

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 73: Hin zu resilienten öffentlichen „Niedrigstenergie“-Gebäudeverbänden und Siedlungen

Wie Resilienz in der Energie(raum)planung verankert werden kann

A. Fulterer, A. Zirkl, I. Leusbrock

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**41/2022**

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 Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 73: Hin zu resilienten öffentlichen „Niedrigstenergie“- Gebäudeverbänden und Siedlungen

Wie Resilienz in der Energie(raum)Planung verankert werden kann

DI Dr. Anna Fulterer, Dr. Ingo Leusbrock, DI (FH) Andrea Zirkl  
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, August 2022

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>10</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>19</b>
	5.1. Einleitung .....	19
	5.2. Resilienz in der Energie-Master-Planung.....	22
	5.3. Resilienz-Planungs-Prozess .....	25
	5.4. Berechnung der Resilienz – ERIN Tool .....	26
	5.5. Architektur von Energiesystemen.....	28
	5.6. Pilotstudie JKU Campus .....	29
	5.7. Erfahrungen aus dem Projekt .....	33
	5.8. Geschäfts- und Finanzierungsmodelle.....	35
<b>6</b>	<b>Vernetzung und Ergebnistransfer</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen</b> .....	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>54</b>



# 1 Kurzfassung

Öffentliche Gebäudeverbände wie Krankenhäuser, Schulen, Universitäten und Militärcasernen haben kritische Funktionen, welche wesentlich zum Funktionieren der Gesellschaft beitragen. Deshalb ist meist eine zusätzliche Notstromversorgung vorgesehen, welche die kritischen Funktionen auch im Fall von Umweltkatastrophen und Netzausfällen versorgen soll. Bisher liegt der Fokus auf fossil gespeisten Notstromaggregaten, welche die Netzversorgung ergänzen. Diese werden nicht in die Energiesysteme integriert, sondern auf Komponenten- bzw. Gebäudeebene ergänzt. Alternative Energiequellen, mögliche Speicherung und passive Technologien werden bisher im Regelfall nicht berücksichtigt.

Im Gegensatz zu anderen Ländern ist es in Österreich in den letzten Jahrzehnten nicht zu Energieengpässen oder vermehrten Ausfällen der Energieversorgung gekommen. Dennoch ist es aufgrund der Veränderungen durch den Klimawandel und steigender Anforderungen an die Versorgungssicherheit nötig, vermehrt resiliente lokale Energieversorgungssysteme bereitzustellen, welche systemrelevante Infrastruktur, z.B. Datacenter/Informationssysteme, Krankenhäuser etc. im Bedarfsfall autark versorgen können. Dabei soll das Augenmerk auf der Nutzung von Energien aus lokalen, erneuerbaren Quellen liegen. Indem der Bedarf an Wärme, Kälte und elektrischer Energie von mehreren Gebäuden gemeinsam untersucht, reduziert und optimiert wird, können signifikante Einsparungen bei Energie und parallel dazu eine höhere Versorgungssicherheit erreicht werden.

Das hier diskutierte Projekt untersuchte die gängige Praxis bei der Energie-Master-Planung von öffentlichen Gebäuden und Gebäudeclustern wie Krankenhäusern, Universitäten und Militärcasernen, und entwickelte Leitlinien und Instrumente zur integralen Planung der Energieversorgung. Diese führt zu Resilienz, Kosteneffizienz und Nutzung von Erneuerbaren Energieträgern, und kann auf öffentliche Gebäudekomplexe und Gemeinden angewendet werden. Ein wichtiges Ziel war, das Thema Resilienz schon früh in der Planung zu verankern. Wesentlich war auch der Austausch von Knowhow zu Energietechnik und Resilienz zwischen Forschungsteams aus unterschiedlichen Klimazonen.

Zunächst wurde die gängige Praxis der Energieraumplanung untersucht. Die hier untersuchten 33 Fallstudien aus aller Welt umfassen Quartiere, Gemeinden und Regionen aber auch Universitäten und Militärinstallationen. Dabei wurde auch erhoben, welche Software und Planungstools genutzt werden, und wie Energieresilienz derzeit in die Planungspraxis berücksichtigt wird.

Während es viele Planungstools gibt, welche den Energieverbrauch und die Emissionen durch Gebäude und Quartiere berechnen, gab es noch kein geeignetes Tool, welches die Energieversorgung im Black-Sky Szenario, also bei Ausfall von Netzversorgung oder wichtigen Komponenten prüft.

Die Ergebnisse des Projekts<sup>1</sup> sind

- eine Sammlung und Analyse von Best-Practice Beispielen der Energieplanung (Casebook)
- eine Datenbank mit Technologien und Systemarchitekturen für Energiesysteme
- ein Leitfaden zur Integration von Energieresilienz in den Planungsablauf (Guidebook)
- ein interaktives Modellierungs- und Optimierungstool (ERIN – Tool)

---

<sup>1</sup> Diese Ergebnisse stehen unter <https://annex73.iea-ebc.org/publications> zum Download bereit.

- Die Zusammenfassung der Pilotstudien (Pilot Studies)

In sechs Pilotstudien wurden die Ergebnisse aus dem Projekt angewendet auf internationale Areale, die sich gerade in der Planung befinden. Die systematische und integrale Berücksichtigung von Resilienz von Beginn an führt nicht nur zu höherer errechneter Resilienz, sondern auch zu ökologisch und ökonomisch sinnvollen Lösungen.

## 2 Abstract

Public building groups such as hospitals, schools, universities and military barracks have critical functions that contribute significantly to society. Therefore, an additional emergency power supply is usually provided to supply the critical functions even in the event of environmental disasters and grid failures. So far, the focus has been on fossil-fueled emergency generators that supplement the grid supply. Energy systems are integrated, but rather considered at the component or building level. Alternative energy sources, possible storage and passive technologies are not usually considered.

In contrast to other countries, Austria has not experienced energy shortages or increased energy supply failures in recent decades. Nevertheless, due to the changes caused by climate change and increasing demands on supply security, it is necessary to increasingly provide resilient local energy supply systems that can supply system-relevant infrastructure, e.g. data centers/information systems, hospitals, etc., self-sufficiently if necessary. The focus should be on the use of energy from local, renewable sources. By jointly investigating, reducing and optimizing the heating, cooling and electrical energy needs of several buildings, significant energy savings and increased security of supply can be achieved.

This project investigated current practice in energy master planning of public buildings and building clusters like hospitals, education building and military installations, and developed guidelines and tools for integrated energy supply planning. This leads to resilience, cost efficiency and use of renewable energy sources, and can be applied to public building complexes and communities. An important goal was to anchor the topic of resilience in planning at an early stage. The exchange of know-how on energy technology and resilience between research teams from different climate zones was also essential.

First, the common practice of energy planning was examined. The 33 case studies from all over the world investigated in this project include neighborhoods, communities and regions, but also universities and military installations. They also investigated which software and planning tools are used and how energy resilience is currently incorporated into planning practice.

While there are many planning tools that calculate energy consumption and emissions by buildings and neighborhoods, there has not yet been a suitable tool that checks energy supply in the black sky scenario, i.e. in case of failure of grid supply or important components.

The results<sup>2</sup> of the project are:

- a collection and analysis of best-practice examples for energy master planning (Casebook)
- a database of technologies and system architectures of energy systems
- a guidebook for energy master planning for energy-efficient and resilient communities (Guidebook)
- an interactive modelling and optimization tool (ERIN - Tool)
- The summary of the pilot studies (Pilot Studies)

---

<sup>2</sup> These results can be downloaded at <https://annex73.iea-ebc.org/publications>

The results of this project were applied in six international pilot studies for areas that are in the planning phase. The systematic and integral consideration of resilience from the beginning not only leads to higher calculated resilience, but also to ecologically and economically sensible solutions.

# 3 Ausgangslage

Der Klimawandel ist eine große gesellschaftliche Herausforderung, die einerseits zwingend dringende Maßnahmen erfordert, um klimarelevante Treibhausgasemissionen zu senken (UN-Klimakonferenz, COP 21). Andererseits ist auch eine Anpassung an jene Veränderungen nötig, die nicht mehr vermieden werden können.

Sowohl was Emissionen als auch was Anpassung an veränderte (klimatische) Rahmenbedingen betrifft, besteht großer Handlungsbedarf bei Gebäuden. Diese bieten ihren NutzerInnen Schutz und helfen beim Decken der Grundbedürfnisse, sind dabei aber Quellen für Treibhausgase. Die notwendige Verringerung der Treibhausgase, und veränderte Schutzfunktionen führen zu großen Herausforderungen bei der Planung und Umsetzung von energieeffizienten und möglichst klimaneutralen Gebäudeverbänden, im Neubau und auch im Bestand.

Bei öffentlichen Gebäudeverbänden wie Schul- und Universitätscampus, Krankenhäuser, Flughäfen und militärischen Einrichtungen kommt hinzu, dass diese Gebäudeverbände auch in Notfallsituationen ihre teilweise systemkritischen Aufgaben erfüllen müssen. Hierzu sind in der Planungsphase bereits (bauliche) Maßnahmen vorzusehen, die die Resilienz erhöhen und die kritischen Funktionen sichern. Derzeit wird die Resilienz eher durch Einzelmaßnahmen adressiert, wie Notstromaggregate etc.

Zukünftig soll die Energie-Resilienz-Planung mit geeigneten Kombinationen von Maßnahmen die Risiken von Versorgungsausfällen und Naturkatastrophen senken, während weiter Effizienz und Klimaverträglichkeit steigen. Die Maßnahmen reichen dabei von Energiespeichern und erneuerbaren Quellen über passive Systeme bis hin zu adäquaten Notfallplänen und naturbasierten Ansätzen. Für eine erfolgreiche Durchführung der Planungsphase sind Erfahrungen aus anderen Projekten – erfolgreich oder nicht - interessant; darüber hinaus sind klar strukturierte Leitfäden sowie einfach zugängliche Simulations- und Planungstools essentiell.

Die Themen ‚Nachhaltiger Neubau‘ und ‚Gebäudesanierung‘ wurden bereits für Einzelgebäude im IEA EBC Annex 56 „Energie-, Emissions- und Kostenoptimierte Gebäudesanierung“<sup>3</sup> untersucht. Viele Optimierungsmaßnahmen müssen jedoch auf Quartiersebene stattfinden: So kann beispielsweise die Vorlauftemperatur in einem Wärmenetz erst gesenkt werden, wenn alle Gebäude saniert wurden. Ebenso ist es oft einfacher, Erzeugungsanlagen und Energiespeicher im Quartier zu platzieren, als für jedes einzelne Gebäude. Die Ausweitung der Perspektive auf Gebäudeverbände wird jedoch in der Praxis vor allem in der Sanierung noch selten durchgeführt, wegen dem größeren Grad an Komplexität der technischen, planerischen und organisatorischen Fragestellungen. Zu den raren Beispielen gehört Salzburg Lehen. Das vorliegende Projekt sowie der IEA EBC Annex 75 „Kosteneffiziente Strategien in der Gebäudesanierung auf Stadtteilebene“ orientierten sich an diesem Forschungsbedarf. Während es beim Annex 75 um kosteneffiziente Maßnahmen bei der Quartierssanierung geht, steht im vorliegenden Projekt der Fokus auf der gemeinsamen Betrachtung von Gebäuden und ihren Versorgungssystemen, sowie einer resilienten Energieversorgung auch im

---

<sup>3</sup> <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/ebc/iea-ebc-annex-56.php>

Fall von unerwünschten Ereignissen, wie Ausfall der Netzversorgung, Extremwetterereignissen und Versorgungsengpässen.

Ein System kann als resilient bezeichnet werden, wenn es innere und externe Störungen ausgleichen, die Funktion aufrechterhalten, in einen akzeptablen Zustand zurückkehren und sich optimieren kann (Sharifi & Yamagata, 2015). Resilienz kann auf die Leistung eines Gesamtsystems sowie auf einzelne Komponenten oder Teilbereiche bezogen werden (Charani Shandiz, et al. 2019).

Um ein resilientes Energiesystem zu erreichen ist es unerlässlich die Versorgungssicherheit zu berücksichtigen. Jedoch hatten Energie- und GebäudeplanerInnen bisher keinen Zugang zu Instrumenten zur Bewertung der Ausfallsicherheit von Energiesystemen in Bezug auf Gebäude und Prozesse. Ein solches Bewertungsinstrument kann beteiligten StakeholderInnen bei der Entscheidungsfindung und strategischen Planung dienen und den Übergang zu einer dezentralen und resilienten Energieplanung erleichtern (Sharifi & Yamagata, 2015). Charani Shandiz, et al. (2019) betont ebenfalls, dass bei der Untersuchung von unterschiedlichen Energiesystemen auch deren Resilienz geprüft und verglichen werden soll.

Derzeit findet in Österreich in vielen Gemeinden zum ersten Mal der Prozess der Energieraumplanung (ERP) statt, der international mitunter auch mit Energie-Master-Planung (EMP) bezeichnet wird. Dabei wird die traditionelle Raumplanung, welche vor allem auf Aspekten von Mobilität, sozialer Infrastruktur und historisch gewachsenen Bebauungen beruht um das Thema der Energieversorgung ergänzt. Erwähnenswert sind Pilotprojekte, die in Gleisdorf, Kapfenberg, Stanz und Feldbach ablaufen, oder der mit dem steirischen Energy Globe ausgezeichnete Prozess in der KEM Region GU-Süd. Relevant für die Entwicklung von Gemeinden sind auch Energiegemeinschaften und Klimawandelanpassungsregionen (KLAR-Regionen).

Genauso wie Gemeinden haben auch einige Universitäten die gemeinsame Optimierung von Gebäuden und Netzen gestartet, ein Beispiel ist die Sanierung des Campus Technik in Innsbruck. Da bisher Förderungen vor allem auf Einzelgebäude abzielten, gibt es dazu noch wenig öffentlich zugängliche Dokumentation. Ein bekanntes Beispiel für den Übergang bei der Optimierung von Gebäuden hin zu Nachbarschaften ist die Qualitätssicherung für Quartiere von klimaaktiv, sowie die Förderung von Projekten zu Gebäudeverbänden bei Smart Cities Demo und Stadt der Zukunft.

### **Übergeordnete Zielsetzung des Projekts**

Das übergeordnete Ziel des Projekts war die Erstellung von Werkzeugen und einem Prozess zur Energieresilienzplanung für Gebäudeverbände, wobei mit Energieresilienzplanung gemeint ist, dass die Energie-Master-Planung um den Faktor Resilienz erweitert wird. Der Leitfaden zum Prozess sollte alles Notwendige und Nützliche berücksichtigen: von dem genauen Prozessablauf bis hin zur inhaltlichen Unterstützung, von der Zieldefinition über technische Hilfestellung bis hin zu Fragen der Finanzierung und des Geschäftsmodells. Die im Projekt identifizierten Instrumente für die Energie-Master-Planung sollten ergänzt werden durch ein Tool, mit welchem die Resilienz von Energiesystemen modelliert und optimiert werden kann.

# 4 Projektinhalt

Der IEA EBC Annex 73 Towards Net Zero Energy Resilient Public Communities startete im Jahr 2018 und wurde im Herbst 2022 abgeschlossen. Mit der Leitung wurden Dr. Alexander Zhivov vom U.S. Army Engineer Research and Development Center und Rüdiger Lohse von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg in Deutschland beauftragt.

An der internationalen Kooperation haben Teams und Organisationen aus Australien, Österreich, Kanada, Dänemark, Finnland, Deutschland, Norwegen, dem Vereinigten Königreich und den Vereinigten Staaten von Amerika teilgenommen. Weitere Informationen dazu sind auf [www.iea-ebc.org](http://www.iea-ebc.org) zu finden. Aufgabe des Teams in Österreich war die aktive Teilnahme an sämtlichen Arbeitspaketen, ergänzt um die Leitung des Arbeitspaketes zur Durchführung von Fallstudien und Pilotstudien. Die Abbildung 1 zeigt wie sich die Arbeitspakete im Projekt gegenseitig ergänzen.

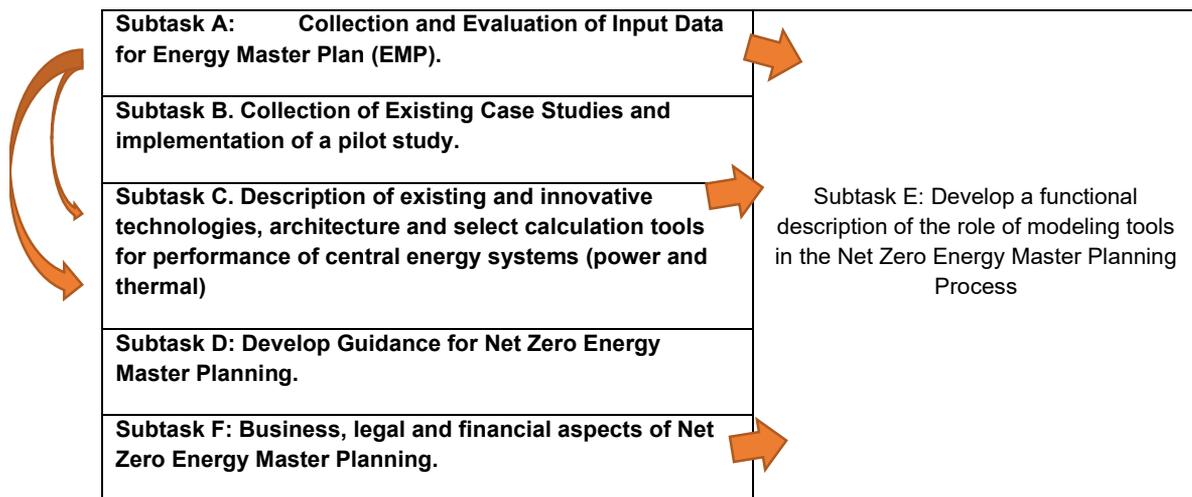


Abbildung 1: Struktur der im Projekt vorgesehenen Tätigkeiten

Im internationalen Projekt wurden folgende Ergebnisse erreicht:

- Etablierung von Energiezielen und Erstellung einer Datenbasis mit Energieverbrauchsindizes (EUI) für verschiedene Gebäudetypen von typischen öffentlichen Gebäuden und Gebäudeverbänden
- Entwicklung eines Kataloges mit Gebäudemodellen
- Sammlung und Analyse von Best-Practice Energie-Master-Planungsprozessen, mit dem Ziel einer Schritt-für-Schritt Anleitung für einen Energie-Master-Planungs-Prozess, der mit Hilfe von rechnergestützten Tools ausgeführt werden kann.
- Entwicklung von Leitlinien für die Energie-Master-Planung
- Sammlung von Informationen über die Architektur von hochentwickelten zentralen Energieversorgungssystemen, Analyse ihrer Anwendbarkeit für verschiedene Gebäudeverbände unter Berücksichtigung ihres spezifischen Zwecks und ihrer

Rahmenbedingungen, und Evaluierung dieser Szenarien aus technischer, finanzieller und wirtschaftlicher Perspektive

- Erfassung und Beschreibung von wirtschaftlichen Aspekten und rechtlichen Anforderungen und Einschränkungen für die Energie-Master-Planung für öffentliche Kommunen in den teilnehmenden Ländern
- Verbreitung der Ergebnisse und Organisation von Trainings für EndnutzerInnen in den teilnehmenden Ländern. Im Fokus sind dabei vor allem EntscheidungsträgerInnen, Kommunalplanung, ArchitektenInnen, IngenieurInnen, EnergiemanagerInnen und andere PartnerInnen in Wirtschaft und Wissenschaft.

