

Zukunftsquartier 2.0

Replizierbare, thermisch und elektrisch netzdienliche Konzeption von (Plus-Energie-) Quartieren im dichten urbanen Kontext

Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien

P. Schöfmann, V. Forstinger, T. Zelger,
S. Schneider, J. Leibold, D. Bell,
M. Schindler, I. Mlinaric, L. Hackl,
F. Wimmer, P. Holzer, L. Weißböck

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

33/2023

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

Auszugsweiser 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/>

Zukunftsquartier 2.0

Replizierbare, thermisch und elektrisch netzdienliche Konzeption von (Plus-Energie-) Quartieren im dichten urbanen Kontext

Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien

DIⁱⁿ (FH) Petra Schöfmann MSc., DIⁱⁿ Viktoria Forstinger BA
UIV Urban Innovation Vienna GmbH, Energy Center

Jens Leibold MSc., Simon Schneider MSc.,
DI Thomas Zelger, Manfred Schindler MSc, Ing. Momir Tabakovic PhD. MSc.,
FH Technikum Wien, Kompetenzfeld Climate-fit Buildings and Cities

Mag. Daniel Bell, Andrea Werner MSc., Ines Mlinaric MSc.
FH Technikum Wien, Kompetenzfeld Resilient Energy Systems

Lea-Marie Hackl BSc., Felix Wimmer BSc., Patryk Czarnecki BSc.,
Andreas Türk MSc., DI Dr. Peter Holzer, Mag.^a Nadja Bartlmä BSc.,
DI Lukas Weißböck
IBR&I Institute of Building Research & Innovation ZT GmbH

Wien, Mai 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 Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
1 Kurzfassung	10
2 Abstract	11
3 Executive Summary	12
4 Was ist ein Plus-Energie-Quartier?	15
4.1 Definition	16
4.1.1 Ziele der Definition	16
4.1.2 Methodik	16
4.1.3 Systemgrenzen und Energiedienstleistungen	18
4.1.4 Bilanzierung und Gewichtung der Energieflüsse	21
4.1.5 Zielwerte und Gutschriften für die Bilanz	23
4.2 Chancen der Quartiersbetrachtung	26
4.3 Unterschied zwischen einem PEQ und einem Quartier nach Wiener Bauordnung bzw. OIB-RL 6 28	
4.4 Operationalisierung und Nachweisführung	29
4.5 Ausblick – Wie geht’s weiter mit PEQs?	31
5 Allgemeine Aspekte der Netzdienlichkeit von PEQ	33
5.1 Potentiale der Netzdienlichkeit im Gesamtsystem	33
5.2 Quantitative Bewertung von Netzdienlichkeit	34
5.3 Netzbasierte Zielgrößen	36
5.4 Grundlagen zu Energiespeichern	38
5.4.1 Thermische Speicher	39
5.4.2 Elektrochemische Speicher	46
5.4.3 Weitere Speichersysteme	48
5.5 Dimensionierung und Leistungsauslegung	49
5.5.1 Batteriespeicherdimensionierung nach energietechnischen Kennzahlen	49
5.5.2 Alternative Methoden zur thermischen Leistungsauslegung	50
5.6 Netzdienlichkeit und thermische Energieversorgung	50
5.6.1 Netzdienlichkeit im Zusammenhang mit Bauteilaktivierung	50
5.6.2 Aspekte der Netzdienlichkeit für die Fernwärme	52

