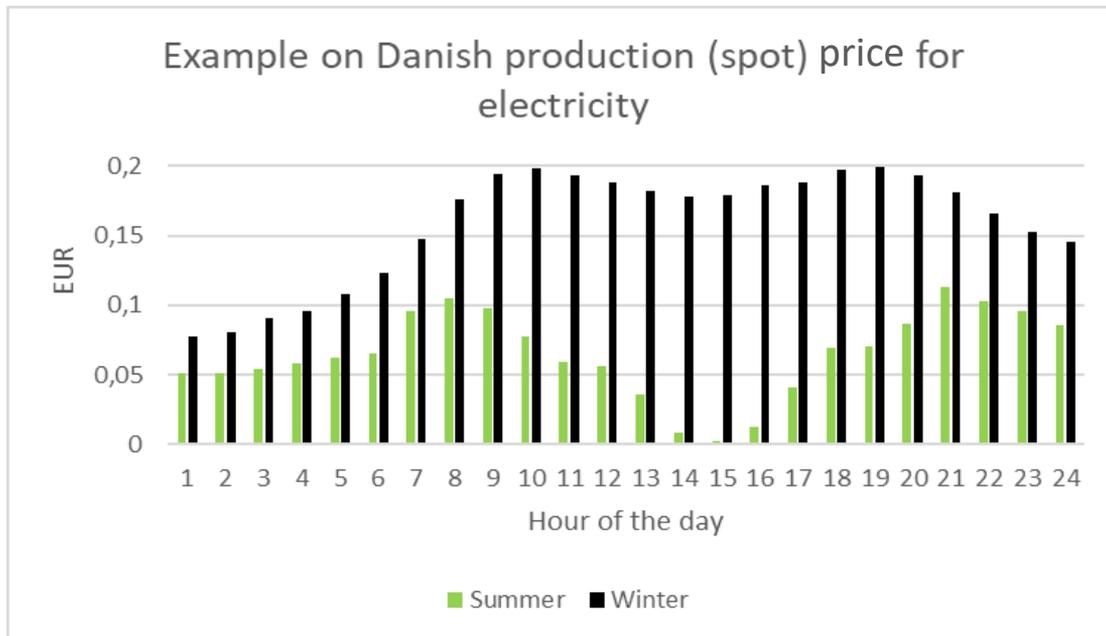
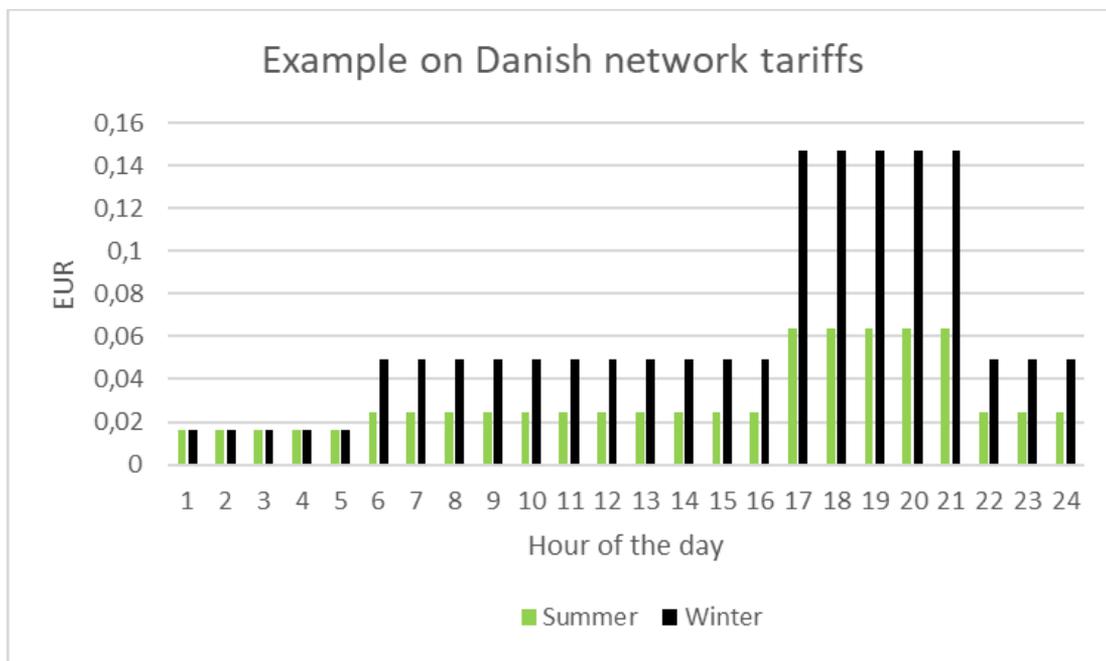