Spezifisches Projektziel für Österreich war:

- herauszufinden, wie Energie-Master-Planung von öffentlichen Gebäudeverbänden in Österreich mit den gestiegenen Anforderungen bezüglich Erneuerbare Energien, Effizienz und Resilienz umgeht.
- die Erfassung vom Stand der Technik bei der Energie-Master-Planung von Gebäudeverbänden mit kritischen Funktionen in Österreich, genutzte Geschäftsmodelle, verfolgte Ziele, Analyse der Architekturen von Versorgungssystemen, typischen Planungsabläufen, Interessen und Motivation von EigentümerInnen und NutzerInnen.
- in Österreich erfolgreich genutzte Technologien und Konzepte für Versorgungssicherheit und Resilienz international bekannter zu machen.
- sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen auch für Österreich geeignet sind.
- den im Projekt entwickelten Prozess anhand einer Pilotstudie für österreichische Rahmenbedingungen zu testen.
- Geschäftsmodelle und Lösungskonzepte zu finden, die für mehr Resilienz in der Energieversorgung sorgen können.

Die Zielgruppe des Projektes umfasst folgende Stakeholder:

- EigentümerInnen und InvestorInnen von Gebäudeverbänden wie Schulen und Universitäten, Krankenhäuser, militärische Einrichtungen,
- Politische EntscheidungsträgerInnen sowie MitarbeiterInnen der Stadtverwaltungen in den Bereichen Energieversorgung und Raumplanung,
- Unternehmen die im Energiesektor tätig sind: Planungs- und Energieunternehmen, Versorger, Bau- und Installationsunternehmen, ArchitektInnen, IngenieurInnen und ProjektträgerInnen,

### **Vorgangsweise, Methoden und verwendeten Daten**

Im Subtask A „Collection and Evaluation of Input Data for Energy Master Plan“ wurden verfügbare Daten und Definitionen von prototypischen öffentlichen Gebäuden in Österreich inklusive Nutzungsschemata, Bebauungsplänen sowie Eckdaten für Gebäudesimulation wie Belegung, Gebäudetechnik, Warmwasserbedarf und Lüftung gesammelt.

Dies geschah via Literatur- und Internetrecherche, Gespräche und Workshops mit StakeholderInnen, InvestorInnen und EigentümerInnenInnen. Zur Erfassung der Daten wurden im internationalen Projekt Formulare zur Verfügung gestellt. Die Daten zu den Gebäuden in Österreich wurden anonymisiert weitergegeben und konnten Großteils aus Vorprojekten gewonnen werden. Eckdaten für Gebäudesimulationen wurden der ÖNORM B 8110-5 entnommen, welche für die Berechnung von Energieausweisen genutzt wird. Weitere Informationen wie beispielsweise Primärenergiefaktoren wurden der aktuellen OIB Richtlinie 6 entnommen. Erkenntnisse aus den österreichischen Fallstudien, und weiteren bekannten Demoprojekten flossen ebenso ein.

Im Subtask A war auch die Recherche und Entwicklung von Methoden angesiedelt, welche eine quantitative und qualitative Betrachtung der Resilienz erlauben. Diese Arbeit wurde von einem U.S. amerikanischen Institut mit Schwerpunkt in der Resilienzforschung übernommen, und in Rücksprache mit sämtlichen interessierten Partnern weitergeführt. Die Methoden umfassten Literaturrecherche, Analyse bestehender Tools zur Berechnung von Resilienz, Klärung und Unterscheidung von Begriffen, die im Kontext von Resilienz genutzt werden, wie Versorgungssicherheit, Effizienz, krisensichere Versorgung und Autarkie.

Die angewendeten Methoden haben sich in der Umsetzung bewährt. Herausfordernd war es, die Begrifflichkeiten zu klären, und Voraussetzungen und Zielsetzung in unterschiedlichen Ländern zu erfassen. Bei den Zielsetzungen der Energieplanung wurde ein internationaler Vergleich angestrebt. Dieser ist jedoch nicht immer einfach: Beispielsweise werden Energieziele auf unterschiedliche Flächen (Nutzfläche, Bruttogeschoßfläche) bezogen oder für verschiedene Systemgrenzen angegeben (Endenergie, Primärenergie). Zunächst war es daher nötig am gemeinsamen Verständnis der Begriffe zu arbeiten.

Im Subtask B „Collection of Existing Case Studies and Implementation of Pilot Studies“ unter Leitung von AEE INTEC wurden zunächst relevante Vorhaben (Neubau und Sanierung) gesammelt und analysiert. Dabei wurden nicht nur positiv verlaufene Prozesse untersucht, sondern auch fehlgeschlagene, da hieraus ein größerer Erkenntnisgewinn über Bottlenecks und Do's und Dont's erwartet wurde. Mit Hilfe eines Fragenkataloges wurden Aspekte der Energie-Master-Planung erhoben:

- Welche Mittel, Werkzeuge und Methoden wurden angewendet?
- Welche StakeholderInnen werden wann und warum in den Prozess eingebunden?
- Welche Erfahrungen wurden im Planungsprozess gewonnen?
- Was würde man beim nächsten Mal anders angehen?

Bei der Evaluierung wurde besonderes Augenmerk auf kritische Funktionen, Maßnahmen zur Sicherung der Versorgung kritischer Strukturen, das integrale Planungskonzept und den Einfluss der aktuellen Gesetzeslage in Österreich in der Planung gerichtet. Dies geschah via Literatur- und Internetrecherche und Gespräche mit StakeholderInnen und EigentümerInnen. In Österreich wurden die Planungsprozesse zur Modernisierung des Campus Technik in Innsbruck und zum Neubau des WU-Campus untersucht. Die Bundesimmobiliengesellschaft als Gebäudeeigentümer stellte Projektunterlagen zur Verfügung. Die Projektleiter beantworteten die Fragen der Forscher schriftlich und im Interview. Zum WU-Campus wurden ergänzend die Ausschreibungsunterlagen zur Verfügung gestellt. Auch öffentlich verfügbare Daten zum Architekturwettbewerb und der Masterplanung wurden genutzt.

Die in Subtask B angewendeten Methoden haben sich im Großen und Ganzen bewährt, die Ergebnisse zu Fallstudien<sup>4</sup> und Pilotstudien<sup>5</sup> wurden jeweils in Buchform veröffentlicht. Jedoch zeigte sich die Schwierigkeit einen Prozess zu analysieren, der noch im Gange ist. In Österreich war eine weitere Fallstudie zu einem Bauprojekt geplant, das jedoch noch nicht abgeschlossen war. Die Analyse zeigte sich als schwierig, wenn nicht gar unmöglich, und wurde daher nicht vervollständigt. Ursachen dafür waren unter anderem Zeitmangel der verantwortlichen ProjektleiterInnen, sehr komplexer Gesamtprozess, Informationsmangel bezüglich Notversorgung, als auch die Schwierigkeit vor Fertigstellung Fehler und Erfolge zu nennen.

Ergebnisse des Subtask C „Description of Existing and Innovative Technologies, Architecture and Calculation Tools for Performance of Central Energy Systems“ sind

- eine Datenbank mit technischen Komponenten für Energiesysteme, mit allen Detailinformationen, die für die Berechnung von Kosten, Effizienz, Umweltauswirkungen und Resilienz nötig sind.
- eine Sammlung und Kategorisierung von Energiesystem-Architekturen.

Das österreichische Team hat hier speziell mit Daten zu Technologien beigetragen, die hierzulande breite Anwendung finden oder entwickelt, beforscht beziehungsweise produziert werden, wie thermische Speicher, Batterien, Kombimodule für Strom und Wärme (PVT) und Bauteilaktivierung. Ebenso wichtig war der Beitrag von typischen und innovativen Systemarchitekturen für die Energieversorgung.

Ein weiterer wesentlicher Punkt im Subtask C war die Zusammenfassung der verwendeten Simulations-, Planungs- und Berechnungstools. Dies geschah via Literatur- und Internetrecherche, Gespräche und Workshops mit öffentlichen Körperschaften, Planungsbüros und TechnikerInnen. Auch dabei ergänzte das österreichische Team die internationale Recherche. Im Gegensatz zu anderen Ländern gibt es hier mehr Knowhow zur Nutzung von Geothermie, Solarthermie, Biomasse aber auch Windsimulationen für öffentliche Räume.

Die vorgesehenen Methoden haben gut funktioniert. Besonders positiv hervorzuheben ist die Kategorisierung von Architekturen von Energiesystemen durch die schematische graphische Darstellung. Damit kann die Resilienz eines Systems sehr einfach und auch für Laien verständlich dargestellt werden.

Eine Herausforderung in Subtask C war, dass in großen Projekten sehr viele verschiedene Personen mit unterschiedlichsten Methoden arbeiten, aber dennoch als Ergebnis am Ende nur das gebaute Projekt selbst steht. Es gibt meist keine vollständige Dokumentation aller Planungsstadien und Arbeitsabläufe. Die für die Planung verwendete Software wird oft nicht dokumentiert, erst recht nicht, wenn die damit erhaltenen Ergebnisse nicht genutzt werden oder die Berechnungen erfolglos waren. Daher ist die Liste der genutzten Tools (siehe Casebook) meist nicht vollständig.

Im Subtask D „Develop Guidance for Net Zero Energy Master Planning“ wurde auf Basis der Ergebnisse der anderen Arbeitspakete ein Leitfaden für die Energie-Master-Planung erarbeitet. Der Leitfaden zeigt, welche Daten und Informationen wann notwendig sind, welche Schritte in Zusammenarbeit mit

---

<sup>4</sup> [Energy Master Planning for Resilient Public Communities – Case Studies](#)

<sup>5</sup> Ebenfalls in Kürze verfügbar unter <https://annex73.iea-ebc.org/publications>

welchen StakeholderInnen wann einzuleiten sind und welche Werkzeuge für Einzelschritte zur Verfügung stehen. Das Team aus Österreich hat in der Überarbeitung des Leitfadens mitgewirkt. Der Leitfaden ist sehr umfangreich geworden. Es stellte sich als schwierig heraus, dermaßen viele Informationen zu einem kompakten Dokument zusammenzuschließen. Der vorliegende Bericht versucht die wesentlichen Informationen in kurzer Form zusammenzufassen.

Im Subtask E “Develop a Functional Modeling Tool to Facilitate the Net Zero Energy Resilient Communities Master Planning Process” wurde eine Herangehensweise entwickelt, die sich auf bestehende Werkzeuge, Methoden und Simulationstools stützt. Dieser Planungsablauf spiegelt den Prozess im Leitfaden wider, siehe auch Abbildung 2. Der Prozess führt von der Erhebung notwendiger Eingabeparameter über die Konzeptentwicklung und Berechnung des Gesamtsystems bis hin zum Postprocessing, wo es um die Darstellung der Ergebnisse geht, beispielsweise in räumlichen oder zeitlichen Darstellungen. Zur Ergänzung wurde das ERIN (Energy Resilience in Networks) – Tool entwickelt, welches die Quantifizierung von Resilienz unter genau definierten Schön-Wetter und Schlecht-Wetter-Szenarien erlaubt. Für die Toolentwicklung war das Software-Entwickler-Team von Big Ladder Software verantwortlich.

Im Subtask F “Business, Legal and Financial Aspects of Net Zero Energy Master Planning” wurden Informationen zu ökonomischen, rechtlichen und finanzierungstechnischen Rahmenbedingungen für Energieresilienzplanung zusammengetragen und Limitierungen und Bottlenecks für geplante Umsetzungen erfasst. Dies geschah im internationalen Projekt via Literatur- und Internetrecherche und Gesprächen und Workshops mit Stakeholdern, Investoren, EigentümerInnen.

Für Österreich wurden dazu bei Fallstudien und Pilotstudien mögliche und umgesetzte Geschäftsmodelle, Beteiligungen und Verantwortlichkeiten erfasst. Außerdem wurden neue Modelle, wie das der Energiegemeinschaften, auf Anwendbarkeit geprüft. Ebenso wurden die Ergebnisse aus dem Annex auf Relevanz für Österreich geprüft.

# 5 Ergebnisse

## 5.1. Einleitung

In der internationalen Kooperation ‚Hin zu Resilienten Niedrigenergie Gebäudeverbänden‘ gab es mehrere Kernfragen, die beantwortet werden sollten:

- Wie wird derzeit in der Planung die Resilienz von Gebäuden und ihrer Energieversorgung berücksichtigt?
- Welche **Benefits** ergeben sich, wenn die Optimierung nicht auf Gebäudeebene, sondern für ganze Gebäudeverbände stattfindet?
- Wie kann das Thema Resilienz im **Planungsprozess** verankert werden, sodass integrale Lösungen möglich sind, bei denen resiliente Energiesysteme Vorteile bieten?
- Mit welchen **Geschäftsmodellen** kann die Resilienz von Energieverbänden verbessert werden?

In diesem Abschnitt des Berichts wird zunächst erklärt, warum Resilienz bei der Planung von Gebäuden eine größere Rolle spielen sollte, und warum auf Ebene der Gebäudeverbände angesetzt werden soll. Es wird auch nochmal auf die Ziele und Methoden des Projekts eingegangen.

Dann wird der Begriff Resilienz erklärt, wobei der Fokus klar auf Gebäuden und ihrer Energieversorgung liegt.

Als nächstes wird der Prozess der **Resilienz-inklusiven Energie-Master-Planung** beschrieben. Es folgen Informationen zu weiteren im Projekt entwickelten Werkzeugen

- das Modellierungs- und Optimierungstool für Energie-Resilienz von Netzwerken (ERIN-Tool)
- die schematische Darstellung von Energiesystemen, welche kritischen Funktionen berücksichtigt und eine schnelle Einschätzung der Resilienz erlaubt
- weitere im Projekt gesammelten Erfahrungen zum Planungsprozess
- Geschäftsmodelle, hier wird vor allem auf die Situation in Österreich eingegangen.

### ***Warum müssen wir Resilienz in der Energie-Master-Planung von Gebäudeverbänden verankern?***

Die Untersuchung der 33 Fallstudien, das heißt von 33 Best-Practice Beispielen für Energie-Master-Planung aus den beteiligten Ländern zeigt, dass in jedem Land unterschiedliche Methoden und gesetzliche Vorgaben genutzt werden, um bei den gegebenen Rahmenbedingungen resiliente Systeme zu schaffen. Insbesondere bei stabilen Rahmenbedingungen sind die Gefahren vor Ort bekannt, und die Verlässlichkeit von Energiesystemen ebenso. Es gibt gesetzliche Bestimmungen, welche die Resilienz sichern. Diese reichen von Bauverboten in gefährdeten Gebieten über Regeln zum Materialeinsatz und Ausmaß der Versiegelung bis hin zu Vorgaben bezüglich Notstromversorgung von kritischen Infrastrukturen.

Aus unterschiedlichen Gründen sind derzeit die Bedingungen nicht mehr ganz so stabil, und eine Neuorientierung ist zur Sicherung der Resilienz nötig. Diese Gründe wurden in den Fallstudien auch oftmals als Motivation für eine Neugestaltung von Gebäudeverbänden genannt:

- **Geänderte klimatische Rahmenbedingung**, wodurch beispielsweise Starkregen und Hitzeperioden häufiger werden und die Anforderungen an Systeme steigen.

- **Gestiegene Anforderungen** an die Versorgungssicherheit, wie derzeit durch die Elektrifizierung. Viele Funktionen, die noch von verschiedenen Systemen versorgt werden, sollen zukünftig vom Elektrizitätssystem abhängig sein.
- **Veränderte Versorgungssicherheit**, z.B. durch den aktuellen Umbau des Energiesystems oder veraltete Infrastruktur und Versorgungsengpässe.
- Es wird in Gegenden gebaut, wo es noch nicht so viel Erfahrung zu den Herausforderungen gibt.
- Die **Kapazität von Leitungen und Versorgung** ist ausgeschöpft, Lastspitzen können eventuell nicht mehr gedeckt werden.