5.7	Lastspitzenreduktion, Demand Side Management und Netzdienlichkeit	52
5.7.1	Konzept zur Bedarfsdeckung	54
5.8	Wirtschaftlichkeit thermischer und elektrischer Netzdienlichkeit.....	56
5.8.1	Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen der thermischen Netzdienlichkeit.....	56
5.8.2	Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen der elektrischen Netzdienlichkeit.....	56
5.9	Zusammenfassung technische und wirtschaftliche Aspekte.....	61
6	Ausgangslage Beispielquartier Pilzgasse 33 (PEQ21).....	64
6.1	Verortung.....	64
6.2	Grundzüge des Energiekonzepts in der Pilzgasse	66
7	Konzeptentwicklung und Systemoptimierung am Beispiel Pilzgasse.....	68
7.1	Darstellung der betrachteten Varianten.....	68
7.1.1	Einreich-Variante (Var_Einreichung).....	68
7.1.2	Variante nach OIB-Richtlinie und Passivhaus-Standard (Var_OIB und Var_PH).....	72
7.1.3	Varianten zur Warmwasserbereitung und -verteilung.....	73
7.1.4	Varianten der PV-Anlage.....	74
7.1.5	Varianten der Nutzungen.....	75
7.2	Energetische Kennwerte aus Simulationen	76
7.3	(Mögliche) Batteriespeicher Pilzgasse	87
7.3.1	Speicherdimensionierung nach energietechnischen Kennzahlen.....	87
7.3.2	Speicherdimensionierung nach Wirtschaftlichkeit	89
7.3.3	Wirtschaftlichkeit anhand kumulierten Cashflows	93
7.3.4	Exkurs: Nutzung von Wasserstoff als Kurz- und Langzeitspeicher	95
7.4	Aufteilung PV auf Sammelschienen	96
7.5	Demand Side Management und Netzdienlichkeit Pilzgasse	98
7.6	Lebenszykluskosten LCC	104
7.7	Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse LCA.....	108
7.8	Conclusio	113
8	Planungsbericht Pilzgasse – Ausgestaltung eines energierelevanten PEQ-Planungsprozesses...	115
8.1	Status Quo bei Projektbeginn (Zukunftsquartier 2.0).....	115
8.2	Städtebaulicher Entwurf.....	119
8.3	Vorentwurf	119
8.4	Einreichplanung.....	121

8.5	Prozessuale Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess.....	122
8.5.1	Grundlagenanalyse (LPH 1).....	125
8.5.2	Vorentwurf (LPH 2).....	125
8.5.3	Entwurfsplanung (LPH 3).....	126
8.5.4	Einreichplanung (LPH 4).....	126
8.5.5	Ausführungsplanung (LPH 5).....	126
8.5.6	Mitwirkung an der Ausschreibung (LPH 6).....	126
8.5.7	Begleitung der Bauausführung (LPH 7).....	127
8.5.8	Örtliche Bauaufsicht (LPH 8).....	127
8.5.9	Objektbetreuung (LPH 9).....	127
8.6	Zusammenfassende Darstellung eines optimierten PEQ-Energieplanungsprozesses.....	127
8.7	Digital Information Modelling im PE-Planungsprozess.....	128
8.7.1	BIM.....	129
8.7.2	UIM.....	130
9	Schnittstelle zwischen Nutzer*innen und Technik.....	132
9.1	Einleitung.....	132
9.1.1	Planung.....	132
9.1.2	Energiesparen, Energieverhalten.....	133
9.1.3	Nutzungsfreundlichkeit, Usability.....	133
9.1.4	Technologien.....	135
9.1.5	Gebäudezertifikate.....	136
9.1.6	Conclusio.....	137
9.2	Geplante Regelung für das energieflexible PEQ Pilzgasse 33.....	138
9.2.1	Grundlagen.....	138
9.2.2	Ziel.....	138
9.2.3	Geplantes Regelungskonzept.....	138
9.3	Monitoringkonzept.....	140
9.3.1	Energie- und Komfortmonitoring.....	140
9.3.2	Sozialwissenschaftliches Monitoring.....	142
9.3.3	Kostenmonitoring.....	142
9.3.4	Auswertung der Monitoringdaten.....	142
10	Betreibermodell und Geschäftsmodellentwicklung.....	144

10.1	Diskussion möglicher Betreibermodelle am Beispiel Pilzgasse	144
10.1.1	Mieterstrommodell.....	145
10.1.2	Erneuerbare Energiegemeinschaften (EEG).....	145
10.1.3	Contracting	148
10.2	Ideation zu möglichen Geschäftsmodellen.....	149
10.3	Conclusio	154
11	Überführung des Konzepts auf weitere Quartiere	156
11.1	Ottakringer_leben.....	156
11.2	Aspern Baufeld G11 (Proof of concept).....	162
12	Zusammenfassende Entscheidungshilfe zur Technologiefindung in der PEQ-Planung	164
13	Erkenntnisableitung	167
13.1	Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess.....	167
13.2	PV-Maximierung als oberste Prämisse für ein PEQ.....	168
13.3	Hoher Eigenverbrauchsanteil als ökonomischer Vorteil	169
13.4	Eigenverbauchsmaximierung vs. netzdienlicher Betrieb	170
13.5	Einbindung von Nutzer*innen	171
13.6	Ausgleich der Mehrinvestitionskosten.....	172
	Verzeichnisse	174
	Literaturverzeichnis	174
	Tabellenverzeichnis	178
	Abbildungsverzeichnis	179
	Abkürzungsverzeichnis	183
	Anhang.....	184
	Energetische Anforderungen aus dem Architekturwettbewerb, 12.05.2020.....	184
	Detailannahmen LCA Haustechnik.....	187
	PV-Konsultation Becker	187
	MEMO Heizkostenabrechnung ohne Wärmemengenzähler? Sattler & Schanda Rechtsanwälte, 02.12.2020.....	195
	Protokoll vom Workshop zu Geschäftsmodelle am 10.09.2019	202
	Qualitätenliste	206
	Kostenüberblick.....	208
	Gesprächsprotokoll zu prozessualen Erkenntnissen aus dem PEQ-Planungsprozess.....	209