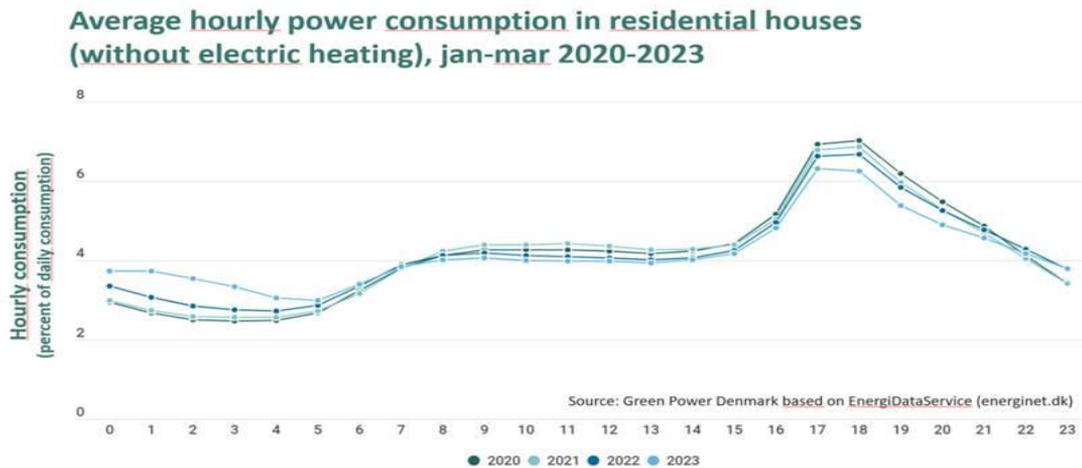
Abbildung 22: Beispiel der stündlich variablen Netztarife eines Sommer- und Wintertags in Dänemark in EURO pro Kilowatt (Quelle: Byggeri og Energi, 2023)



Haushaltskund:innen können seit 2023 ebenso dynamische Netztarife wählen (stündlich möglich – siehe Beispiel in Abbildung 22). Der höchste Netztarif gilt zwischen 17:00 und 22:00 Uhr, der sogenannten „Kochspitze“. Die Netztarife sind im Winter höher als im Sommer und am Abend am höchsten, nachts am niedrigsten. Durch diese Preisanreize konnte Flexibilität aktiviert und die

durchschnittliche Stromlastkurve der Haushalte in Dänemark signifikant geglättet werden (siehe Abbildung 23).

Abbildung 23: Durchschnittliche tägliche Stromlastkurve der Haushalte in Dänemark für den Zeitraum Jänner bis März 2020 bis 2023, angegeben in stündlichem Anteil am Gesamt-Tagesbedarf (Quelle: Green Power Denmark in Faruqi, 2023)