Zusätzlich gibt es die hinreichend bekannten Gründe Energieeffizienz, geringere Treibhausgasemissionen und Energieerzeugung vor Ort, welche auch in den Fallstudien genannt werden:

- Gesetzliche Vorgaben und eigene Motivation, den Energieverbrauch zu senken
- Attraktivität für Nutzer, durch verantwortungsvolles Handeln
- Kosten für emittierte Treibhausgase und Energie
- Abhängigkeit von Energieerzeugern
- Nutzerkomfort auch bei Extremwetterperioden
- Verbessertes Mikroklima in und auch in der Umgebung von Gebäuden
- Möglichkeit, durch eigene Speicher und Energieerzeugung gewinnbringend am Markt teilzunehmen

Es gibt also genügend Motive für die Umsetzung von Resilienten Gebäudeverbänden mit niedrigem Bedarf an Energie – aber wie soll dieses Ziel erreicht werden? Aus guten Gründen wurde bisher – vor allem in der Sanierung – eher ein Gebäude nach dem anderen saniert. Schließlich erfordert der Optimierungsprozess für ganze Gebäudeverbände einiges an Geschick, Knowhow zu Energietechnik, eine gute Organisation, Kommunikation der StakeholderInnen und geeignete Geschäftsmodelle. Dies alles ist komplex – aber nicht unmöglich. Die internationale Kooperation IEA EBC Annex 73 hat sich dem Thema gewidmet. Um die Komplexität im akzeptablen Rahmen zu halten, lag der Fokus auf Gebäudeverbänden, welche im öffentlichen Besitz stehen und auch für öffentliche Zwecke genutzt werden – damit ist Kommunikation und Entscheidungsfindung oft leichter. Das Ziel von Annex 73 war die Entwicklung von Leitlinien und Instrumenten, die die Energieplanung von energieeffizienten öffentlichen Gebäudeverbänden unterstützen und die leicht zu verstehen und auszuführen sind.

### ***Welche Ergebnisse gibt es aus dem internationalen Projekt?***

In diesem Bericht sind die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Projekt zusammengefasst. Im Projekt erarbeitete Ergebnisse werden öffentlich zur Verfügung<sup>6</sup> gestellt. Diese sind für eine internationale Community und auf Englisch verfasst, und bieten neben dem Planungsprozess für Energieresiliente Quartiere viele weitere Informationen:

- Eine Anleitung zur Energie-Master-Planung von Gebäudeverbänden ([Guidebook](#))
- Ein weiterentwickeltes [Net-Zero Planungstool](#)
- Eine [Datenbank](#) zu Energiesystemarchitekturen und Technologien dafür

---

<sup>6</sup> <https://annex73.iea-ebc.org/publications>

- Ein Buch mit Fallbeispielen von Energie-Master-Planung (Casebook)
- Ein Bericht, der die Ergebnisse der im gegenständlichen Annex durchgeführten Pilot-Studien zusammenfasst

Ein wichtiger Teil des Projekts bestand darin, **Fallstudien** zur Best-Practice Energie-Master-Planung von Gemeinschaften und Gebäudeverbänden zu sammeln und zu untersuchen. Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, wie die Energie-Master-Planung für Gebäudeverbände oder ganze Gemeinden durchgeführt wird und wie sie verbessert und das Thema Resilienz integriert werden kann. In den teilnehmenden Ländern wurden 33 Fallstudien zur kommunalen Gesamtplanung für Militärlager, Universitäten, Forschungsinstitute, Krankenhäuser, kleine Gemeinden, Städte und Großstädte ausgewählt, untersucht und analysiert. In den meisten dieser Fälle befanden sich die untersuchten Gebäude und Systeme in öffentlichem Besitz. Diese Studien wurden dokumentiert und im Buch der Fallstudien [IEA EBC Annex 73 2021] veröffentlicht. Es enthält detaillierte Informationen über die treibenden Kräfte, die Ziele und die für die Planung, Umsetzung und Finanzierung verwendeten Methoden sowie über die erzielten Ergebnisse und Erfahrungen aus den Projekten.

Die Fallstudien zum Campus Technik in Innsbruck und zur Wirtschaftsuniversität Wien wurden auch in Form eines Posters und als Artikel veröffentlicht.

#### ***Welche Maßnahmen gibt es derzeit zur Steigerung der Resilienz von Gebäudeverbänden?***

Resilienz ist neben Energieeffizienz und Kosten in allen untersuchten Best-Practice Beispielen zur Energie-Master-Planung ein Thema. Je nach identifizierten Gefahren, gesetzlichen Rahmenbedingungen und kritischen Funktionen werden unterschiedliche Methoden zur Steigerung der Resilienz eingesetzt.

- Gefahren, die schon seit langer Zeit bekannt sind, wie Erdbeben und Überflutungen, wird meist durch **gesetzliche Vorgaben** oder **Anpassungen der Baukultur** Rechnung getragen
- In vielen Fällen reicht das **einmalige Auftreten einer Bedrohungssituation**, um in bestehenden Gebäuden Anpassungen vorzunehmen (Filter am Lüftungsgerät bei Pandemie, Klimagerät bei Hitzewelle, Gaskocher nach einem kürzeren Stromausfall und Ähnliches). Das ist in Ordnung, wenn dabei kein größerer Schaden entsteht. Allerdings sind die Anpassungen oft nicht mehr in optimaler Form möglich, so wäre zum Beispiel bei häufigen Hitzewellen eine größere thermische Masse sinnvoll, die auch unabhängig von der Stromversorgung ihren Beitrag leisten kann. Diese kann nachträglich aber nicht mehr einfach ergänzt werden.
- Bei der Gefahr von disruptiven Ereignissen, welche Gebäudeverbände zerstören, die Erfüllung von kritischen Funktionen nicht mehr erlauben, oder langfristige Schäden hinterlassen, sollte allerdings **nicht auf den Lerneffekt** gesetzt werden. Hier sollte schon vorher überlegt werden, wie der Schaden in akzeptablem Ausmaß gehalten werden kann.

#### ***Wie will die im Projekt entwickelte Methode die Resilienz von Gebäudeverbänden steigern?***

Der in der internationalen Kooperation entwickelte **Prozess** und die dazugehörigen Werkzeuge zielen darauf ab, schon frühzeitig – nämlich in der Planung - auf mögliche Bedrohungssituationen einzugehen, und Antworten darauf zu finden, welche gleichzeitig auch im Schönwetter-Szenario die Effizienz und Nachhaltigkeit verbessern sowie Treibhausgasemissionen senken können.

Damit können widerstandsfähige Gemeinschaften und Gebäudeverbände entstehen, mit geringem Energieverbrauch und einer kostengünstigen und sicheren Energieversorgung.

Die Resilienz des Energiesystems ist eines der wichtigsten Ziele bei der Auswahl und Auslegung von Energiesystemen. Bei Störungen sollen die Hauptfunktionen von Militäreinrichtungen, Krankenhäusern und Bildungseinrichtungen nicht beeinträchtigt werden. Für die Strom-, Wärme- und Kälteversorgung auf dem Campus kann eine Vielzahl von Energiesystemoptionen eingesetzt werden. Diese Optionen unterscheiden sich je nach den verwendeten Architekturen und Technologien und je nachdem, ob sie für einzelne Gebäude, Gebäudecluster, den Campus oder sogar ganze Gemeinden gelten. Die Maßnahmen zur Verbesserung der Systemstabilität sollen auf den von den Betreibern festgelegten Anforderungen beruhen. In der internationalen Kooperation wurde der Rahmen für solche Anforderungen entwickelt.

Die **Verankerung von Resilienz im Planungsprozess** führt zu integralen Lösungen, sodass nicht für jedes mögliche Bedrohungsszenario separate Lösungen realisiert werden müssen. Stattdessen entsteht ein Gesamtsystem, das jeweils an die aktuellen Rahmenbedingungen angepasst optimal genutzt werden kann.

Im Folgenden werden nun die wichtigsten Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit beschrieben, und es wird spezifisch auf die Bedeutung für Österreich eingegangen.

## 5.2. Resilienz in der Energie-Master-Planung

### ***Was ist hier mit Resilienz gemeint, wie kann man Resilienz beziffern und einfordern?***

Resiliente Energiesysteme sind solche, die sich an veränderte Bedingungen anpassen und sich schnell von Störungen erholen können, einschließlich vorsätzlicher Angriffe, Unfälle und natürlich auftretender Bedrohungen. Diese Systeme sind besonders wichtig für kritische Infrastrukturen wie Notfallzentren, Wasseraufbereitungsanlagen, Rechenzentren usw. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Fähigkeit eines Gemeinwesens zu bewerten, schnelle Veränderungen im Energieversorgungssystem aufzufangen und sich davon zu erholen.

"Resilienz" ist in diesem Zusammenhang definiert als die Fähigkeit eines bestimmten Standorts, sich an eine Unterbrechung der Energieversorgung anzupassen und sich davon zu erholen. Zur Quantifizierung der Resilienz wurden die folgenden Kennzahlen verwendet:

- **Robustheit** des Energiesystems (Energy Robustness; ER) - der Anteil des Energiebedarfs, welcher gedeckt werden kann, d. h. die Fähigkeit eines Systems, die Auswirkungen einer Versorgungsunterbrechung auszugleichen
- **Energieverfügbarkeit** (Energy Availability; EA) – gibt an, in welchem Anteil der Zeit ein System oder eine Komponente die erforderliche Funktion erfüllen kann
- **Maximale Unterbrechungszeit** (Maximum Single Event Downtime; MaxSED) – gibt an, wie lange ein Prozess trotz unterbrochener Versorgung aufrechterhalten werden kann oder wie lange das Gebäude bewohnbar bleibt, d.h. wie lange die Energieversorgung maximal unterbrochen sein darf.

Eine Übersicht der Ereignisse, welche kritische Funktionen sowie deren Energieversorgung gefährden können, ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Untersuchte Gefahren, aus der Masterarbeit "Nachhaltigkeit und Resilienz von öffentlichen Gebäudekomplexen" erstellt 2021 im Rahmen des Projekts.

Natürliche Gefahren	Anthropogene/Technische Gefahren
Sturm/Wind	Technischer Ausfall
Überschwemmung	Wartungsarbeiten
Feuer	Einbruch
Blitzschlag	Schadstoffeintrag
Eis/Schnee	Terroranschlag
Muren, Rutschungen	
Erdbeben	
Extreme Hitze	
Extreme Kälte	
Dürre	
Vulkanausbrüche	
Tsunami	

Hier geben wir auch noch einige Beispiele für derzeit und zukünftig mögliche Szenarien, und mögliche Maßnahmen zur Vorsorge.

- Durch **Ausfall der Netzversorgung** fällt die Energieversorgung zur Kühlung eines Datacenters aus. Eventuell besteht noch eine Notversorgung der Computer, aber die Wärme kann nicht mehr abgeführt werden. In diesem Fall muss das Datacenter kontrolliert heruntergefahren werden um Datenverlust zu vermeiden, oder aber es gibt eine alternative Lösung zur Kühlung, welche nicht von der Netzversorgung abhängig ist (Beispielsweise wäre eine passive Lösung durch einen Kühlturm denkbar, aber auch die Möglichkeit, Fenster zu öffnen, Ventilatoren, Rückgewinnung der Abwärme für Heizung)
- Während einer längeren **Hitze- und Dürreperiode** fehlt Wasser für Kühlprozesse und Energieerzeugung. Wasserspeicher, sowie natur-basierte Methoden zur Erhöhung des Grundwasserspiegels können hier vorbeugen. Auch alternative Energieerzeugung durch Photovoltaik kann zur Schonung von Wasserbeständen genutzt werden, ebenso wie Lastmanagement und Reduktion auf kritische Prozesse
- **Häufigere Stürme** könnten in Zukunft öfters zu Netzausfällen führen. Gegenmaßnahmen sind dezentrale Energiesysteme, Verlegung von Erdkabeln und Anpassung der Vegetation bei Leitungen
- Elektrische Leitungen erhitzen sich beim Transport hoher Energiemengen. Ist auch die umgebende Luft in einer Hitzeperiode schon sehr heiß, kann dies zu Problemen mit den Kabeln führen, und die transportierte Energiemenge muss reduziert werden, um Schäden zu vermeiden
- Ein **technischer Ausfall eines Wärmeerzeugers** kann zur Unterbrechung der Wärmeversorgung von vielen Menschen führen. Alternative Wärmequellen und Nutzung von Speichern können die Auswirkungen mindern, ebenso eine gute Gebäudedämmung.

In Energiesystemen wird oft von **Lasten** gesprochen. Jedes Gerät oder jede Funktion eines Gebäudes kann als Last bezeichnet werden – und zwar eine Last für die elektrischen und thermischen Versorgungssysteme. Jeder Last werden Ziele zugeordnet, welche es zu erfüllen gibt, im Sinne einer

maximalen Ausfallszeit, der Versorgungstemperatur oder der Qualität der Stromversorgung. Außerdem werden Lasten kategorisiert je nach ihrer Bedeutung für die Gebäudenutzer: So ist zum Beispiel die Kühlung von unternehmensrelevanten biologischen Proben in einem Forschungszentrum von hoher Wichtigkeit, die Abluftanlage der Toiletten kann hingegen auch für einige Stunden ausgeschaltet werden.

Bei der **thermischen Resilienz** gibt es zwei Ebenen: Die erste Ebene ist die **Bewohnbarkeitsschwelle**, die sich auf die Fähigkeit des Gebäudes bezieht, eine Temperatur aufrechtzuerhalten, die menschliches Leben zulässt. Ein bewohnbarer Zustand ist definiert als ein Gebäude, das eine Temperatur von 16 °C aufrechterhält oder überschreitet. Die zweite Ebene der Resilienz ist die **Nachhaltigkeitsschwelle**, d. h. der Punkt, bei dessen Unterschreitung das Gebäude Schaden nimmt, beispielsweise aufgrund von einfrierenden Wasser- und Abwasserleitungen, einfrierenden Feuerlöschsystemen, der Unfähigkeit, empfindliche Inhalte/Ausrüstungen zu schützen, oder Schimmelbildung bei einem längeren Ausfall der Klimatisierung. Die Nachhaltigkeitsschwelle wird mit 4 °C definiert. Im Zusammenhang mit der thermischen Belastbarkeit wird die maximale Ausfallzeit für ein einzelnes Ereignis also so definiert, dass sie angibt, wie lange ein Gebäude bewohnbar bleibt oder Schaden am Gebäude abgewehrt werden kann. Wie auch Simulationen zeigen, wirken sich thermische Masse, luftdichte Hülle und Wärmedämmung positiv auf die Zeitdauer der Nutzung eines Gebäudes bei Ausfall der thermischen Versorgung aus.

### 5.3. Resilienz-Planungs-Prozess

#### Wie soll Resilienz im Prozess der Energieplanung berücksichtigt werden?

Im Rahmen des IEA Annex 73-Projekts wurde ein siebenstufiger Prozess zur Planung des Übergangs zu einem widerstandsfähigen und synergetischen Energie- und Ressourcensystem entwickelt (siehe Abbildung 2), der im Leitfaden ausführlich beschrieben wird. Der Prozess kann sowohl in der Sanierung als in der Neubauplanung angewendet werden. Er bezieht sich auf ein Quartier oder einen Gebäudeverbund. Neben dem Regelbetrieb oder Blue-Sky Fall berücksichtigt der Prozess auch den Black-Sky oder Schlecht-Wetter Fall, in dem der Gebäudeverbund unter erschwerten Rahmenbedingungen gewisse kritische Funktionen weiter erfüllen soll. Manche Funktionen verlieren für einen begrenzten Zeitraum ihre Relevanz, andere kommen eventuell neu hinzu. Hier beschreiben wir den Prozess in Kürze, mehr Details sind im offiziellen Leitfaden zu finden, die Anwendung des Prozesses ist im Buch der Pilotstudien beschrieben. Es sei hinzugefügt, dass der entwickelte Prozess durchaus Spielraum für Interpretationen lässt. In der Anwendung zeigt sich, dass je nach Team auch die Umsetzung variiert. Im Wesentlichen geht es darum, Resilienz von Beginn an im Planungsprozess zu verankern, und nicht für alle Gebäude / Bedrohungen separate Rechnungen anzustellen, sondern integrale Lösungen zu finden.

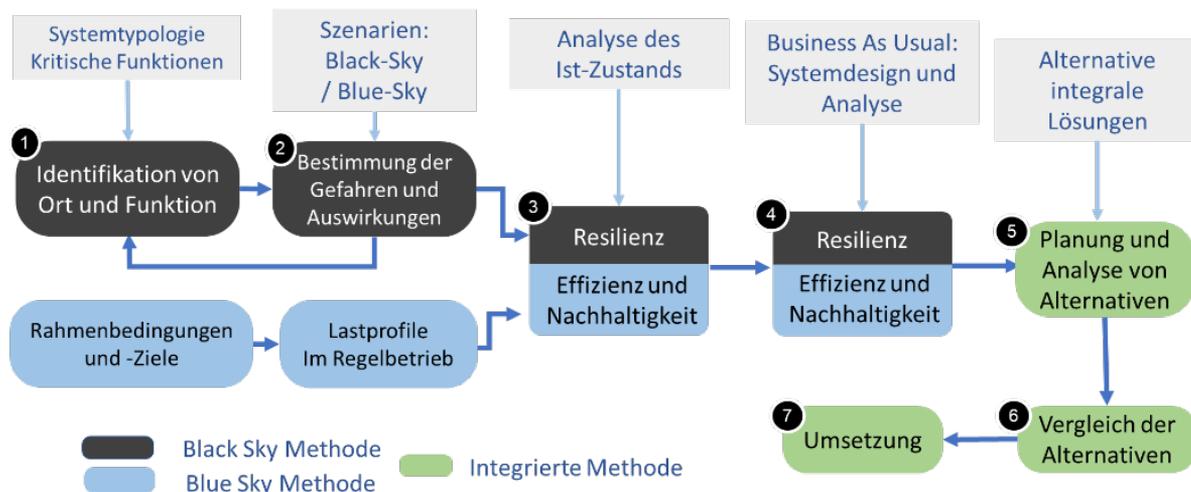


Abbildung 2: Der im Projekt IEA EBC Annex 73 entwickelte Resilienz-Planungs-Prozess führt in sieben Schritten zum resilienten Quartier. Zunächst werden der Regelbetrieb und die Bedrohungsszenarien in jedem Schritt separat behandelt (Blue Sky und Black Sky), dann wird Resilienz in die Entwicklung von Lösungen integriert (Integrierte Methode).