1 Kurzfassung

In den letzten Jahren wurden die nationalen wie auch städtischen Klima- und Energieziele stark angezogen: Österreich wie auch Wien sollen bis 2040 klimaneutral sein. Der zur Dekarbonisierung des Energiesystems notwendige Ausbau an dezentral erzeugter erneuerbarer Energie stellt dabei nicht zuletzt die verbindenden, öffentlichen Netze vor große Herausforderungen.

Plus-Energie-Quartiere können im dichten urbanen Gebiet einen wesentlichen Beitrag zur Netzentlastung beitragen, indem sie einerseits Energieaufbringungspotentiale vor Ort ausschöpfen und andererseits den lokalen Verbrauch (mittels Demand Side Management und entsprechende Speicherkapazitäten, z.B. in Form des bauteilaktivierten Gebäudes) anpassen. Derartige Quartiere können dabei auch wertvolle Flexibilitäten für das öffentliche Netz bereitstellen.

Im Zuge des gegenständlichen Projekts wurde ein von Anbeginn an auf Plus-Energie-Qualität getrimmtes Quartier der SÜBA in Wien Floridsdorf, Pilzgasse 33 (PEQ21) in seinem Planungsprozess - von der Entwurfsphase bis zur Baueinreichung - wissenschaftlich begleitet. Dabei konnten sowohl hinsichtlich Planungsprozess als auch aus technischer Perspektive zahlreiche wertvolle Erkenntnisse gezogen werden. Parallel zur Begleitung dieses konkreten Anwendungsfalls erfolgte die Ausarbeitung eines möglichst replizierbaren Konzepts zur optimierten Integration von (Plus-Energie-)Quartieren mit einer hohen Vor-Ort-Energieaufbringung im dichten urbanen Kontext in die bestehende Netzinfrastruktur (sowohl Strom als auch Wärme betreffend). Durch eine zielgerichtete Systemauslegung unter Nutzung von Speichertechnologien in Abstimmung mit der Gebäudeeffizienz, der Eigenstromerzeugung und der Verbrauchsoptimierung sowie der Entwicklung einer lokalen Regelungsstrategie wird dabei eine beidseits vorteilhafte Interaktion mit dem Gesamtnetz bzw. -system ermöglicht. Die im Quartier geplanten Tages-, Wochen- und Saisonspeicher sind dabei so eingebunden, dass sie sektorübergreifend flexibel auf Anforderungen aus dem Netz reagieren können.

Die im nachfolgenden Bericht näher ausgeführten Kernergebnisse umfassen u.a. folgende Aspekte:

- Umfassende Definition und Operationalisierung des Plus-Energie-Quartier-Ansatzes unter Miteinbeziehung realer Rahmenbedingungen - weiterentwickelt auf Basis der Methode „Zukunftsquartier“
- Adaptierungsbedarf beim Planungsprozess bei einer PEQ-Planung
- Technische Varianten eines erneuerbaren, netzdienlichen Energieversorgungskonzepts
- Planerische Möglichkeiten zur PV-Maximierung sowie dem Umgang mit Flächennutzungskonflikten
- Regelungsstrategien, die von Beginn an Nutzer*innenbedürfnissen und -komfort berücksichtigen
- Aufzeigen des wirtschaftlichen Rahmens eines PEQ und ermöglichende Geschäftsmodelle
- Replizierbarkeit des Ansatzes unter Veranschaulichung zwei weiterer Beispiel-Quartiere

Sämtliche technische Innovationen wurden im Zuge des Projekts durch sozialwissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich Nutzer*innenakzeptanz sowie auch durch Analysen der LCC und der LCA begleitet, um sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Betrachtungsweisen miteinzubeziehen.

Im Folgeprojekt ZQ3Demo werden die PEQs Pilzgasse sowie Campo Breitenlee bei der Umsetzung begleitet und die technische Funktionsweise bei einem zumindest einjährigen Monitoring optimiert und validiert. Darüber hinaus wird die Information und Einbindung der Nutzer*innen im Betrieb sozialwissenschaftlich begleitet.