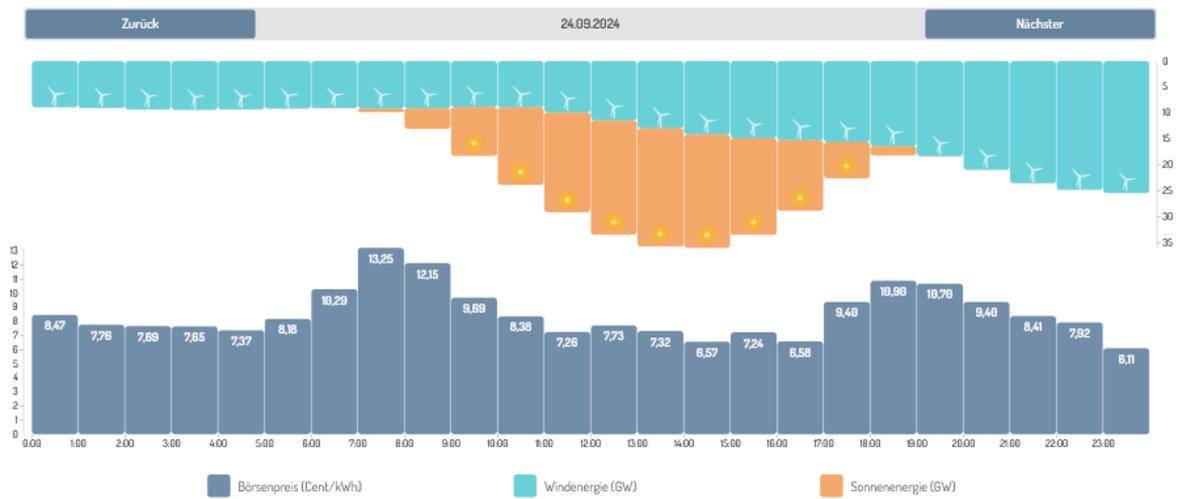
Österreich

Haushaltskund:innen können dynamische Strompreise wählen (siehe z.B. Abbildung 24):

- Strompreise basieren auf stündlichen Day-Ahead-Preisen
- Smart Meter sind entscheidend, um diese dynamischen Preismodelle zu nutzen
- Bis Ende 2024 sollen mindestens 95 % der Haushalte in Österreich mit Smart Metern ausgestattet sein

Netztarife für Haushaltskund:innen bestehen aus einer jährlichen Pauschale und verbrauchsabhängigen Gebühren. Im Positionspapier „Tarife 2.1“ der E-Control, 2021, wird vorgeschlagen, die Pauschale durch leistungsabhängige Gebühren zu ersetzen. Der aktuelle Entwurf des Elektrizitätswirtschaftsgesetzes 2024 (EIWG) könnte Netztarifreformen ermöglichen, einschließlich spezieller Netztarife für systemdienliche Komponenten.

Abbildung 24: Beispielhafte dynamische Strompreiskurve des österreichischen Anbieters aWATTar – die untere Reihe von Balken stellen den Börsenpreis in Cent/kWh über einen Tag dar (Quelle: aWATTar)



6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Es wurde laufend versucht, die definierten Zielgruppen in das Projekt einzubinden. Es wurde dabei auf Vernetzung vor allem im Rahmen nationaler und internationaler Austauschtreffen, persönlicher Gespräche sowie Veranstaltungen und Treffen im Rahmen nationaler Forschungsprojekte gesetzt.

6.1. Zielgruppen im Projekt

Mit dem IEA EBC Annex 82 generell angesprochene und vom Wissen profitierende **Zielgruppen** waren:

- Die Community der Gebädeforscher:innen und dieser Gruppe nahestehende Expert:innen: Sie konnten ihr Wissen bezüglich der zukünftigen Anforderungen an Gebäude in Workshops und Seminaren bzw. Online-Webinaren steigern.
- Verteilnetz- und Übertragungsnetzbetreiber, Energie(dienstleistungs)anbieter/-unternehmen - sie aggregieren die Energie-Flexibilität vieler Gebäude und bieten diese auf dem „Flexibilitätsmarkt“ an: Sie wurden zu Projektmeetings (z. B. Hydro-Quebec/Kanada), Workshops, Webinaren und zur Teilnahme am Annex direkt zu Beginn eingeladen, um ihr Wissen über den möglichen Beitrag von Gebäudeclustern zur Stabilisierung von zukünftigen Energiesystemen steigern.
- Entwickler:innen und Hersteller:innen von Konstruktionen und Haustechniksystemen: Sie konnten aus Präsentationen und Gesprächen bei Seminaren (z. B. Fa. Pink) sowie über ihren Beitrag in nationalen Projekten parallel zum Annex Wissen darüber erlangen, wie sie ihre Produkte anpassen und Systeme steuern müssen, damit Flexibilität und hohe Nutzer:innenzufriedenheit in Zukunft möglich wird.
- Entwickler:innen und Produzent:innen von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) Produkten bekamen Wissen zu Regelungssystemen die vor allem im Subtask A analysiert wurden – Information wurde in direkten Gesprächen, über Webinare und über Deliverable D1 angeboten.
- Politische Entscheidungsträger:innen und Expert:innen (Behörden, technische Abteilungen der Länder, etc.), die in die Schaffung von Rahmenbedingungen für zukünftige Energiesysteme involviert sind, wurden mit wichtigen Informationen zu den Möglichkeiten, die Energie-Flexibilität eröffnet, in verschiedenen Besprechungen auch innerhalb anderer Projekte wie SRI Demo versorgt.
- Bildungsinstitutionen, wie Universitäten, haben aus erster Hand Wissen und Erkenntnisse über die zukünftigen Anforderungen an Gebäude, Quartiere und Energienetze über ihre Teilnahme am IEA EBC Annex 82 oder auch über erfolgte Einreichungen wie ein EU-Doctoral Network Projekt erlangt.