Der **erste Schritt** vom Resilienz-Planungs-Prozess besteht darin, den Standort und seine wichtigsten Merkmale zu ermitteln. Gebäudeverbände beispielsweise von Bildungseinrichtungen oder Militäreinrichtungen erstrecken sich zwar oft über ein großes Gebiet, doch der Großteil der Infrastruktur ist auf einer relativ kleinen Fläche konzentriert. Dies bietet eine relativ kostengünstige Möglichkeit, widerstandsfähige Energiesysteme für kritische Infrastrukturen zu gewährleisten. Da sich die meisten Gebäude in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, ist es in einem Notfallszenario relativ einfach, die Energieverfügbarkeit zu erhöhen und die Wiederherstellungszeit zu verkürzen.

Der **zweite Schritt** besteht darin die Lastprofile im Regelbetrieb zu definieren, genauso wie Bedrohungen und ihre Auswirkungen. Letzten Endes geht es hier darum herauszufinden, was der Gebäudeverband im Normalfall leisten muss, und welchen Gefahren er standhalten soll. Hier werden auch die ‚Schön-Wetter‘ und ‚Schlecht-Wetter‘ Szenarien entwickelt, für welche später Berechnungen durchgeführt werden sollen.

**Schritt drei** ist die Analyse des Ist-Zustandes, auch Baseline genannt. Anhand der Baseline können bestehende Defizite ermittelt werden: Hier wird geprüft ob im Ist-Zustand die für Nachhaltigkeit, Kosten und Resilienz ermittelten Zielwerte erreicht werden, und zwar im Schön-Wetter Szenario bzw. Regelbetrieb, und in den Schlecht-Wetter Szenarien – falls die identifizierten Gefahren eintreten.

Der **vierte Schritt** beinhaltet den Base-Case oder Business As Usual (BAU). Was passiert, wenn mit dem Gebäudeverband alles so weitergeht wie geplant? Wie resilient, kostengünstig und emissionsarm werden die Gebäude dann sein?

Nachdem die Basisszenarien erstellt und analysiert worden sind, werden im **fünften Schritt** alternative Lösungen identifiziert und ebenso analysiert und bewertet wie zuvor der Ist-Zustand und der BAU-Zustand. Lösungsansätze können beispielsweise effizientere Technologien, Strategien zur Abmilderung der Auswirkungen von Bedrohungen aber auch Notfallpläne und Energiespeicher umfassen. In **Schritt sechs** werden diese Lösungen miteinander verglichen, so dass die am besten geeignete Strategie in **Schritt sieben** zur Umsetzung gebracht werden kann.

Wesentlich ist für den Resilienz-Planungs-Prozess, dass die Resilienz ebenso wie Effizienz und Nachhaltigkeit in Zahlen angegeben werden kann. Nur dann ist es möglich, diese Themen gemeinsam zu bewerten. So erlaubt zum Beispiel eine Multikriterien-Analyse wie es der Name sagt eine Analyse mehrerer Kriterien auf einmal. Dazu ist es aber nötig, die Kriterien auf ähnliche Weise und am besten in Zahlen auszudrücken.

Daher wurde im Projekt eine Methodik für die Berechnung von Kennwerten der Resilienz entwickelt und in einem Software-Tool umgesetzt, welches Nachfolgend beschrieben wird.

Diese Methode wird auch im Grundlagenwerk „Handbuch elektrische Energieversorgung“, das 2022 erscheinen wird, dem deutschsprachigen Raum vorgestellt.

## 5.4. Berechnung der Resilienz – ERIN Tool

### ***Wie kann die Resilienz von Energiesystemen quantifiziert werden?***

Zur Quantifizierung der Widerstandsfähigkeit werden verschiedene Messgrößen verwendet, darunter Robustheit, Wiederherstellungszeit, Verfügbarkeit und Qualität. **Robustheit** ist die Fähigkeit eines Systems, Erschütterungen des Systems zu absorbieren und sich davon zu erholen. Die Zeit zwischen dem Auftreten einer Störung und der Wiederherstellung des Systems wird als **Ausfallzeit** bezeichnet. Lasttypen können für unterschiedliche Zeitdauern ausfallen, diese sind durch die maximale Ausfallzeit für ein einzelnes Ereignis (MaxSEDT) begrenzt. Die Kenntnis der **maximal möglichen Ausfallszeit** ermöglicht es Energiemanagern, Lasten je nach Energieverfügbarkeit zu priorisieren. Die **Wiederherstellungszeit** (Recovery Time) ist die Zeit, die ein System benötigt, um von "aus" auf "ein" umzuschalten. Je nach Art des Ereignisses kann es bei bestimmten Systemen länger dauern, bis sie sich wieder vollständig erholen, weshalb es wichtig ist, diese Kennzahl zu

quantifizieren. Die **Energieverfügbarkeit** bezieht sich auf die Energiemenge, die an eine Last geliefert werden kann. **Energiequalität** ist vor allem bei elektrischen Systemen wichtig, da viele Verbraucher ein gewisses Level an Energiequalität (Spannungsbereich, Frequenz etc.) einfordern.

Das im Projekt entwickelte ERIN-Tool wurde im Projekt von Big Ladder Software umgesetzt und steht in der aktuellen Test-Version zum [Download](#) zur Verfügung. Es simuliert Energieflüsse durch ein Energiesystem, das aus einem interaktiven Netzwerk von Komponenten besteht. Das Tool

- berücksichtigt sowohl die Zuverlässigkeit (Ausfall und Reparatur) als auch die Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Szenarien (Bedrohungen der Auslegungsgrundlage).
- modelliert die Topologie und Interaktion zwischen einer unbegrenzten Anzahl von Energienetzen.
- liefert dem Modellierer/PlanerInnen wichtige Metriken für Energieverbrauch, Belastbarkeit und Zuverlässigkeit.

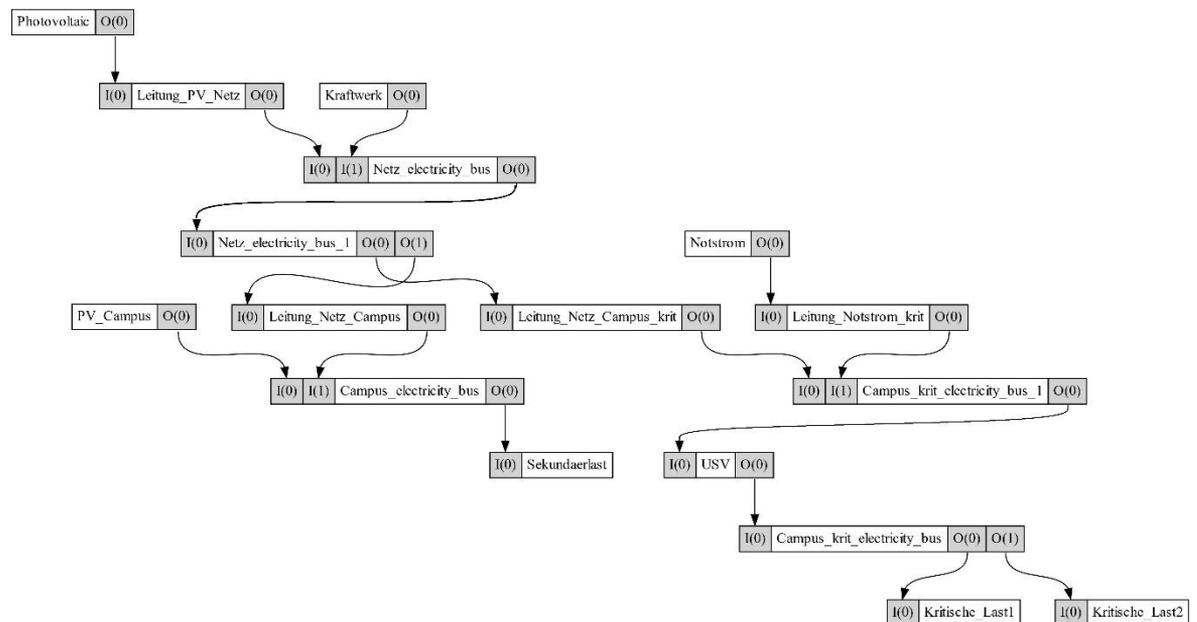


Abbildung 3: Das Energie-Resilienz (ERIN) Tool kann schematische Darstellungen von Energiesystemen erzeugen (Quelle: Buch der Pilotstudien von Annex 73)

Das Software-Tool erlaubt auch die **Visualisierung von komplexen Energiesystemen**, wie in **Abbildung 3** **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Das ERIN-Tool ist zwar nicht ganz einfach in der ersten Anwendung, bietet aber die Möglichkeit, nicht nur Energie, sondern auch Stoffströme zu modellieren. Dieses Tool könnte demnach eingesetzt werden um die Umwandlung, Speicherung und Gewinnung von verschiedenen Materialien darzustellen und zu simulieren.

Ähnliche Werte können mit etwas mehr Programmieraufwand mit anderen Tools wie IDA ICE, EnergyPro und TRNSYS berechnet werden. Welche Methode letztendlich gewählt wird, hängt von der Struktur des Teams, von der Erfahrung der beteiligten Fachleute und von den anderen verfügbaren Instrumenten ab. Eine alternative Methode besteht darin, zunächst verschiedene alternative

Konzepte zu finden, die das gleiche Maß an Resilienz gewährleisten, und dann eine **Kosten-Nutzen-Analyse** durchzuführen.

## 5.5. Architektur von Energiesystemen

**Wie können Energiesysteme kategorisiert und dargestellt werden?**

Ein wertvolles Ergebnis des internationalen Projekts ist der Katalog der **Energiesystemarchitekturen**: Im Rahmen des Projekts wurde eine gemeinsame Methode zur Darstellung von Energiesystemarchitekturen entwickelt. Diese sind im Leitfaden (Guidebook) dargestellt. Anhand dieser **schematischen Darstellungen** fällt es leichter, Energiesysteme bezüglich Resilienz zu analysieren und alternative Konzepte zu erstellen.

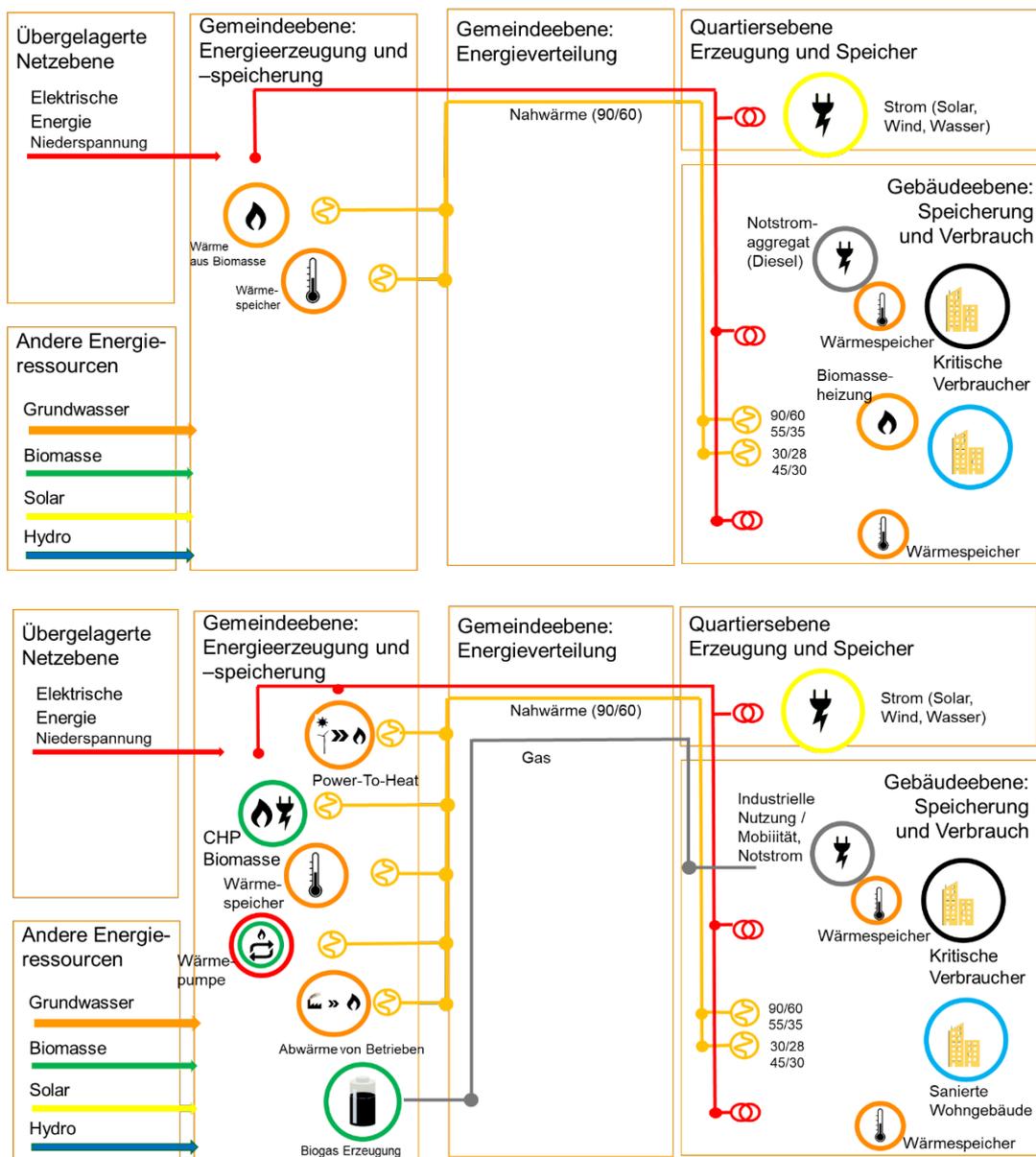


Abbildung 4 oben: In vielen Gemeinden in Österreich werden Gebäude zentral mit Strom versorgt. Ein Teil der Gebäude hängt an einem Biomasse-Nahwärmesystem. Für kritische Verbraucher gibt es fossil betriebene Notstromaggregate. Unten: ein integriertes, resilientes

Energiesystem verfügt auf Quartiersebene über Speicher, Erzeugungsanlagen und Möglichkeiten der Umwandlung. Abwärmequellen werden genutzt, ebenso wie die Möglichkeit, Energie z.B. als Biogas zu speichern.

Die Abbildung 4 zeigt, wie bei dieser Darstellungsform unterschieden wird zwischen Energiequellen und Speichern auf mehreren Ebenen. Bei resilienten Systemen gibt es tendenziell neben einer stabilen Netzversorgung auch Speicher auf Quartiersebene, sowie die Möglichkeit, Energie aus erneuerbaren Quellen längerfristig zu speichern, beispielsweise als Biogas.

Dem Bericht ist eine **Vorlage zur Anfertigung von Darstellungen** dieser Art angehängt.

## 5.6. Pilotstudie JKU Campus

### *Welche Ergebnisse haben wir für einen klassischen Universitätscampus in Österreich erhalten?*

In Österreich wurde im Jahr 2021 der Resilienz-Planungs-Prozess auf den Campus der Johannes Kepler Universität (JKU) in Linz angewendet. Dazu wurden Gespräche mit Verantwortlichen für Gebäude, Energie und Nachhaltigkeit der JKU geführt, ebenso wie mit Vertretern der Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) als Gebäudeeigentümer. Die vollständigen Ergebnisse sind in einer Masterarbeit<sup>7</sup> sowie im Buch der Pilotstudien vorgestellt. In diesem Bericht wird die Studie kurz zusammengefasst.

---

<sup>7</sup> <https://www.aee-intec.at/iea-ebc-annex-73-hin-zu-resilienten-oeffentlichen-bniedrigstenergiel-gebaeudeverbaenden-und-siedlungen-p223>



Abbildung 5: Der JKU Campus besteht aus Gebäuden verschiedener Baualtersklassen, die eines nach dem anderen den neuen Anforderungen angepasst werden.

Der JKU Campus ist ein typischer Universitätscampus in Österreich, im Vergleich zu vielen anderen Universitäten besteht hier jedoch ein räumlicher Verbund. Die Gebäude sind unterschiedlich alt, die meisten wurden zwischen 1960 und 1990 erbaut. Immer wieder wurden Gebäude modernisiert oder es kamen neue Gebäude hinzu, wie etwa im letzten Jahrzehnt der Science Park. Der Campus wird von der Linz AG mit Fernwärme (größtenteils Abwärme) und Strom (derzeit etwa 80% erneuerbarer Anteil in Oberösterreich) versorgt. Für kritische Funktionen wie Serverräume und Labore gibt es zwei Notstromaggregate, welche mit Diesel zu betreiben sind. Auf einem der neueren Gebäude befindet sich eine PV-Anlage, welche ins Netz einspeist. Bis 2030 möchte die JKU die Stromversorgung des Campus (bilanziell, jährliche Berechnung) komplett auf erneuerbaren Strom umstellen.

Im Prozess wurden zunächst Rahmenbedingungen, aktuelle Verbräuche und kritische Funktionen erfasst. Die aufgestellten Szenarien beinhalten neben dem Schönwetter-Szenario (inklusive Blackout mit geringer Wahrscheinlichkeit) auch die Bedrohungssituationen Überschwemmung, Murenabgang und Sturm, welche teilweise zu einer Unterbrechung der Netzversorgung führen. Die Resilienz bezüglich Wärmeversorgung wurde nicht detailliert berechnet: Stattdessen wurde anhand der Dämmung der Gebäude überschlagsmäßig berechnet, dass es erst nach mehreren Wochen ohne Wärmeversorgung zu Schäden an den Gebäuden kommt. Das ERIN-Tool wurde genutzt, um die Resilienz der Stromversorgung anhand der definierten Szenarien zu prüfen.