2 Abstract

Over the past few years, national as well as urban climate and energy targets have been sharply raised: Austria as well as Vienna are to be climate-neutral by 2040. The expansion of decentrally generated renewable energy required to decarbonize the energy system poses major challenges, not least for the connecting public networks.

Plus-energy districts can make a significant contribution to grid relief in dense urban areas, on the one hand by exploiting energy generation potentials on site and, on the other hand, by adapting local consumption (by means of demand side management and corresponding storage capacities, e.g. in the form of the component-activated building). Such neighborhoods can also provide valuable flexibilities for the public grid.

In the course of this project, the planning process of a building complex by SÜBA in Vienna Floridsdorf, Pilzgasse 33 (PEQ21), which was designed from the very beginning to be energy-plus, was scientifically accompanied from the design phase to the submission of the building application. Numerous valuable insights were gained both in terms of the planning process and from a technical perspective. In parallel to the support of this concrete use case, the development of a replicable concept for the optimized integration of (plus-energy) quarters with a high on-site energy generation in a dense urban context into the existing grid infrastructure (concerning both electricity and heat) took place. A targeted system design using storage technologies in coordination with building efficiency, on-site power generation and consumption optimization, as well as the development of a local control strategy, will enable a mutually beneficial interaction with the overall grid or system. The daily, weekly and seasonal storage systems planned for the district are integrated in such a way that they can react flexibly to demands from the grid across sectors.

The core results detailed in the following report include the following aspects:

- Comprehensive definition and operationalization of the Plus-Energy-Quarter approach with inclusion of real framework conditions - further developed on the basis of the "Future Quarter" method.
- Need for adaptation of the planning process in PEQ planning
- Technical variants of a renewable, grid-serving energy supply concept
- Planning options for PV maximization as well as dealing with land use conflicts
- Regulation strategies that take into account user needs and comfort from the very beginning.
- Demonstration of the economic framework of a PEQ and enabling business models
- Replicability of the approach with illustration of two further example neighborhoods.

In the course of the project, all technical innovations were accompanied by socio-scientific studies regarding user acceptance as well as by analyses of the LCC and the LCA in order to include both economic and ecological considerations.

In the follow-up project ZQ3Demo, the PEQs Pilzgasse and Campo Breitenlee will be accompanied during implementation and the technical functioning will be optimized and validated during a monitoring period of at least one year. In addition, the information and involvement of the users in the operation will be accompanied by social science.

3 Executive Summary

In den letzten Jahren wurden die nationalen wie auch städtischen Klima- und Energieziele stark angezogen. Österreich wie auch die Stadt Wien sollen bis 2040 klimaneutral sein. Die zur Dekarbonisierung des Energiesystems notwendige Zunahme an dezentral erzeugter, zum Teil volatiler, erneuerbarer Energie einerseits, sowie Verbrauchsspitzen (z.B. durch E-Mobilität, Heizungsspitzen) andererseits stellen nicht zuletzt öffentliche Netze vor große Herausforderungen.

Plus-Energie-Quartiere können im dichten urbanen Gebiet zu einer Netzentlastung beitragen, indem sie Energieaufbringungspotentiale vor Ort ausschöpfen und den lokalen Verbrauch (mittels Demand Side Management und Speicher) an das Angebot anpassen. Darüber hinaus können derartige Quartiere auch Flexibilitäten für das öffentliche Netz bereitstellen.

Vorteile der Quartiersbetrachtung

Mit dem Plus-Energie-Quartier (PEQ) wird im Gegensatz zum Plus-Energie-Gebäude ein gesamtheitlicherer Ansatz verfolgt. Das einzelne Gebäude wird nicht losgelöst, sondern als Teil eines Gesamtenergie-konzepts betrachtet.

Einerseits muss nicht jedes Gebäude für sich alle angestrebten Qualitäten erfüllen, die Anforderungen können auf mehrere Gebäude und Flächen aufgeteilt und fokussiert umgesetzt werden. Dadurch kann Flächenkonflikten entgegengewirkt und ökonomische Vorteile gehoben werden.

Andererseits werden verschiedene Nutzungsarten, die häufig gebäudespezifisch aufgeteilt werden, verbunden, wodurch Synergien genutzt werden können. So erhöhen unterschiedliche Nutzungsprofile in der elektrischen Tagesbetrachtung den Eigenstromverbrauch und in der thermischen Jahresbetrachtung die Ausbalancierung zwischen Wärme- und Kältebedarf.