6.2. Relevanz und Nutzen national und international

Gerade der Weiterentwicklung und Ausformulierung der nationalen Methodik zur Berechnung des Smart Readiness Indicators (SRI), wo Energieflexibilität und deren Beitrag zum Demand Side Management als eine der drei wichtigsten Säulen des SRI integriert sind, hat der IEA EBC Annex 82 wichtige und direkt wirksame Impulse über die österreichische Teilnahme an der Kooperation gegeben. In weitere Folge werden diese Erkenntnisse auch auf EU-Ebene über die SRI-Plattform dort, bei der AEE INTEC und BOKU involviert ist, weitergegeben.

Die hauptsächlichen Synergien der Arbeit im Annex 82 mit Forschungsprojekten ergeben sich auch im Bereich der Definition des Smart Readiness Indicator (SRI) als Schlüsselindikator von gebäudebasierter Energieflexibilität (z. B. im Projekt SRI Demo¹) und der Implementierung und Ausrollung des SRI sowohl auf EU- als auch auf nationaler Ebene (im Projekt SRI2MARKET). Die Identifizierung von Hürden zur Implementierung bildet einen wichtigen Ausgangspunkt für die Planung von legislativen Reformen sowie für den Entwurf und die Förderung verschiedener Geschäftsmodelle zur Vermarktung von Flexibilitätspotentialen im nationalen Kontext. Die Ergebnisse der Arbeiten im Annex werden daher Teil der Grundlage für Empfehlungen für Entscheidungsträger:innen in Österreich bilden.

International am wichtigsten scheint die Erkenntnis zu sein, dass es noch viele geänderte bzw. verbesserte Rahmenbedingungen seitens auch der Politik braucht, um Energieflexibilität interessant für den Markt zu machen und damit auch ihre Wirksamkeit zur CO₂-Reduktion oder zur Reduktion der Restlasten zu steigern. Beispiele wären ein dynamischeres Tarifsysteem (wie es in Dänemark oder der USA besteht) sowie verbesserte und konkretere rechtliche Möglichkeiten für Aggregatoren, wie es eigentlich auch Erneuerbare Energiegemeinschaften sind.

Weiters sind einige wichtige neue methodische Herangehensweisen z. B. der Einbeziehung von Stakeholdern aus Subtask C und Ergebnisse aus den Analysen von politischen Rahmenbedingungen, anderen nationalen und regionalen Tarifsysteemen und Geschäftsmodellen aus Subtask C von großer Bedeutung, um nationale Ergebnisse aus Forschungsprojekten besser einordnen und weitere Projekte dazu beantragen zu können. Parallel zum IEA EBC Annex 82 sind einige Demonstrationsprojekte mit Fokus auf Flexibilität wie Stanz+ (Beteiligung AEE INTEC), FluccoSan oder TAB-Scale 3 (Beteiligung BOKU) in Österreich entstanden und profitierten voneinander. Es sind aber auch Services wie „Energimärkte – Flexibilität für Märkte und Netze“ des AIT entstanden, die genau das Thema Flexibilität adressieren.²

Die wichtigsten internationalen Ergebnisse des Annex werden im Frühjahr 2025 in drei internationalen Berichten („Deliverables“) veröffentlicht:

- D1 Methoden und Bewertungen der Energieflexibilität in Gebäudeclustern und Quartieren
- D2 Überprüfung und Bewertung der Markt-, Politik- und Stakeholderbeteiligung im Rahmen der Energieflexibilität von Gebäuden

¹ Siehe <https://projekte.ffg.at/projekt/4672953>, abgerufen am 20.11.2024; 14:15

² Siehe <https://www.ait.ac.at/loesungen/energy-markets-infrastructure-policy/energimaerkte-flexibilitaet-fuer-maerkte-und-netze>, abgerufen am 20.11.2024; 13:45

- D3 Zusammenfassungsbericht (Sammlung der Ergebnisse des Annex)