Nun ging es daran, die Varianten zu definieren und bezüglich Kosten, Emissionen und Resilienz zu analysieren. Das sind zunächst der IST-Zustand und der BAU – Fall, welche in diesem Fall als ident gesehen werden, da für die nächsten Jahre keine großen Änderungen am Campus bekannt sind.

Tabelle 2: Der Ist-Zustand entspricht dem BAU-Zustand. Energieverbrauch am JKU Campus, Verbrauchsdaten von 2020

<b>Energietyp</b>	<b>Verbrauch Baseline (MWh/Jahr)</b>
Strom	16.600
Davon kritischen Funktionen zugeordnet	5.518,8
Wärme	14.000
Kälte	1.680

Für die weiteren Varianten wurde folgende Zukunftsaussichten gewählt:

- **Variante 1:** Effizienzsteigerung der Gebäude hinsichtlich Wärme auf den aktuellen OIB-Standard. Die Effizienzsteigerung bei elektrischen Lasten (Leuchtmittel etc.) kompensiert Mehrverbräuche durch z.B. höheren Kühlbedarf und Elektrifizierung. D.h. der Wärmebedarf sinkt um etwa 36% auf ca. 45 kWh/m<sup>2</sup>a, der Strombedarf bleibt bei etwa 83 kWh/m<sup>2</sup>a.
- **Variante 2:** Effizienzsteigerung der Gebäude hinsichtlich Wärme durch eine hoch-qualitative Sanierung auf 32 kWh/m<sup>2</sup>a (etwa 54% Einsparung)
- **Variante 3:** Erzeugung von elektrischer Energie vor Ort. Beispielsweise ließe sich durch Nutzung der Dach- und Fassadenflächen etwa 20% des Strombedarfs vor Ort decken. Bei geeignetem Systemdesign ist es damit möglich, bei einem Netzausfall je nach Sonnenschein zusätzliche Funktionen zu versorgen, oder die kritischen Funktionen länger zu versorgen.
- **Variante 4:** Zusätzlich zu erneuerbarer Stromerzeugung kann ein Speicher installiert werden, welcher den Strombedarf für kritische Funktionen für einige Stunden deckt. Damit können einerseits im Regelbetrieb Stromüberschüsse aus der PV-Anlage zwischengespeichert werden. Andererseits kann bei einem Netzausfall der Speicher zur Versorgung von kritischen und auch anderen Funktionen dienen.

Natürlich können und sollen die Varianten kombiniert werden können. Es gibt aber auch **weitere Möglichkeiten**. Zum Beispiel könnte bei einer sehr guten Sanierung (Variante 2) ein **lokales Niedertemperatur-Wärmenetz** durch eine Wärmepumpe gespeist den Campus versorgen. Der Teich am Campusgelände könnte als Wärme- und Kältespeicher dienen, oder sogar zu einem **saisonalen Wärmespeicher** umgebaut werden. Beim Strom wären auch kleine Windturbinen an den Gebäuden möglich, und Speichern durch die Erzeugung von Biogas oder Biomethan.

Die gewählten Varianten eins bis vier wurden **hinsichtlich Resilienz, Kosten und Nachhaltigkeit geprüft**. Die Resilienz steigt bei allen Varianten an, ebenso können die Treibhausgas-Emissionen stark gesenkt werden. Die genauen Zahlen dafür hängen natürlich von der Berechnungsmethode ab, beispielsweise davon, ob ansonsten nicht genutzte Abwärme als emissionsfrei gewertet wird. Für die Berechnung der Emissionswerte in der Abbildung 6 (links) wurden, sofern vorhanden, reale Werte und ansonsten die von der OIB RL 6 vorgegebenen Faktoren verwendet. Durch die untersuchten

Varianten lassen sich die jährlichen flächenbezogenen **CO<sub>2</sub>-Emissionen** des Campus von etwa 24 kg/m<sup>2</sup>a um bis zu 31% senken. Die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich für eine ehrgeizige Sanierung und großräumige Photovoltaik-Anlagen. Der Strom-Speicher trägt nur mehr im geringen Ausmaß zu einer weiteren Verbesserung. Das Diagramm in Abbildung 6 rechts zeigt, dass die **Amortisationsdauer** der Vor-Ort Stromerzeugung bei einem hohen Energiekostenniveau (Q2 2022: 0,3€/kWh) sehr viel geringer ist. Investitionen in PV-Anlagen könnten sich demnach je nach Anlagenkosten sogar mit ca. 30% verzinsen.

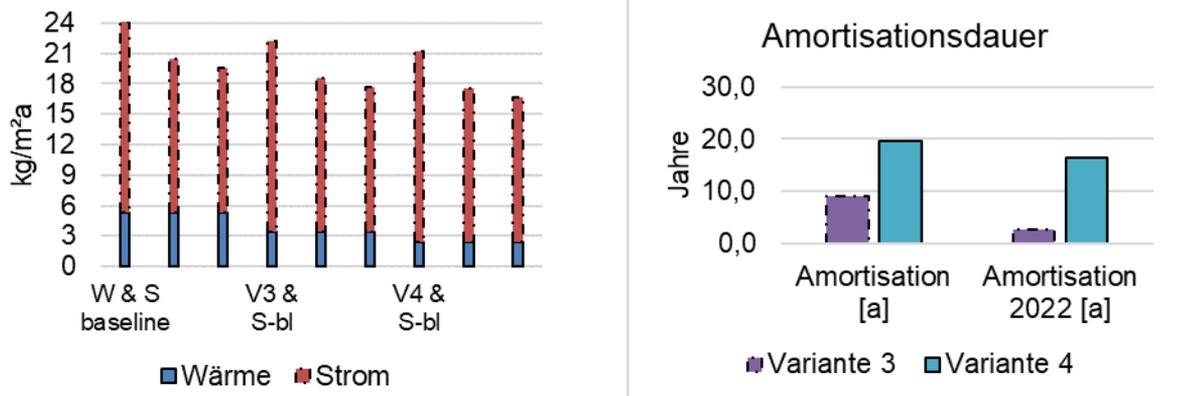


Abbildung 6: *Links*: Treibhausgasemissionen durch den Energieverbrauch des JKU Campus für Kombinationen der Varianten. *Rechts*: Amortisationsdauer für Stromerzeugung durch eine PV-Anlage (Variante 3) und PV Anlage mit großem Speicher (Variante 4).

Bei Investitionen für die Gebäudesanierung (Varianten 1 und 2) erhält man bei niedrigem Energiekostenniveau eine Verzinsung von 1-2%, bei hohen Energiekosten (0,3€/kWh) sind es 6-10%.

Sinnvoll wäre also, wenn weiterhin schrittweise die Effizienz von Gebäuden und Systemen angehoben wird, mit der Zielsetzung, die Gebäude irgendwann mit Niedertemperatur-Wärmequellen zu heizen. Lokale Energiequellen können auch aus Kostengründen und nicht nur für die gesteigerte Resilienz genutzt werden. Bei weiteren Planungen ist zu berücksichtigen, dass sich Extremwittersituationen weiter verstärken, vor allem kritische Funktionen wie Dateninfrastruktur muss durch bauliche Maßnahmen von Einflüssen geschützt werden. Mehr Details zur Pilotstudie des JKU Campus finden sich im Buch der Pilotstudien und in der Masterarbeit „Nachhaltigkeit und Resilienz von öffentlichen Gebäudekomplexen“ von Anna Schiehl (2021).

Hier noch einige methodenbezogene Schlussfolgerungen aus der Pilotstudie JKU Campus:

- Bei der Definition von Szenarien ist es sinnvoll, auch Lieferengpässe und starke Preisanstiege mitzudenken: So könnte ein zweites Schönwetter-Szenario auch hohe Kosten für Energie vorsehen
- Beim Finden von Varianten sollten viele mögliche Maßnahmen diskutiert werden, unter anderem auch die Nutzung von Grüner und Blauer Infrastruktur, um die Überhitzung von Außenräumen zu reduzieren. Ein zu strenger Fokus auf Energiesysteme und die Einschränkung auf wenige Technologien schränken den Blickwinkel zu sehr ein.

## 5.7. Erfahrungen aus dem Projekt

In Folge werden die Erfahrungen aus dem Projekt in Form von Frage und Antwort dargestellt. Diese Erfahrungen sollen den Resilienz-Planungs-Prozess besser greifbar machen und Hilfestellung in der Durchführung bieten.

### ***Warum sollte ich den Prozess der Resilienz-Energie-Master-Planung (EMP) anwenden?***

Die Methode der Resilienz-Energie-Master-Planung gibt konkrete Hinweise, wie Resilienz zu berücksichtigen und in den Planungsprozess einzubeziehen ist. Im Vergleich zu den bisher bekannten Verfahren führt die Methode zu einem sehr viel saubereren Prozess, der leichter nachvollziehbar ist und einen sinnvollen Vergleich der Ergebnisse ermöglicht. Ein Vergleich der Pilotstudien mit den vor dem Projekt durchgeführten Energie-Master-Planungen zeigt, dass vorher verschiedene Methoden, Werkzeuge, Datenbanken und eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze verwendet wurden. Die Schritte und Methoden hängen sehr stark davon ab, wer den Prozess durchgeführt hat. Mit dem standardisierten Prozess gibt es mehr gemeinsame Elemente, im Wesentlichen folgen die Prozesse der Struktur in Abbildung 2. Der Prozess lässt dem Planungsteam einen großen Freiheitsgrad. Ein gründlicher Blick auf die Pilotstudien zeigt, dass je nach den beteiligten Personen und der Planungskultur des Gastlandes unterschiedliche Strategien, Methoden und Quantifizierungsinstrumente verwendet wurden.

### ***Wer sollte in den Prozess einbezogen werden?***

Verschiedene Interessengruppen sollten in den Prozess einbezogen oder zumindest in Betracht gezogen werden. Die Analyse der Interessengruppen ist wichtig, denn um gute Lösungen zu finden, ist es notwendig, gemeinsame Interessen zu finden und die Kosten sowie den Nutzen zu teilen. Außerdem haben die Beteiligten Zugang zu verschiedenen Informationen, die für den Prozess benötigt werden, wie beispielsweise aktueller Energieverbrauch, kritische Funktionen, Kosten, Alter und Reparaturstrategien von Komponenten. Auf jeden Fall sollen folgende Personen beteiligt werden:

- GebäudenutzerInnen oder Sicherheitsbeauftragte, welche die Funktionen der Gebäude kennen
- Gebäudemanager mit detaillierten Kenntnissen zu Gebäudehülle und Gebäudetechnik
- Personen mit Kenntnis der Notstromversorgung sowie der kritischen Funktionen
- Verantwortliche für die Energiesysteme
- GebäudeeigentümerInnen
- Entscheidungsträger im Zusammenhang mit den umgebenden Versorgungsnetzen
- Öffentliche Ämter (bezüglich Finanzierung, gesetzliche Anforderungen etc.)

Die dänische Pilotstudie zeigt, dass die Einbeziehung der Hauptakteure der lokalen öffentlichen Versorgungsunternehmen, wie Energieversorger, Abfallentsorger und Abwasserentsorger, den Prozess erleichtern kann.

### ***Wie können Ziele und Einschränkungen klar formuliert werden?***

In den ersten Phasen des Prozesses müssen die Ziele und Einschränkungen klar formuliert werden. Die Einschränkungen bestehen aus rechtlichen Rahmenbedingungen (beispielsweise Gesetze zur Energieeffizienz von Gebäuden) und ökologische Rahmenbedingungen (klimatische Bedingungen, lokal verfügbare Energiequellen, bestehende Netzversorgung) sowie wirtschaftliche Einschränkungen. Die Festlegung von Zielen kann manchmal schwierig sein, da die Erfahrung zeigt, dass verschiedene Interessengruppen unterschiedliche Ziele haben. So möchte der Verantwortliche

für die Finanzen Geld sparen, während der Verantwortliche für Nachhaltigkeit eher an der Senkung der Treibhausgasemissionen interessiert ist. Die für die Resilienz angegebenen Ziele hängen außerdem stark von den Folgekosten und den allgemeinen Konsequenzen der Unterbrechung kritischer Prozesse ab.

Beim Resilienz-Planungs-Prozess sollen Ziele bezüglich Resilienz, Kosten und Nachhaltigkeit entwickelt werden.

- **Resilienz-Ziele.** Dies können quantitative Ziele für die maximale Ausfallzeit oder die maximale nicht bediente Last sein. Es ist auch möglich, Ziele wie den Grad der Redundanz, die Vielfalt der Erzeugungsmechanismen, die maximale Kapazität oder die Reservekapazität zu definieren.
- **Wirtschaftliche Ziele.** Dies können die Kosten für die Versorgung pro Quadratmeter oder die Kosten für Energie (€/kWh) sein, aber auch eine bestimmte Amortisationszeit. Auch Werte für den Kapitalwert (wie in der dänischen Fallstudie, siehe Pilot Studies) oder die jährlichen Kosten der Versorgung können definiert werden.
- **Nachhaltigkeitsziele.** Dies kann beispielsweise der Anteil der erneuerbaren Energien, die Treibhausgasemissionen oder auch eine Nullbilanz aus gewonnener und verbrauchter Energie sein.

Während sich die Ziele bezüglich Kosten und Nachhaltigkeit im Laufe der Zeit ändern können, werden die Ziele bezüglich der Widerstandsfähigkeit wahrscheinlich bestehen bleiben und in unsicheren Situationen sogar an Bedeutung gewinnen.

### ***Welche Szenarien sollten bei der Analyse und dem Vergleich von Baseline-, Base Case- und Alternativkonzepten berücksichtigt werden?***

Beim Vergleich verschiedener Varianten erfolgt die Berechnung von Kennzahlen unter definierten Umständen, nämlich den Szenarien. Diese umfassen Blue-Sky Szenarien und Black-Sky Szenarien. In den Black-Sky-Szenarien treten die Gefahren wie Murenabgang, Netzausfall oder Hitzewelle ein. In den Blue-Sky-Szenarien tritt keine Störung ein, sondern es werden Annahmen über das künftige Preisniveau der Energieversorgung und die Kosten der Emissionen getroffen. Diese Daten werden oft von Energieagenturen bereitgestellt. Analysen und Erfahrungen aus den Pilotstudien zeigen, dass es sinnvoll ist auch Szenarien mit großen Änderungen des Preisniveaus zu berücksichtigen.

### ***Wie können alternative Konzepte gefunden werden?***

Die Pilotstudien zeigen, dass alternative Konzepte stark davon abhängen, was PlanerInnen wissen und in der Nachbarschaft oder in anderen Demonstrationsprojekten gesehen haben. Alternative Konzepte können gefunden werden, indem man verschiedene Komponenten zum bestehenden System hinzufügt oder von Grund auf neu beginnt. Die zu berücksichtigenden Elemente sind Energiespeicher (für Strom, Kälte, Wärme und andere Brennstoffe), Anlagen zur Nutzung von lokalen (erneuerbaren) Ressourcen, Umwandler – für die Sektorkopplung, Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, zusätzliche Leitungen für erhöhte Redundanz, Schutz kritischer Infrastrukturen und ihrer Versorgung vor direkten Schäden, Dokumentation, „Know-how“ und qualifiziertes Personal vor Ort, Reparierbarkeit der Komponenten oder Kontrollsysteme zur schnellen Erkennung von Problemen.

Eine vollständige Liste mit Kosten, Lebensdauer und Reparaturmerkmalen ist in der Technologiedatenbank zu finden. Auch ein Blick in die Aufstellung unterschiedlicher

Systemarchitekturen kann hier weiterhelfen, ebenso wie die Dokumentation der Fallstudien und Pilotstudien.

Oft gibt es eine große Anzahl möglicher alternativer Konzepte, so dass eine gewisse Vorauswahl notwendig ist. Die Erfahrungen aus den Pilotstudien zeigen, dass diese Vorauswahl sehr stark von der lokalen Kultur und den aktuellen Rahmenbedingungen geprägt ist, beispielsweise werden in den USA oft gasbetriebene CHP vorgeschlagen, in Österreich eher PV-Anlagen und Batterien, in Dänemark oft die Entwicklung großer und diversifizierter Wärmenetze und Sektorkopplung, in Finnland Großwärmepumpen. Weichen die Bedingungen stark von den erwarteten Szenarien ab, muss der Prozess eventuell neu aufgerollt werden. Daher empfehlen wir, im ersten Schritt viele Varianten zu notieren und sich nicht auf Standardkonzepte zu beschränken.

#### ***Muss die Reihenfolge der Schritte genau eingehalten werden?***

Die Erfahrungen aus der Pilotstudie des JKU-Campus führten auch zu der Erkenntnis, dass die hier skizzierten Schritte nicht als strikt aufeinanderfolgend durchgeführt werden müssen/können. So kann es beispielsweise sein, dass in späteren Phasen die Eingaben zu den ersten Schritten aktualisiert werden müssen. Dies gilt insbesondere für die ersten vier Schritte. Es ist sinnvoll, die Phasen in einer fortlaufenden Reihenfolge durchzuführen, aber auch die Flexibilität zuzulassen, frühere Schritte neu zu bewerten oder zukünftige Schritte zu planen. Unserer Erfahrung nach hat es sich bewährt, eine Excel<sup>®</sup>-Datei mit Blättern für die verschiedenen Phasen zu führen. Auf diese Weise ist es jederzeit möglich, Daten zu korrigieren oder Entscheidungen aus früheren Schritten zu aktualisieren.