Darüber hinaus sind im Annex 82 zahlreiche Verbreitungs-Aktivitäten wie eine Projekt-spezifische Internetseite, Präsentationen auf Veranstaltungen, Webinaren und Seminaren, das gemeinsame Veröffentlichen von Länder-übergreifenden Berichten und Papers, sowie Summer School-Angebote für Doktorand:innen durchgeführt worden. So können zum Beispiel die Präsentationen des nationalen Abschlussseminars auf der Projekt-Webseite von AEE INTEC abgerufen werden.³

³ Siehe <https://www.aee-intec.at/iea-ebc-annex-82-energie-flexible-gebaeude-als-teil-resilienter-kohlenstoffarmer-energiesysteme-p290>, abgerufen am 26.11.2024,15:30

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Auch wenn die Untersuchungen und Kooperation im IEA EBC Annex 82 von einer breiten organisatorischen Struktur und vielen Interessierten (22 teilnehmende Staaten weltweit) getragen wurden, so war bis zum Schluss erkennbar, dass ohne die geeigneten gesetzlichen Rahmenbedingungen und Marktanreize bisher, zumindest in Europa und speziell auch in Österreich, die Umsetzung und Nutzung von Flexibilitätspotenzialen von Gebäuden und Quartieren weit unter den anfänglichen Erwartungen blieben. Dies zeigte sich auch in den verhaltenen Aktivitäten seitens der potenziellen Zielgruppen im Thema. Lediglich die Arbeit am Smart Readiness Indicator auf EU-Ebene konnte sehr gut parallel mit unterstützt werden, um die Flexibilitätsanforderungen dort argumentativ stark zu thematisieren. Die Kombination von Energieflexibilitäten, die Gebäude/-cluster bieten, und den Bedürfnissen der Netze, die diese nutzen könnten, muss in Zukunft noch stärker in Forschungsprojekten untersucht und erprobt werden.

Im Kurzbericht der e-control zum „Flexibilitätsangebot und -nachfrage im Elektrizitätssystem Österreichs 2020/2030“ (Esterl et al., 2022) werden der Energieflexibilität von Verbrauchern (Gewerbe, Haushalte) zwar gewisse kurzfristige Flexibilitätspotentiale zuerkannt. Diese eher große „Flughöhe“ in der Perspektive auf diese Potenziale versteckt allerdings viele andere drängende Probleme mit den Flexibilitäten auf niedriger „Flughöhe“ bzw. auf unteren Netzebenen im Energiesystem. Wenn zum Beispiel auf Netzebene 7 verstärkt Leistungen für E-Mobilität und Wärmepumpen abgerufen werden sollen, bedeutet dies entweder eine massive Investition in diese Verteilernetz-Infrastruktur oder eben verstärkte Intelligenz in das Flexibilitäts- und Gleichzeitigkeitsmanagement der Verbraucher dort. Letzteres käme aus jetziger Sicht günstiger und müsste weiter forciert werden – dazu sollte der IEA EBC Annex 82 auch beitragen.

Weitere Empfehlungen zur Bearbeitung von Barrieren in Zusammenhang mit der Nutzung von Energieflexibilitätspotenzialen, die im IEA EBC Annex 82 gesammelt wurden:

Regulatorische Hindernisse: Nicht alle Länder haben die Umsetzung von Artikel 17 der EU-Richtlinie 2019/944 Strombinnenmarkttrichtlinie abgeschlossen, der das Konzept eines „unabhängigen Aggregators“ kodifiziert. Dies würde das Potenzial kleiner Geräte für explizite Flexibilität bzw. Anforderungsreaktion weiter erschließen, wie im Bericht von Saviuc et al., 2022, dargestellt.

Technische Barrieren: Hervorzuheben ist die immer noch relativ geringe Verbreitung von Smart Metern, insbesondere in einigen osteuropäischen Ländern, wie sie Efkarpidis et al., 2022, dokumentiert hat.

Politik und Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB): Zusätzlich zur Politikgestaltung sollte die Schlüsselrolle hervorgehoben werden, die TSOs und ihre Kodizes spielen. Sie hätten die Macht, Systemdienstleistungen wie die manual Frequency Restoration Reserve (mFRR) und die automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR) so zu verfeinern, dass sie der Gebäudeflexibilität besser Rechnung tragen, wodurch ein relativ hohes Volumen an weniger präziser Flexibilität zu

angemessenen Kosten bereitgestellt werden könnte. Dies könnte dann durch Geräte im industriellen Maßstab (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung, Großbatterien) innerhalb eines größeren aggregierten Blocks ausgeglichen werden.

Großhandelsmärkte: Ich würde vorschlagen, den Trend zu beachten, die Schwelle des marktfähigen Volumens für EU-Marktbetreiber zu senken. Typischerweise lag sie bei 1 MW, aber in vielen Ländern (z. B. Nordpool-Ländern) sind mittlerweile Gebote von nur 250 kW zulässig. Dies verringert die Hürde für die Nutzung der Gebäudeflexibilität für Day-Ahead- und Intraday-Handelsvorgänge und minimiert Ungleichgewichte auf dem Großhandelsmarkt. Dies könnte eine große Chance für den Ausbau der Energieflexibilität sein, da die Anforderungen nicht so streng sind, wie auf den Märkten für Systemdienstleistungen.

Politik und Tarifsysteem: Die Wirkung dynamischer Strompreise wird oft durch hohe fixe Gebühren und Steuern (z. B. Vertriebs- und andere Gebühren) überschattet. Diese Gebühren werden in der Regel von Regulierungsbehörden oder politischen Entscheidungsträgern definiert, und es wäre von Vorteil, auch in diesem Bereich dynamische Anreize einzuführen. Viel Potenzial gäbe es hier auch durch Gemeinschaften, die von lokalen Märkten getragen werden.

Literaturverzeichnis

BMNT: Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich, Periode 2021-2030. Wien, 18. Dezember 2019, zitiert aus Seite 12.: „Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie am Bruttoendenergieverbrauch auf 46-50%, sowie Deckung des Stromverbrauchs zu 100% aus Erneuerbaren (national/bilanziell)“ als Ziel bis 2030

Byggeri og Energi: Guide for smart home and energy control.

<https://byggeriogenergi.dk/materialer/guide-til-smart-home-og-energistyring>, abgerufen am 06.10.2023; 10:00

E-Control: „Tarife 2.1“ - Weiterentwicklung der Netzentgeltstruktur für den Stromnetzbereich. Positionspapier, Jänner 2021

Efkarpidis Nikolaos, Geidl Martin, Wache Holger, Peter Marco, Adam Marc: Smart Meter Deployments and Regulations in Europe. In: Smart Metering Applications. Lecture Notes in Energy, vol 88. 2022, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05737-3_2.

Esterl Tara, Resch Gustav, Von Roon Serafin, u.v.a.: Flexibilitätsangebot und -nachfrage im Elektrizitätssystem Österreichs 2020/2030. Kurzbericht 07.02.2022 für die E-Control. https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/20211125_Flexibilitaetsstudie_Kurzbericht_DE.pdf/d2538571-975f-9ef3-f719-60d94fe6b5f4?t=1642440168791, abgerufen am 20.11.2024; 15:30

Esterl Tara: iWPP-Flex - Intelligentes Wärmepumpen-Pooling als Virtueller Baustein in Smart Grids zur Flexibilisierung des Energieeinsatzes. Präsentation auf der Veranstaltung „Highlights der Energieforschung“ in Wien am 22. Juni 2016

Faruqui Ahmad: Flexible Demand in Denmark: A conversation with Claus Krog Ekman.

<https://energycentral.com/c/em/flexible-demand-denmark-conversation-claus-krog-ekman>, abgerufen am 05.10.2023; 9:00

FH Technikum Wien: Flucco+ - Flexibler NutzerInnenkomfort in viertelstündlich CO₂-neutralen Plusenergiequartieren. Laufendes „Stadt der Zukunft“-Projekt.

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/flucco-plus.php>, abgerufen am 25.11.2024; 15:30

FH Technikum Wien: FluccoSan - Kreislauffähige Energieflexibilität für resiliente, klimaneutrale Sanierungen. Laufendes TIKS (Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt)-Projekt.