#### ***Welcher Aufwand ist für den Prozess erforderlich?***

Der Prozess kann mit unterschiedlichem Aufwand durchgeführt werden. Es ist möglich, ein paar Stunden, ein paar Wochen oder sogar ein ganzes Jahr zu investieren. Die Dauer hängt sehr stark vom Informationszugang, dem Detaillierungsgrad der verfügbaren Informationen und dem erwarteten Ergebnis ab. Es ist sinnvoll, den Prozess zunächst als „Gedankenexperiment“ durchzuführen, um die erforderlichen Akteure und Daten zu ermitteln. Weitere Schleifen zur Vertiefung sind je Aufgabenstellung sowie Art des Planungsgegenstandes zu diskutieren.

#### ***Kann der Prozess auf jeder Ebene und an jedem Ort angewendet werden?***

Der Resilienz-Planungs-Prozess ist insofern nützlich, als er die Bewertung einer Reihe von Standorten in der ganzen Welt ermöglicht. Obwohl die Faktoren von Standort zu Standort unterschiedlich sind, bietet die Methode eine einheitliche Ausgangsbasis. Das Verfahren kann auf jeder Ebene angewendet werden, von einzelnen Gebäuden bis hin zu einer ganzen Region.

Im Buch der Pilot-Studien sind noch weitere Fragen und Antworten gelistet.

## **5.8. Geschäfts- und Finanzierungsmodelle**

Für die erfolgreiche Umsetzung von resilienten Gebäudeverbänden müssen geeignete Geschäfts- und Finanzierungsmodelle eingesetzt werden. Dazu unterscheiden wir zwei Typen von resilienten Energieversorgungssystemen, welche sich grundlegend im Geschäfts- und Finanzierungsmodell unterscheiden.

Danach wird näher auf die Umsetzung von integralen Lösungen für resiliente Versorgung eingegangen.

In den **Fallstudien** wurden folgende Maßnahmen zur Resilienzsteigerung und zugehörige Finanzierungsmodelle direkt am Gebäudeverbund identifiziert:

- WU Campus: Nutzung lokaler Energiequellen für Kosteneffizienz und Resilienz, Fernwärme als Backup und für Bedarfs-Peaks. Finanzierung gemeinsam mit Erst-Investition (Neubau), Rückzahlung der Investitionskosten über die Miete, Betriebskosten für laufende Ausgaben.
- JKU Campus und Campus Technik in Innsbruck: Im Rahmen der Sanierung oder auch aus anderem Anlass wie Servererweiterung werden Notstromaggregate verbaut, meist nicht in Kombination mit effizienzsteigernden Maßnahmen. Die Kosten werden auf die kritische Infrastruktur umgelegt, die dabei geschützt werden soll. Ist beispielsweise für einen Server ein Notstromaggregat nötig, dann liegen die zusätzlichen Kosten dafür beim Server oder der Informations- und Kommunikationstechnik. Jedenfalls investiert in der Regel der Gebäude-Nutzer (Universität) und nicht der Gebäude-Eigentümer.

Wir unterscheiden daher **zwei Typen der resilienten Energieversorgung**, in Abbildung 7: Links: Der Energieversorger oder Netzbetreiber stellen jetzt schon eine resiliente Energieversorgung zur Verfügung. Die Kosten dafür tragen die Energieverbraucher, und zwar über Netzgebühren. Rechts: Einige Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz sind direkt im Gebäudeverband angesiedelt. Es kann sich dabei um separate Notstromsysteme handeln, aber auch um integrale Systeme.

rechts, welche jeweils auch eine eigene Form der Finanzierung aufweisen:

- **Systemintegriert**: Effizienz, Redundante Leitung, Speicher und Erzeugungsanlagen beziehungsweise Quellen erhöhen die Resilienz des Gesamtsystems. Hier sind die zusätzlichen Kosten für Resilienz aufs gesamte Projekt verteilt, und werden i.d.R. über Mietkosten gedeckt bzw. durch niedrigere Energiekosten kompensiert. In der Sanierung können systemintegrierte Lösungen auch über Contracting bzw. Anlagencontracting finanziert werden.
- **Separat**: Es wird für spezifische Lasten wie Serverräume ein separates Notstromaggregat zur Verfügung gestellt. Die Kosten sind den kritischen Funktionen direkt zugeordnet.

Im Folgenden geht es vorrangig um Geschäftsmodelle für die Errichtung einer systemintegrierten resilienten Energieversorgung.

Der weitere Abschnitt enthält Informationen zu

- Maßnahmen und Geschäftsmodelle zur Steigerung der Resilienz vor allem durch erneuerbare Energien und Effizienzsteigerung im **Gebäudebereich**
- Optimierungen durch **Gebäudeverbände und Netze**
- Geschäftsmodell Ausbau und Optimierung der Elektrizitätsnetze
- Geschäftsmodelle für **Lastmanagement durch Tarifgestaltung**
- **Innovationen für Fernwärmesysteme** aus Dänemark, Finnland und Norwegen

Anschließend wird dargestellt, welche Maßnahmen und Geschäftsmodelle in Österreich zur Steigerung der Resilienz zur Verfügung stehen, und es werden Hindernisse und Lösungswege konkret anhand des fiktiven Universitätscampus aufgezeigt.

Maßnahmen und Geschäftsmodelle zur Steigerung der Resilienz vor allem durch erneuerbare Energien und Effizienzsteigerung im **Gebäudebereich**

In Österreich wurden seit den 1980ern viele Siedlungen mit *Solarthermieanlagen* ausgestattet. Diese decken einen Teil des Wärmebedarfs ab, der Rest wird z.B. über die Fernwärme bezogen. In einigen Fällen gibt es auch Überschusseinspeisung ins Netz (z.B. Salzburg Lehen im Sommerbetrieb). Auch *Photovoltaikanlagen* können die Resilienz steigern, wenn sie bei einem Netzausfall funktionieren (im Microgrid, mit Stromspeicher bzw. im Inselbetrieb). Bei *Plusenergiegebäuden* wird mehr Energie (Exergie) erzeugt als benötigt wird: Durch effiziente Anlagen und Abwärmenutzung kann Energie in Form von Strom verkauft werden. Plusenergiegebäude speisen überschüssige Energie ins Netz oder zukünftig auch in Energiegemeinschaften ein, damit – und mit den niedrigen Energiebezugskosten – rechnet sich das Investment. *Passivhäuser* erreichen bei Mehrinvestitionen von etwa 5% eine sehr hohe Effizienz. Dadurch ist die thermische Resilienz höher als bei normalen Gebäuden, elektrische Energie wird aus dem Netz bezogen. Das rechnet sich durch Einsparungen beim Verbrauch. Bei der Finanzierung von Sanierung oder Austausch der Wärmequelle gibt es die Möglichkeit des **Contractings**. Sowohl Energieversorgungsunternehmen (EVUs) als auch Anlagenhersteller nutzen dieses Geschäftsmodell, indem sie bei ihren Kunden in eine effiziente und kostengünstige Energieversorgung investieren und sich die Einsparungen dafür über einen definierten Zeitraum zurückzahlen lassen, zum Beispiel über fixe Energiekosten. Dieses Modell kommt beispielsweise in Schulen zum Einsatz, wenn Gebäudetechnik oder Wärmeerzeuger modernisiert werden. Die Effizienzsteigerung erhöht indirekt auch die Resilienz.

### **Energieverbund und Netze**

Das Projekt Plus-Energie Reininghaus Süd (+ERS) in Graz wurde im Annex 73 in der Vorlage für die Fallstudien geteilt. Geplant war die Regeneration von geothermischen Speichern durch einen **Energieverbund**: Ein Lebensmittelmarkt wäre zu günstiger Kühlenergie gekommen und die danebenstehenden Wohngebäude zu einer Regeneration der Speicher. Das hat leider in der Umsetzung nicht funktioniert, da die Marktbetreiber sich nicht auf das Geschäftsmodell einlassen wollten. In **Anergienetzen** oder kalter Fernwärme wie beispielsweise am Nordbahnhof Wien werden Gebäude mit einer Wärme/Kältequelle versorgt, die das Jahr über etwa konstante Temperatur zwischen 10 und 25°C aufweist. In den Gebäuden selbst wird diese Energie auf das gewünschte Temperaturniveau gehoben. Das Modell bietet viel Flexibilität, ist jedoch abhängig von der Stromversorgung der elektrischen Wärmepumpen in den Gebäuden.

### **Ausbau und Optimierung der Elektrizitätsnetze**

Die Resilienz der elektrischen Energieversorgung wesentlich durch Verbesserung der öffentlichen **Energienetze** gesteigert. Diese Variante wird von Netzbetreibern gegenüber privaten oder gebäudebezogenen Maßnahmen bevorzugt, und über Netzgebühren finanziert. Letztendlich müssen Energienetze beziehungsweise **Energieversorger** die Versorgungssicherheit durch das Netz gewährleisten. Dafür, dass ausreichend Energie und Rohstoffe dafür zur Verfügung stehen, sind aber auch die Politik und Verwaltung sowie der Markt verantwortlich. Politik und Verwaltung müssen die Rahmenbedingung dafür schaffen, dass genügend Energie erzeugt werden kann, und der Verbrauch der erzeugten Energie angemessen ist. Dazu nutzen sie Marktprinzipien wie Merit Order, aber auch Förderinstrumente für Bau und Betrieb von ausreichend Kraft- und Heizwerken.

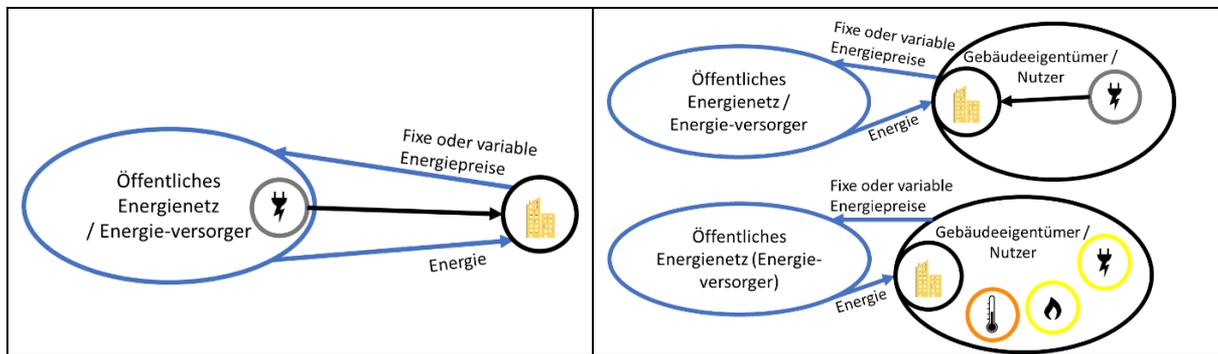


Abbildung 7: Links: Der Energieversorger oder Netzbetreiber stellen jetzt schon eine resiliente Energieversorgung zur Verfügung. Die Kosten dafür tragen die Energieverbraucher, und zwar über Netzgebühren. Rechts: Einige Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz sind direkt im Gebäudeverbund angesiedelt. Es kann sich dabei um separate Notstromsysteme handeln, aber auch um integrale Systeme.

Die Gestehungskosten für elektrische Energie variieren stark, je nach Verfügbarkeit von Energie aus erneuerbaren Quellen. Theoretisch kann Strom überallhin transportiert werden, praktisch gibt es aber Begrenzungen durch die Leistungsfähigkeit der Netze. Daher variieren Stromkosten zeitlich und räumlich, dies kann sich in Strompreisen widerspiegeln: Tarifgestaltung kann zu einem aktiven Lastmanagement führen, damit verfügbare Energie effizient genutzt werden kann.

### Lastmanagement durch Tarifgestaltung

Manche Energieanbieter bieten **je nach Versorgungssicherheit unterschiedliche Tarife**. Es kann zwischen unterbrechbarer Versorgung (niedrigerer Tarif) und nicht unterbrechbarer Versorgung unterschieden werden. Vor allem für leistungsintensive Industrien gibt es hier die Möglichkeit Geld einzusparen, indem Versorgungslücken in Kauf genommen werden. Ein älteres Modell zum Lastmanagement war der Nachtstromtarif, der inzwischen kaum mehr angeboten wird. Ein Windstromanbieter bietet **Überschussstrom** direkt für Kunden mit Wärmepumpen an. Dabei wird bei Überschussstrom automatisch die Wärmepumpe eingeschaltet, der Kunde zahlt dann einen niedrigen Tarif. Dieses Modell erlaubt die Nutzung von Strom, der ansonsten nicht erzeugt werden könnte. Alternativ kann damit auch das Stromnetz stabilisiert werden, was zur Resilienz beiträgt. Eine Variante dieses Modells ist die PowerToHeat Anlage am Neusiedlersee<sup>8</sup>, wo Überschussstrom ins Wärmenetz eingespeist wird. **Energiegemeinschaften** haben ein ähnliches Modell. Sie liefern nur, wenn Strom aus teilnehmenden Erzeugungsanlagen zur Verfügung steht. Der normale Energieversorger stellt Energie in der vereinbarten Qualität zur Verfügung, mit der die übrige Last durch das Netz gedeckt wird. Energiegemeinschaften können dazu genutzt werden, integrale resiliente Lösungskonzepte für Gebäudeverbände umzusetzen. Mögliche Varianten sind in der Tabelle 4 beschrieben.

### Innovationen für Fernwärmesysteme aus anderen Ländern

Weitere Maßnahmen mit Effekt auf Resilienz wurden aus anderen teilnehmenden Ländern berichtet, detaillierte Informationen dazu finden sich im Buch der Fallstudien: In Dänemark wirkt das **diversifizierte Fernwärmenetz** positiv auf die Resilienz: Hier wird Sektorkopplung genutzt, um möglichst günstige und klimaneutrale Wärme zu erzeugen. Die Diversifizierung steigert auch die Resilienz, da damit Strom- und Wärmenetze stabilisiert werden können. Finanziert wird das System

<sup>8</sup> <https://www.forschung-burgenland.at/projekte/projekt/hybrid-dh-demo/>

quasi-öffentlich, beziehungsweise über die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf. Finnland nutzt **zusätzliche Speicher für Wärme und Kälte**, für die kosteneffiziente Erzeugung von Kälte und Wärme durch Großwärmepumpen. So stehen Abwärme und „Abkälte“ auch später noch zur Verfügung. Die Speicher erhöhen nebenbei die Resilienz, die Frage nach der Finanzierung stellt sich nicht, da diese Lösungen Energie kostengünstiger bereitstellen als bisher genutzte Systeme. Für Dänemark und Finnland gilt, dass Wärme zwar relativ kostengünstig abgegeben wird, aber Kälte eben nicht. Durch den **Verkauf von Kälte** sollen Gewinne erzielt werden bzw. soll die Wärme-Erzeugung querfinanziert werden. In Australien werden **Kältespeicher und Effizienzsteigerungen** bei Verbrauchern eingesetzt, um Lastspitzen abdecken zu können, da die vorhandene Kapazität nicht ausreicht. Die Alternative wäre ein Ausbau der Versorgungsnetze, der aber vom Betreiber nicht angeboten wird. Netzbetreiber können also die Resilienz durch **Diversifizierung, Speicher und Redundanzen in Verteilung und Bereitstellung von Energie** erhöhen. Die höheren Investitionskosten für das komplexe Systeme bieten dafür im Betrieb die Möglichkeit, an die Marktsituation angepasst zu agieren, sodass die Kosten für Verbraucher gar nicht höher sind. Eine weitere Einnahmequelle ist der Verkauf von „Abfall“-Produkten wie Kälte.

Hier sei nun dargestellt, welche Maßnahmen und Geschäftsmodelle in Österreich genutzt werden können, um die Resilienz zu steigern:

- Schließen von Stoff- und Energiekreisläufen, kaskadische Nutzung
- Finanzierung durch Contracting
- Mögliche Zusammenarbeit mit Versicherungen
- Mobile Stromaggregate für Notstromversorgung oder als Zwischenlösung

Auf **Quartiersebene** steigt die Redundanz durch **Effizienz** sowie **lokale Quellen und Speicher**, wie bei der Grundwassernutzung am neuen WU Campus in Wien. Auch das **Schließen von Energiekreisläufen** durch Nutzung von Abwärme oder Klärabfällen<sup>9</sup> trägt zur Resilienz bei: Dies wird wirtschaftlich belohnt durch einen höheren Energienutzungsgrad und geringere Netzgebühren, aber auch mit erhöhter Versorgungssicherheit. Diese Entwicklung kann sowohl ein lokaler Netzbetreiber betreiben, als auch der Zusammenschluss von Energienutzern, beispielsweise eine Energiegemeinschaft. Die Maßnahmen können entweder von den betroffenen NutzerInnen oder - beim Contracting - von einem Investor vorfinanziert werden. Für Wirtschaftsbetriebe gibt es mit TrustEE<sup>10</sup> ein Tool zur Einschätzung von Einsparungen, damit Banken das Risiko abschätzen und günstige Kredite geben können. Derzeit gibt es auch über verschiedene Programme Förderungen für Maßnahmen der Energiewende, beispielsweise mit der Ausschreibung Transformation der Wirtschaft. Während in den letzten Jahrzehnten Gebäudedämmung bei stagnierenden Energiepreisen wenig Gewinn brachten, führen die derzeit hohen Energiepreise (Stand Q3 2022) und gleichzeitig geringe Verzinsung anderer Investments dazu, dass Maßnahmen an Gebäuden wie Gebäudedämmung und effiziente Gebäudetechnik eine gute Veranlagung bieten.

Finanzierbar sind diese Investitionen auch durch Contracting oder Anlagencontracting.

**Contractinganbieter** investieren in die Energieeffizienz von Gebäuden, und lassen sich dies durch vorher fix vereinbarte Energiekosten zurückzahlen. Dasselbe Modell wird bei der Errichtung von erneuerbaren Erzeugungsanlagen genutzt, beispielsweise pachten Energieversorgungsunternehmen die Dachflächen von Gebäuden, investieren in PV Anlagen und speisen die Erzeugte Energie ins Netz.