<https://klimaneutralerstadt.at/de/projekte/tiks/flucco-san-kreislauffaehige-energieflexibilitaet-fuer-resiliente-klimaneutrale-sanierungen.php>, abgerufen am 25.11.2024; 15:45

IEA EBC Annex 67 „Energie-flexible Gebäude“: <https://www.annex67.org/>, abgerufen am 20.11.2024; 12:45

Langevin Jared, Cetin Kristen, Willems Sara, Kang Jeonga, Mahmud Roohany, Christensen Toke Haunstrup, Li Rongling, Knotzer Armin, Olawale Opeoluwa Wonuola, Saelens Dirk, O'Connell Sarah. Customer enrolment and participation in building demand management programs: A review of key factors. In: Energy and Buildings 2024, 320, Artikel 114618.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114618>

Le Dréau Jérôme, Lopes Rui Amaral, O'Connell Sarah, Finn Donal, Hu Maomao, Queiroz Humberto, Alexander Dani, Satchwell Andrew, Österreicher Doris, Polly Ben, Arteconi Alessia, de Andrade Pereira Flavia, Hall Monika, Kirant-Mitić Tuğçin, Cai Hanmin, Johra Hicham, Kazmi Hussain, Li Rongling, Liu Aaron, Nespoli Lorenzo, Saeed Muhammad Hafeez. Developing energy flexibility in clusters of buildings: A critical analysis of barriers from planning to operation. In: *Energy and Buildings* 2023, 300, Artikel 113608. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113608>

Lindberg Karen Byskov: Impact of Zero Energy Buildings on the Power System – A study of load profiles, flexibility and system investments. Doctoral Thesis at Department of Electric Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim 2017

Märzinger Thomas, Österreicher Doris: Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings. *Energies* 2019, 12, 1955. <https://doi.org/10.3390/en12101955>

Märzinger Thomas, Österreicher Doris: Extending the Application of the Smart Readiness Indicator—A Methodology for the Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Districts. *Energies* 2020, 13, 3507. <https://doi.org/10.3390/en13133507>

Mair Erwin: Die Bedeutung von verbraucherseitigen Flexibilisierungsmaßnahmen im Stromsystem. Vortrag bei den Energiegesprächen “Auf der Suche nach dem flexiblen Stromkunden” im Technischen Museum, Wien am 02.06.2015

Saviuc Iolanda, Lopez Chema, Puskas Andras, Rollert Katarzyna, Bertoldi Paolo: Explicit Demand Response for small end-users and independent aggregators. EUR 31190 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2022

Schöfmann Petra, Forstinger Viktoria, Zelger Thomas, Schneider Simon, Leibold Jens, Schindler Manfred, Tabakovic Momir, Bell Daniel, Werner Andrea, Mlinaric Ines, Hackl Lea-Marie, Wimmer Felix, Holzer Peter, Czarnecki Patryk, Türk Andreas, Bartlmä Nadja, Weißböck Lukas: Zukunftsquartier 2.0 - Replizierbare, thermisch und elektrisch netzdienliche Konzeption von (Plus-Energie-) Quartieren im dichten urbanen Kontext. Endbericht. Wien, Mai 2022

Smart Grid Task Force (SGTF) – Expert Group 3 (EG3): Report on “Regulatory Recommendations for the Deployment of Flexibility. January 2015

TU Wien: SONDER - Service Optimization of Novel Distributed Energy Regions. <https://projekte.ffg.at/projekt/3234888>, abgerufen am 07.07.2020; 14:50 Uhr