---

<sup>9</sup> <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/ar-hes-b-abwasserreinigung-zur-hybriden-energiespeicherung-energiebereitstellung-und-wertstoffgewinnung.php>

<sup>10</sup> <https://www.trust-ee.eu/>

Contracting könnte auch ein Finanzierungsmodell für eine integrale, krisensichere Versorgung sein: Ein Unternehmen investiert in das Energiesystem eines Gebäudeverbands, beispielsweise durch den Einsatz von erneuerbaren Energiequellen und Speichern. Den NutzerInnen wird die Energie zu Fixkosten zur Verfügung gestellt, die Gestehungskosten sind volatil und abhängig von den Rahmenbedingungen. Diese Systeme sind dann auch resilienter, was sich in höheren Energiepreisen widerspiegeln könnte – aber nicht muss. Eine Möglichkeit wäre auch für den Zeitraum eines Blackouts höhere Preise für die dennoch gelieferte Energie zu vereinbaren. Diese Modelle werden noch in den Tabelle 3 und Tabelle 4 genauer dargestellt.

Für Schäden bei einem Ausfall der Energieversorgung haftet der Netzbetreiber, wenn er den Schaden verschuldet hat. Darüber hinaus können Schäden durch Ausfall oder Überspannung - wenn im Vertrag vereinbart - auch von **Gebäudeversicherungen** gedeckt werden. Denkbar sind daher eigene Geschäftsmodelle in Kooperation mit Versicherungen, beispielsweise geringere Versicherungsgebühren bei nachgewiesener hoher Resilienz, oder die Versicherung unterstützt bei der Suche nach Finanzierung von Maßnahmen.

Es gibt Anbieter für den Verleih von **mobilen Stromaggregaten**. Die Geräte werden auf Anfrage im Bedarfsfall zur Verfügung gestellt. Die Geräte sind eher für geplante Ereignisse wie Wartungsarbeiten und Veranstaltungen vorgesehen, könnten aber auch bei Stromausfällen genutzt werden, allerdings ist dann mit einer längeren Ausfallszeit bis Vertragserstellung, Lieferung und Anschluss zu rechnen, die auch von der Lieferzeit bis zum Standort der Verleihfirma und von der Auslastung abhängt. Ein weiteres Geschäftsmodell wäre eine längere Leihperiode, um den Zeitraum bis zur Realisierung einer integralen Lösung zu überbrücken.

Bisher wurde gezeigt, was insgesamt und im Allgemeinen möglich ist, um Gebäudeverbände resilient mit Energie zu versorgen.

Nun gehen wir konkret auf öffentliche Gebäude in Österreich ein, und zeigen mögliche Geschäftsmodelle und generische Lösungsansätze auf. Konkret stellt sich die Frage, wer in die Resilienz-Maßnahmen beim Energiesystem investiert, wer den Betrieb steuert und finanzielle Risiken eingeht – aber auch davon profitiert - und wofür die NutzerInnen letztendlich bezahlen. Mit Resilienz-Maßnahmen sind Investitionen in gesonderte Notstromaggregate gemeint, aber auch Investitionen in integrale resiliente Systeme (Erzeugung, Speicher, Effizienz, Redundanz, Umwandler), wie in Abbildung 7 rechts dargestellt. Einige Möglichkeiten sind in den Tabelle 3 und Tabelle 4 beschrieben.

Tabelle 3: Geschäftsmodelle für Resiliente Energieversorgung von Gebäudeverbänden

<b>Akteure</b>	<b>Beschreibung</b>
<p>EigentümerInnen = NutzerInnen</p> <p>Oder</p> <p>Startfinanzierung durch Investor, NutzerInnen = Gebäude-EigentümerInnen betreiben das System und übernehmen Risiken und Einsparungen</p>	<p><u>Modell A:</u> Gebäude-EigentümerInnen=NutzerInnen investieren in das Energiesystem des Gebäudeverbands (Erzeugung, Speicher, Effizienz, Redundanz, Umwandler).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effizienz führt zu verringerten Energiebezug vom Energieversorger</li> <li>- Der Eigenverbrauch von vor Ort erzeugter Energie ergeben sich verringerte Energiebezug und Netzgebühren, die Einspeisung schafft Einnahmen.</li> <li>- Speicher steigern den Eigenverbrauchsanteil weiter und erlauben bei variablen Energiepreisen den Bezug teilweise in Niedrig-Preis Perioden zu verlegen</li> <li>- Sektorkopplung und Nutzung verschiedener redundanter Energiequellen ermöglichen Diversifizierung. So können bei variablen Energiekosten die jeweils kostengünstigsten Quellen gewählt werden</li> <li>- Zusätzliche Resilienz, die sich aus diesem System ergibt, wird spätestens dann Geld wert, wenn wirklich einmal ein Störfall eintritt und dann keine Folge-Kosten für den Ausfall anfallen</li> </ul> <p>Variante: Ein Unternehmen investiert in die Energieanlagen, und verpachtet diese an die Gebäude-EigentümerInnen=Nutzer</p>
<p>Resilienz-Contracting: Ein drittes Unternehmen investiert, Nutzer=Gebäude-EigentümerInnen zahlen fixe monatliche Beträge (beispielweise marktübliche Energiepreise) oder vereinbarte Energiepreise pro kWh</p>	<p><u>Modell B:</u> Die Einsparungen durch Effizienz und Vor-Ort Erzeugung, bzw. geschickten Einsatz von Speichern bleiben beim Investor, die NutzerInnen zahlen entweder fixe Energiepreise oder monatliche Beiträge.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wichtig ist, schon vorab den Handlungsraum der Betreiber zu definieren, um auch Einsparungen zu realisieren (z.B. Nachtabsenkung, Verschiebung von Lastenpeaks...). Auch der Rebound-Effekt ist zu bedenken: Wenn NutzerInnen von den Einsparungen nicht profitieren, gehen sie eventuell sorgloser mit Energie um. Je mehr der Contractor eingreifen kann, desto eher werden Einsparungen erzielt, desto eher leidet aber auch der Komfort oder zumindest die Entscheidungsfreiheit der Gebäudenutzer.</li> </ul> <p>Höhere Resilienz kann durch dauerhaft höhere Fixkosten oder Energiepreise finanziert werden, oder indem für die Dauer des Netzausfalls höhere Stromkosten vereinbart werden.</p>

In Österreich sind viele öffentlich genutzte Gebäude im Besitz von öffentlichen Immobiliengesellschaften, wie der BIG, und werden von den Nutzern, beispielsweise Universitäten, angemietet. Viele der Nutzungsverträge sind schon vor langer Zeit erstellt worden, als eine Errichtung von Anlagen für erneuerbare Energie auf Dächern und Fassaden noch kein Thema war. Gängige Nutzungsvereinbarungen und Eigentümerverhältnisse können ein Hindernis für die Umsetzung einer integralen und dezentralen Energieversorgung sein. So ist oft beispielsweise den Nutzern keine Errichtung von PV-Anlagen auf Dachflächen älterer Gebäude erlaubt, da eine Nutzung der Dachflächen im Mietvertrag nicht vorgesehen ist. Diese Hindernisse werden im folgenden Absatz anhand eines fiktiven Universitätscampus aufgezeigt und Lösungswege durch Geschäftsmodelle geprüft. Erwähnenswert ist, dass es im Bereich Wärme und Kälte schon länger viele Geschäftsmodelle gibt, zum Beispiel Energiecontracting, Anlagencontracting aber auch

Nahwärmeversorgung, während im Bereich elektrischer Energie erst vor kurzem durch die Öffnung des Marktes und konkret Energiegemeinschaften neue Geschäftsmodelle ermöglicht wurden.

Beispiel: Ein Verband von Universitätsgebäuden befinden sich im Eigentum einer Immobiliengesellschaft, es gibt langjährige Verträge (50 Jahre oder länger) zur Nutzung der Gebäude mit der Universität. Eine Nutzung der Dächer durch Anbringen von Erzeugungsanlagen ist in den Verträgen nicht vorgesehen. Für den Bezug von Wärme und Strom liegen Verträge mit dem lokalen Energieversorger vor, die sich über alle Zählpunkte (ein Zählpunkt pro Gebäude) erstrecken.

- Eine Möglichkeit wäre nun, dass die Immobiliengesellschaft PV-Anlagen auf den Dächern und Fassaden errichtet und der Universität als Mieter die Energie daraus verkauft, bzw. den Rest ins Netz einspeist. Dies war früher nicht möglich, da ja der Gebäudeinhaber in der Regel kein Energieversorgungsunternehmen ist. Mit dem Erneuerbaren Ausbau Gesetz (EAG) wäre diese Lösung möglich, indem Gebäudeinhaber und Nutzer gemeinsam eine regionale Energiegemeinschaft gründen. Dabei kann entweder der Gebäudeeigentümer oder auch die Energiegemeinschaft aus Gebäudeeigentümer und Nutzer für die Optimierung der Erzeugungsanlage zuständig sein. (Siehe Modell A in Tabellen 2 und 3)  
Eingrenzungen: Große Unternehmen können nur an einer Energiegemeinschaft auf Bundesebene (Bürgerenergiegemeinschaft) teilnehmen. Eine Energiegemeinschaft muss gemeinnützig sein, und darf nicht darauf ausgerichtet sein, für eines der Mitglieder Gewinne zu erzielen. Die Mitglieder haben jedenfalls die Möglichkeit, auch aus anderen Quellen Energie zu beziehen, und können auch die Energiegemeinschaft verlassen.
- Alternativ: Der Gebäudeinhaber kann die Dachflächen an einen Dritten verpachten, der dann in erneuerbare Energieanlagen investiert, und die Energie den Gebäudenutzern über eine Energiegemeinschaft anbietet.
- Eine weitere Möglichkeit ist, dass der Gebäudeinhaber zwar die PV-Anlagen auf Dächern und Fassaden errichtet, diese aber an die Gebäudenutzer verpachtet, welche sie dann über eine Gemeinschaftsanlage oder über eine Energiegemeinschaft nutzen.  
Alternativ können auch die Dachflächen den Nutzern explizit für die Erzeugung von Erneuerbaren Energien freigegeben werden. In beiden Fällen würden die Gebäudenutzer entweder in einer Gemeinschaftsanlage oder über eine lokale Energiegemeinschaft die Energie aus der Anlage zu großen Teilen selbst nutzen können – siehe Modell B in Tabellen 2 und 3.

Um lokale und resiliente Energieversorgung vor Ort zu ermöglichen, sollten langfristig Verträge zur Gebäudenutzung explizit diese und ähnliche Modelle beinhalten und möglich machen.

Informationen zu Energiegemeinschaften und Vorlagen für Verträge stehen bei der österreichischen Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften zur Verfügung.

Tabelle 4: Weitere Geschäftsmodelle für Resiliente Energiesysteme, für Gebäudeverbände bei denen die NutzerInnen nicht auch EigentümerInnen der Gebäude sind.

Geschäftsmodell	Beschreibung
Gebäude-EigentümerInnen oder ein drittes Unternehmen investiert in Energiesystem und betreibt es auch (für Strom nur im Rahmen des EAG möglich)	Der Nutzer kommt durch fixe Beträge für die Energieversorgung auf, oder zahlt fixe Preise pro konsumierter Energie-Einheit, siehe Modell A

Geschäftsmodell	Beschreibung
Die NutzerInnen tragen die Investitionskosten (entweder direkt oder durch Pacht) und betreiben die Energie-Infrastruktur selbst	NutzerInnen profitieren selbst durch das Energiesystem, tragen aber auch Risiken, siehe Modell B
3-Parteien Modell: Partei 1 investiert, Partei 2 optimiert den Betrieb und trägt die Risiken und Einsparungen, Partei 3 (meist der Nutzer) zahlt Fixkosten	Partei 1 trägt die Investitionskosten und bekommt dafür Miete oder Pachtzins. (Modell A) Die Partei 2 optimiert den Betrieb und profitiert davon (Modell B), bekommt nämlich fixe Energiegebühren vom NutzerInnen (Partei 3) und zahlt fixe Miete an Investor (Partei 1) Partei 3 bezieht die Energie und zahlt dafür Fixkosten

Abschließend seien hier noch Kosten, Einsparungen und Benefits von Maßnahmen genannt, welche bei der wirtschaftlichen Bewertung und bei konkreten Geschäftsmodellen berücksichtigt werden sollten. Diese sind im Leitfaden genauer beschrieben.

- Kosten der Energieversorgung: Investitionskosten, Betriebskosten inkl. Versicherungen, geringere Energiekosten durch Verschieben von Peak-Lasten, geringere Leckage und damit höhere Effizienz
- geringere Wartungskosten, wenn abgenutzte Teile frühzeitig ersetzt werden
- geringere Wartungskosten, da bei Systemen mit geringer Heiz- und Kühllast kleinere Komponenten eingesetzt werden können.
- Niedrige Betriebskosten durch Einsatz von automatisierter Gebäudesteuerung

Es gibt auch Benefits, welche sich nicht direkt in der Senkung des Energieverbrauchs und anderen Kosten widerspiegeln: Dazu zählen die sichere und resiliente Versorgung auch bei extremen Rahmenbedingungen z.B. bei Hitzewellen und auch ein hoher Nutzerkomfort. Für Investoren können auch diese Benefits relevant sein, und zur Refinanzierung der Maßnahmen beitragen. Im Guidebook<sup>11</sup> werden potentielle Benefits aufgelistet, nach ihrer potentiellen Auswirkung klassifiziert und es wird erklärt, wie sie gemessen, verifiziert und NutzerInnen gegenüber kommuniziert werden können.

<sup>11</sup> <https://annex73.iea-ebc.org/publications>

## 6 Vernetzung und Ergebnistransfer

- Welche Zielgruppen hatte das Projekt? Wie wurden diese in das Projekt eingebunden?
- In welcher Form wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse an die Zielgruppen kommuniziert bzw. diesen zugänglich gemacht?
- Worin liegt Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse national und international? Wie sind die Projektergebnisse verwertet worden (z.B. Anpassung der nationalen Gesetzgebung, Normen, Standards, Ausrichtung der FTI-Politik)?

Das Projekt hatte folgende Zielgruppen:

- Öffentliche GebäudeeigentümerInnen
- EnergienetzbetreiberInnen
- Gemeinden
- Universitäten als Studienobjekte
- PlanerInnen

Die Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) wurde über die Fallstudien und Pilotstudie ins Projekt involviert, zu Workshops und auch einigen internationalen Meetings eingeladen und mit Publikationen aus dem Projekt versorgt. Weitere öffentliche GebäudeeigentümerInnen und Gemeinden wurden zu Workshops eingeladen und haben auch teilweise daran teilgenommen. Als Energienetzbetreiber hat ein Vertreter der Energie Steiermark im Rahmen des ersten Workshops wichtigen Input zum Projekt gegeben. Vertreter der Johannes-Kepler-Universität wurden im Rahmend der Pilotstudie ins Projekt eingebunden. Auch der Zivilschutzverband Steiermark war ein wichtiger Ansprechpartner, vor allem bezüglich der gängigen Vorgangsweise von Gemeinden.

Die Relevanz der Projektergebnisse ergibt sich kurzfristig aus dem aktuell drohenden Versorgungsengpass. Die Ergebnisse zielen eher auf einen langfristigen Prozess als kurzfristige Maßnahmen, können aber genauso für letztere genutzt werden. Im Projekt und bei der dazugehörigen Dissemination zeigt sich, dass Resiliente Energiesysteme in vielen Gemeinden schon ein wichtiges Thema sind.

Die nationale Gesetzgebung hat sich aktuell stark gewandelt, um weitere Maßnahmen für die Energiewende und zur Effizienzsteigerung zu ermöglichen, nicht zuletzt auch durch den akuten Lieferengpass bei fossilen Energieträgern. Es gibt auch neue Ausschreibungen für Umsetzungsprojekte, die damit in Zusammenhang stehen, beispielsweise „Transformation der Wirtschaft“. Die Ergebnisse dieses Projekts können den Prozess der Energiewende unterstützen.

Bis auf die Diplomarbeit sind alle Ergebnisse aus dem Projekt frei über diverse Webseiten verfügbar, unter anderem auch die offizielle Webseite des IEA EBC Projekts.

Weitere Entwicklungen, bei denen Ergebnisse dieses Projekts zum Einsatz kommen könnten:

- Von Seite der EU wird empfohlen, für Immobilienprojekte eine Risikoanalyse bezüglich Klimarisiken durchzuführen, dafür gibt es auch schon Produkte. Das ERIN-Tool erlaubt die

Quantifizierung von Risiken, der im Projekt erarbeitete Planungsprozess kann genutzt werden, um Immobilien für Klimarisiken fit zu machen.

- Effizienzsteigerung und Nutzung von Erneuerbaren Energien sind schon länger dezidierte Ziele der EU, die Ergebnisse aus dem Projekt können hierfür genutzt werden
- Bei der Entwicklung von Energiegemeinschaften kann der Resilienz-Planungs-Prozess Vorteile bringen.

Auch speziell in Österreich gibt es Entwicklungen, wo der Resilienz-Planungs-Prozess genutzt werden kann oder zukünftig eine Rolle spielen könnte:

- Energieraumplanung in den Gemeinden (Erweiterung der Raumplanung um den Faktor Energie)
- **klimaaktiv** Nachbarschaften und Quartiere (Ausweitung von Gebäuden auf Quartiere)
- Erneuerbare Energiegemeinschaften für die lokale Nutzung von lokal erzeugter Energie
- Klima- und Energie Modellregionen KEMS: führen teilweise gemeinsam Energieraumplanung durch, siehe Energy Globe Winner Kommunen 2022 Steiermark
- Klimawandelanpassungsregionen (KLAR): Gemeinden kooperieren für Anpassungsmaßnahmen an Klimawandel

# 7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Fallstudien und Pilotprojekte aus der ganzen Welt haben gezeigt, dass eine integrale Energie-Master-Planung der Schlüssel zur Ermittlung kosteneffizienter Lösungen für Energiesysteme ist. Wie genau diese Energiesysteme aussehen, hängt von der Klimazone, der Dichte der Energieverbraucher und den lokalen Ressourcen ab.