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Energie-Flexibilität von Quartieren wird zur Verschiebung von Leistungsspitzen eingesetzt, d.h. hohe Spitzen im Energieverbrauch während des Tages werden in Zeiten mit niedrigerem Energiebedarf verschoben (Quelle: Søren Østergaard Jensen)	11
Abbildung 2: Die Arten der Lastverschiebung zum Zweck der Flexibilisierung des Energiebedarfs von Gebäuden (Quelle: Lindberg, 2017)	13
Abbildung 3: Treiber, Eigenschaften und Elemente der Gebäude-Energieflexibilität im Überblick (Quelle: Tobias Weiss, AEE INTEC)	14
Abbildung 4: Kann eine Flexibilitätsfunktion immer mit der Charakterisierungsmethode aus dem IEA EBC Annex 67 (Grafik oben) beschrieben werden, auch wenn es in einem speziellen Fall von Energieflexibilität in einem Gebäude mit vorausschauender Regelung einen antizipatorischen Effekt (Grafik unten), also eine Art 'Prebound'-Effekt gibt? (Quelle: Glenn Reynders, EnergyVille)	16
Abbildung 5: Empfehlungen für weitergehende Forschung je Phase in der Planung bzw. Nutzung von Flexibilitätspotentialen (Quelle: Le Dréau et al., 2023).....	20
Abbildung 6: Zeigt die Verteilung der Befragungsteilnehmer:innen auf 3 verschiedenen Gebäudetypen (Quelle: AEE INTEC)	25
Abbildung 7: Zeigt die Ergebnisse der Fragen zur Änderungsbereitschaft der Nutzungszeiten von 4 verschiedenen Geräten und zum Duschen am Wochenende (Quelle: AEE INTEC)	26
Abbildung 8: Zeigt die Ergebnisse der Fragen zur Änderungsbereitschaft der Nutzungszeiten von 4 verschiedenen Geräten und zum Duschen an Wochentagen (Quelle: AEE INTEC)	27
Abbildung 9: Zeiten, in denen die meisten der Befragungsteilnehmer:innen (in Prozent aller ausgewerteten Zeiten) angaben, den Geschirrspüler an Wochentagen (blau) oder an Wochenenden (rot) zu nutzen (Quelle: AEE INTEC)	27
Abbildung 10: Anwesenheit der Nutzer:innen an (a) Wochentagen und (b) Wochenenden für die USA, Belgien und Österreich (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University)	28
Abbildung 11: Vertrautheit mit Demand Side Management in den USA und Österreich (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University).....	29
Abbildung 12: (a) Aktuelle DSM-Beteiligung, (b) Bedenken hinsichtlich DSM (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University).....	30
Abbildung 13: Vorteile von DSM, die zur Teilnahme ermutigen würden (Quelle: Jeonga Kang and Kristen Cetin, Michigan State University).....	30
Abbildung 14: Länder, die Case Studies hinsichtlich Geschäftsmodellen zur Beanreizung von Gebäude-Energieflexibilität retour gemeldet haben	31
Abbildung 15: Untersuchte Gebäude und Gebäudetypen in der Case Study Analysis (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin).....	32
Abbildung 16: Value propositions bzw. Wertversprechen der rückgemeldeten Geschäftsmodelle in der Case Study Analyse aus Sicht unterschiedlicher Stakeholder (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin)	32
Abbildung 17: Flexibilitätskomponenten und Mechanismen der Case-Study-Analyse (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin).....	33

Abbildung 18: Einnahmequellen der gesammelten Geschäftsmodelle (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin).....	33
Abbildung 19: Ausgaben bzw. Kosten der gesammelten Geschäftsmodelle (Quelle: Flávia de Andrade Pereira, University College Dublin).....	34
Abbildung 20: Länder, die den Fragebogen zu Preisanreizen für Energieflexibilität ausgefüllt haben	34
Abbildung 21: Beispielhafte Tagespreiskurve eines Sommer- und Wintertags am dänischen Spotmarkt in EURO pro Kilowattstunde (Quelle: Byggeri og Energi, 2023).....	36
Abbildung 22: Beispiel der stündlich variablen Netztarife eines Sommer- und Wintertags in Dänemark in EURO pro Kilowatt (Quelle: Byggeri og Energi, 2023).....	36
Abbildung 23: Durchschnittliche tägliche Stromlastkurve der Haushalte in Dänemark für den Zeitraum Jänner bis März 2020 bis 2023, angegeben in stündlichem Anteil am Gesamt-Tagesbedarf (Quelle: Green Power Denmark in Faruqi, 2023).....	37
Abbildung 24: Beispielhafte dynamische Strompreiskurve des österreichischen Anbieters aWATTar – die untere Reihe von Balken stellen den Börsenpreis in Cent/kWh über einen Tag dar (Quelle: aWATTar).....	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahl an Demonstrationsquartieren und Beschreibung derselben (Quelle: AIT)	22
Tabelle 2: Überblick der Technologien und deren Zuordnung zu den Demonstrationsquartieren (Quelle: AIT).....	22
Tabelle 3: Einige sozial-statistische Daten der österreichischen Studie, n=29 (Quelle: AEE INTEC).....	25

Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Modeling
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
DER	Distributed Energy Resources
DSM	Demand Side Management
DR	Demand Response
EBC	Energy in Buildings and Communities - Program der IEA
EU	Europäische Union
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
HLK	Heizung Lüftung Kühlung
IEA	International Energy Agency
IKZ	Informations- und Kommunikationstechnologie
PV	Photovoltaik
RTP	Real Time Pricing
SRI	Smart Readiness Indicator
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
TIKS	Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt
ToU	Time of Use