Integrale Energie-Master-Planung, welche Resilienz berücksichtigt, führt zu optimierten Lösungen: Je nach den gesetzten Zielen verursachen diese weniger Treibhausgase und sind resilienter gegenüber Änderungen und Bedrohungen. Es ist nicht ganz einfach, völlig unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Einzelne Beispiele zeigen jedoch, dass durch Effizienzsteigerung und Erneuerbare Energien viel Spielraum gewonnen werden kann. Energiespeicher werden weiterhin auch für Notversorgung nötig sein, sollten aber zukünftig erneuerbare Quellen aufgefüllt werden, und auch im Normalbetrieb zur Steigerung der Eigenverbrauchsrate führen.

Resilienz alleine ist derzeit meist noch mit fossilen Energiequellen einfacher zu erreichen, weil diese schon in gespeicherter Form vorliegen. Erst bei hohen Preisen von fossilen Energieträgern beziehungsweise wesentlichen Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen werden Lösungen auf Basis erneuerbarer Energien günstiger. Wesentliche Gründe dafür sind, dass fossile Energieträger und ihre Verteilsysteme immer noch öffentlich gefördert werden, und Lösungssysteme mit erneuerbaren Energien sich unter Planern erst durchsetzen müssen. Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen verursacht höhere Investitionskosten, bei ausgereifter Technologie aber auch sehr viel geringere Betriebskosten. In Bewertungssystemen von Immobilien sollten die Folge- und Nebenkosten von Systemen mit fossilen Energieträgern ersichtlich sein, ebenso wie die Möglichkeit eines Versorgungsengpasses.

Energiegemeinschaften könnten neue Lösungen zur Vor-Ort Versorgung mit erneuerbaren Energien erlauben. Dazu müssen jedoch langfristig diese Lösungen auch in Mietverträgen vorgesehen werden. Zum Beispiel muss bei der langjährigen Vermietung von öffentlichen Gebäuden explizit vorgesehen werden, dass die Mieter Energie aus erneuerbaren Quellen von Ort nutzen können, zum Beispiel über PV-Anlagen auf den Dachflächen.

Weiterführende Forschungsprojekte:

- Das Thema Resilienz wird wegen den geänderten Rahmenbedingungen in aktuellen und zukünftigen Forschungsprojekten stärker adressiert werden
- Aus den Gesprächen mit Gemeindevertretern im Rahmen des Projekts geht klar hervor, dass viele Gemeinden gern ihre Energieversorgung auf lokaler Ebene sichern würden, aus wirtschaftlichen Gründen, um Arbeitsplätze zu schaffen und auch aus Gründen der Versorgungssicherheit. Energiegemeinschaften werden als geeignetes Mittel dazu gesehen, wie beispielsweise in der Gemeinde Stanz. Demnach ist Resilienz auch bei der Energieraumplanung von Gemeinden ein wichtiges Thema, wenn auch nicht immer mit diesem Begriff bezeichnet.
- Aus der IEA Kooperation sind zwei Spin-Offs hervorgegangen, speziell für sehr kalte und heiß-feuchte Klimaregionen. Die Ergebnisse dafür sind teilweise schon öffentlich verfügbar.

- Ob weitere IEA Kooperationen in diesem Bereich geplant sind, ist derzeit noch nicht bekannt

#### Empfehlungen für die Österreichische FTI Politik:

- Österreichische FTI ist stark präsent bei der Entwicklung von technischen Innovationen für resiliente Energiesysteme, z.B. Energiespeicher, Lastmanagement, Smart Readiness Indikator (SRI), Serielle Sanierung, Wärmepumpen. Diese Technologien sollten explizit auch bezüglich Resilienz getestet und vermarktet werden.
- Ideal wären die Umsetzung, das Monitoring und die Dissemination von resilienten Siedlungen und Quartieren in Österreich. In vielen Gegenden der Welt wird es wegen des Klimawandels und der Rohstoff- und Energie-Engpässe Ambitionen geben, resiliente Systeme umzusetzen. Demonstrationsprojekte dazu stoßen auf großes Interesse.
- Förderung von Demoprojekten zur Erneuerbaren Versorgung von öffentlichen Gebäudenverbänden wie Universitäten mit resilienten Systemen im Rahmen von Energiegemeinschaften, u.a. für die Entwicklung von Vertragsvorlagen.
- Gespräche im Rahmen des Projekts haben gezeigt, dass in Österreich tendenziell der Glaube an eine sichere Energieversorgung sehr stark ist. Im Rahmen der Projektdissemination haben sich Gebäude-EigentümerInnen für die Resilienz der Energieversorgung oft nicht als zuständig bezeichnet. Tatsächlich sind für die Energienetze die Netzbetreiber verantwortlich. Je mehr allerdings die Netze dezentral werden, und Prosumenten eigene Komponenten wie Speicher und Erzeugungsanlagen einbringen, tragen sie auch Verantwortung für diese Infrastruktur. Gerade in großen Betrieben, Krankenhäusern und Universitäten wäre ein etwas breiterer Prozess zur Energieresilienz wünschenswert.

#### Weitere Themen für FTI im Zusammenhang mit diesem Projekt

- a. Prüfung und Vergleich der Energieresilienz von verschiedenen Einrichtungen durch Berechnungen, zum Beispiel mit dem ERIN Tool
- b. Wie tragen Energiegemeinschaften zur Resilienz von Nachbarschaften bei?
- c. Durchführung des Resilienz-Planungs-Prozesses mit verschiedenen öffentlichen GebäudeeigentümerInnen, Prüfung der Anwendbarkeit im österreichischen Kontext.
- d. Wie kann ein Resilienz-Faktor für Gebäude einfach abgeschätzt werden?
- e. Sammlung und Analyse von statistischen Daten zur Auswirkung von Versorgungsausfällen; qualitative Untersuchung von Versorgungsausfällen – welche akuten Maßnahmen und Vorsorgemaßnahmen waren erfolgreich, welche nicht etc. Wie hat die Infrastruktur reagiert / war die Funktionalität eingeschränkt?
- f. Bewertung von neuen Technologien bezüglich ihres Beitrags zur Stabilisierung der Netze und zur Energie-Resilienz ihres Quartiers.
- g. Untersuchung von technischen Geräten bezüglich ihrer Reaktion auf Schwankungen im Netz, beispielsweise bei der Zulassung: Wird das Gerät bei Netzausfall kaputt? Muss es neu gestartet oder programmiert werden? Kann es einen Netzausfall überbrücken? Kann es intelligent auf Schwankungen beim Versorger reagieren (z.B. automatisches Abschalten und Neustart – vergleiche Smart Readiness Indikator)
- h. Prüfung der Normen bezüglich Notstromversorgung kritischer Infrastruktur, hinsichtlich Möglichkeiten und Erwähnung von erneuerbaren Quellen und Speichern

- i. Prüfung der Bedingungen von Versicherungen (sind als Alternativen zum Notstromaggregat auch integrale Energiekonzepte vorgesehen und akzeptiert)
- j. Umsetzung von Pilotprojekten mit Zivilschutzverbänden

Zu empfehlen wäre weiters

- a. ein Bildungsangebot zu Energieresilienz/Energie-Master-Planung für Unternehmer und Betreiber öffentlicher Infrastruktur, mit Informationen zu Erneuerbaren Quellen, Speichern und organisatorischen Lösungen wie Energiegemeinschaften.
- b. Nennung von und Belohnung für Maßnahmen zur Resilienz in Zertifizierungssystemen wie **klimaaktiv**

## Literaturverzeichnis

- Schiehl Anna: Nachhaltigkeit und Resilienz von öffentlichen Gebäudekomplexen. Bewertung von Maßnahmen zur Energieoptimierung am Beispiel des JKU Campus in Linz. FH Salzburg Technik/Gesundheit/Medien, Salzburg 2021.
- Fulterer Anna Maria, Leusbrock Ingo (Hrsg.): Energy Master Planning for Resilient Public Communities – Case Studies. AEE Verlag. Gleisdorf 2021.
- Alexander Zhivov (Hrsg.): Energy Master Planning toward Net Zero Energy Resilient Public Communities Guide. Springer. Schweiz 2021.
- Fulterer Anna Maria, Leusbrock Ingo (Hrsg.): Energy Master Planning for Resilient Public Communities – Pilot Studies. AEE Verlag. Gleisdorf 2022.
- Alexander Zhivov (Hrsg.): Guide for Resilient Thermal Energy Systems Design in Cold and Arctic Climates. ASHRAE. USA 2021.
- Alexander Zhivov (Hrsg.): Guide for Resilient Energy Systems Design in Hot and Humid Climates. Yet to be officially published. USA 2022
- Fulterer Anna Maria, Leusbrock Ingo: Integrales Energiekonzept für Versorgungssicherheit Netzstabilisierung. In Oliver D. Doleski und Monika Freunek (Hrsg.): Handbuch elektrische Energieversorgung. Energietechnik und Wirtschaft im Dialog. De Gruyter Oldenbourg. Deutschland 2022.
- Lyle Axelarris, Aaron Cooke, Craig Fredeen, Robbin Garber-Slaght, Emmett Leffel, Lorne Ricketts, William Rose, John P. Zarlring and Alexander Zhivov: Building Envelope Characteristics in Cold Climates. ASHRAE Transactions, Volume 127, Part 2, 2021.
- Bjorn Oberg, Angela Urban, Emmett Leffel, Jonathan Goebel, Matthew Perry, Dragos Vas, Dayne Broderson, Richard Liesen and Alexander Zhivov: Thermal Energy System Resilience: Temperature Decay in Cold/Arctic Climates—Part I. ASHRAE Transactions, Volume 127, Part 2, 2021.
- Richard Liesen, Brianna Morton, Brandy Diggs-McGee and Alexander Zhivov: Thermal Energy System Resilience: Thermal Decay Test (TDT) in Cold/Arctic Climates—Part II: Modeling. ASHRAE Transactions, Volume 127, Part 2, 2021.
- Alexander Zhivov: Parameters for Thermal Energy Systems Resilience. E3S Web of Conferences 246, 08001. 2021
- Bjorn Oberg, Angela Urban, Emmett Leffel, Jonathan Goebel, Matthew Perry, Dragos Vas, Dayne Broderson, Richard Liesen, and Alexander Zhivov: Analyzing the Factors that Effect Maximum Time to Repair Thermal Energy Systems in Cold/Arctic Climates. E3S Web of Conferences 246, 08001. 2021
- Alexander M. Zhivov, William B. Rose, Raymond E. Patenaude, and W. Jon Williams: Requirements for Building Thermal Conditions under Emergency Operations in Cold Climates. E3S Web of Conferences 246, 08003. 2021.
- Emily C. Winfield, Robin J. Rader, Alexander M. Zhivov, Anders Dyrelund, Craig Fredeen, Oddgeir Gudmundsson, and Brent Goering: HVAC Best Practices in Arctic Climates. E3S Web of Conferences 246, 08003. 2021.
- Andrey Strongin, Alexander Zhivov: Energy Efficient Air Curtains for Industrial Gates in Cold Climates. E3S Web of Conferences 246, 08003. 2021.
- Anders Dyrelund, Robert M. Neimeier, Hasmik Margaryan, Anders B. Møller: Energy Master Planning for Resilient Public Communities— Best Practices from Denmark. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021

- Anna Maria Fulterer, PhD, Ingo Leusbrock, PhD, Gert Widu, Dirk Jäger: Energy Master Planning for Resilient University Campuses— Best Practices from Austria. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Laxmi Rao, Juan Ontiveros, PE, Joseph Yonkoski, PE, Joshua Wauthy, Paul Holt, PEng, CEng: Energy Master Planning for Resilient Public Communities— Best Practices from North American Universities. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Alexander M. Zhivov, PhD, Andrew Stringer, Michael D. Fox, Patrick W. Daniels, Todd J. Traver, John Benefiel: Defining, Measuring and Assigning Resilience Requirements to Electric and Thermal Energy Systems. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Alexander Zhivov, PhD, William Rose, Raymond Patenaude, PE, CPMP, W. Jon Williams, PhD: Requirements for Building Thermal Conditions under Normal and Emergency Operations in Extreme Climates. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Emmett Leffel: Building Enclosure Testing on Alaska Military Base Projects. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Emily C. Winfield, Robin J. Rader, Alexander M. Zhivov, PhD, Thomas A. Adams, Anders Dyrelund, Craig Fredeen, Oddgeir Gudmundsson, Brent Goering: Best Practices for HVAC, Plumbing, and Heat Supply in Arctic Climates. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Michael P. O’Keefe, Peter Ellis, Alexander Zhivov, PhD, Richard J. Liesen, PhD, Anthony Latino, Michael P. Case, PhD: A Tool for Modeling Energy and Resilience for Community-Scale Networks of Buildings and District Systems. ASHRAE Transactions 2021, Vol. 127 Issue 1. 2021
- Terry Sharp, PE, Matthias Haase, PhD Alexander Zhivov, PhD, Behzad Rismanchi, PhD, Rüdiger Lohse, Jorgen Rose, Natasa Nord, PhD: Energy Master Planning: Identifying Framing Constraints that Scope Your Technology Options. ASHRAE Transactions, Volume 126, Part 1. 2020
- Robert Jeffers, PhD, Amanda M. Wachtel, Alexander M. Zhivov, PhD, Calum B. Thompson, PE, Avinash Srivastava, Patrick W. Daniels: Integration of Resilience Goals into Energy Master Planning Framework for Communities. ASHRAE Transactions, Volume 126, Part 1. 2020
- Angela Urban, Elizabeth Keysar, PhD, Kathleen Judd, Michael Case, PhD, Avinash Srivastava, Calum Thompson, PE, Alexander Zhivov, PhD: Energy Master Planning for Resilient Public Communities—Best Practices from U.S. Military Installations. ASHRAE Transactions, Volume 126, Part 1. 2020.
- Annette Roser, PhD, Ursula Eicker, Karin Schakib-Ekbatan, PhD, Rüdiger Lohse, Verena Weiler: Net Zero Energy Strategies and Planning Support Tools for Campuses and Residential Neighborhoods in Germany. ASHRAE Transactions, Volume 126, Part 1. 2020.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur der im Projekt vorgesehenen Tätigkeiten .....	14
Abbildung 2: Der im Projekt IEA EBC Annex 73 entwickelte Resilienz-Planungs-Prozess führt in sieben Schritten zum resilienten Quartier. Zunächst werden der Regelbetrieb und die Bedrohungsszenarien in jedem Schritt separat behandelt (Blue Sky und Black Sky), dann wird Resilienz in die Entwicklung von Lösungen integriert (Integrierte Methode). .....	25
Abbildung 3: Das Energie-Resilienz (ERIN) Tool kann schematische Darstellungen von Energiesystemen erzeugen (Quelle: Buch der Pilotstudien von Annex 73).....	27
Abbildung 4 oben: In vielen Gemeinden in Österreich werden Gebäude zentral mit Strom versorgt. Ein Teil der Gebäude hängt an einem Biomasse-Nahwärmesystem. Für kritische Verbraucher gibt es fossil betriebene Notstromaggregate. Unten: ein integriertes, resilientes Energiesystem verfügt auf Quartiersebene über Speicher, Erzeugungsanlagen und Möglichkeiten der Umwandlung. Abwärmeequellen werden genutzt, ebenso wie die Möglichkeit, Energie z.B. als Biogas zu speichern. ....	28
Abbildung 5: Der JKU Campus besteht aus Gebäuden verschiedener Baualtersklassen, die eines nach dem anderen den neuen Anforderung angepasst werden.....	30
Abbildung 6: <i>Links</i> : Treibhausgasemissionen durch den Energieverbrauch des JKU Campus für Kombinationen der Varianten. <i>Rechts</i> : Amortisationsdauer für Stromerzeugung durch eine PV-Anlage (Variante 3) und PV Anlage mit großem Speicher (Variante 4). ....	32
Abbildung 7: <i>Links</i> : Der Energieversorger oder Netzbetreiber stellen jetzt schon eine resiliente Energieversorgung zur Verfügung. Die Kosten dafür tragen die Energieverbraucher, und zwar über Netzgebühren. <i>Rechts</i> : Einige Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz sind direkt im Gebäudeverband angesiedelt. Es kann sich dabei um separate Notstromsysteme handeln, aber auch um integrale Systeme.....	38

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchte Gefahren, aus der Masterarbeit "Nachhaltigkeit und Resilienz von öffentlichen Gebäudekomplexen“ erstellt 2021 im Rahmen des Projekts. ....	23
Tabelle 2: Der Ist-Zustand entspricht dem BAU-Zustand. Energieverbrauch am JKU Campus, Verbrauchdaten von 2020.....	31
Tabelle 3: Geschäftsmodelle für Resiliente Energieversorgung von Gebäudeverbänden.....	41
Tabelle 4: Weitere Geschäftsmodelle für Resiliente Energiesysteme, für Gebäudeverbände bei denen die NutzerInnen nicht auch EigentümerInnen der Gebäude sind. ....	42

## Abkürzungsverzeichnis

ERIN	Energy Resilience in Networks
EMP	Energy Master Planung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
BIG	Bundesimmobiliengesellschaft
BAU	Business As Usual
JKU	Johannes Kepler Universität in Linz
ERP	Energie-Resilienz-Planung
RPP	Resilienz-Planungs-Prozess
PVT	Hybridabsorber, welche als PV-Module auch die thermische Energie nutzen

# 8 Anhang

<https://annex73.iea-ebc.org/>

<https://www.iea-annex73.org/annex-73/about/>

Masterarbeit siehe

<https://www.aee-intec.at/iea-ebc-annex-73-hin-zu-resilienten-oeffentlichen-bniedrigstenergiel-gebaeudeverbaenden-und-siedlungen-p223>



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)