Das Beispiel-Quartier PEQ21

Durch die wissenschaftliche Begleitung (von der Entwurfsphase bis hin zur Baueinreichung) eines exemplarischen Neubau-PEQ (und zwei weiteren Quartieren) konnten weitestgehend allgemeingültige Prozess- und Planungsempfehlungen abgeleitet werden.

Das Neubauprojekt Pilzgasse 33 in Wien Floridsdorf (PEQ21) mit einer Nutzfläche von ca. 26.500 m² zeichnet sich durch eine hohe Vor-Ort Erzeugung und effiziente Nutzung erneuerbarer Energien aus.

Das Energiekonzept des nunmehr vor der Umsetzung stehenden Plus-Energie-Quartiers basiert auf einer hocheffizienten Gebäudehülle, Bauteilaktivierung in Verbindung mit einem komplexen Wärmepumpensystem und einem Erdsondenfeld mit ca. 90 Bohrungen à 150 m. Dieses wird als saisonaler Speicher betrieben und stellt dadurch nicht nur Wärme, sondern auch Kälte bereit.

Herzstück des Quartiers sind nicht zuletzt mehrere PV-Anlagen, die mit einer geplanten PV-Leistung von insgesamt rund 600 kWp (ca. 2 kWp/100 m²_{BGF}) im Schnitt dem dreifachen der Verpflichtung laut Wiener Bauordnung entspricht. Nebst der Versorgung der haustechnischen Anlagen soll diese über ein Mieterstrommodell auch künftige Nutzer*innen mit kostengünstiger Energie beliefern.

Das in einer sogenannten „rosa Zone¹“ liegende Quartier mit einer Geschosßflächenzahl von 4,6 folgt als eines der ersten in Wien auch den Anforderungen des Fachkonzepts Produktive Stadt (jeweils ca. 50% Wohnen und Büro/Gewerbe). Es umfasst 265 Wohneinheiten und rund 15.000 m² Büro- und Gewerbeflächen inkl. Kindergarten sowie Einheiten für betreutes Wohnen. Auf Grund der damit vorhandenen unterschiedlichen Lastprofile ist zugleich ein wesentlicher Vorteil für die Umsetzung eines Plus-Energie-Quartiers gegeben. Der positive Einfluss auf den Eigenverbrauchsanteil ist nicht zuletzt aus wirtschaftlicher Sicht voranzutreiben. Daher lag ein Fokus von Anbeginn an auf der optimierten Verzahnung von Wohn- und Gewerbeflächen innerhalb des Quartiers sowie auf der Vernetzung mit dem übergeordneten Energiesystem.

Das Potential von Flexibilitäten

Die Berücksichtigung von ausreichend thermischen und elektrischen Speichern (z.B. Bauteilaktivierung, Erdreich-, Puffer- und Batteriespeicher) im Quartier bildet eine Basis für die Bereitstellung von verbrauchsseitigen Flexibilitäten. Eine intelligente, quartiersumfassende Regelungsstrategie sorgt über mehrere Gebäude bzw. Bauplätze hinweg für eine energieoptimierte, sektorübergreifende Kombination der Nutzungs- und Speichereinheiten. Die entstehenden Flexibilitäten können nicht nur für die Eigenverbrauchsmaximierung der lokalen Energieerzeugung genutzt werden, sondern auch zur netzdienlichen Interaktion mit dem Gesamtnetz bzw. -system. Das lokale System kann auf Anforderungen aus den Netzen reagieren und damit nachteilige Leistungsspitzen verhindern bzw. dämpfen. Wird beispielsweise mit der Photovoltaikanlage vor Ort ein Stromüberschuss erzeugt oder kommt es netzseitig zu erneuerbaren Strom-Erzeugungsspitzen, wird über die Wärmepumpe Energie in die Stahlbetonbauteile eingelagert.

Bei jeglichen Demand Side Management Maßnahmen ist auf den Komfort der NutzerInnen zu achten, so kann über den Raumtemperaturregler in den einzelnen Wohnungen individuell ein Temperaturband eingestellt werden, wodurch das Potential der thermischen Speicherung beeinflusst wird.

Der optimierte Planungsprozess

Bislang werden bei der Entwicklung neuer Quartiere Energieaspekte häufig zu spät im Planungsprozess berücksichtigt, was ambitionierte Lösungen meist verhindert bzw. unmöglich macht. Durch eine frühzeitige, enge Abstimmung zwischen Bauträger, Haustechnikplanung sowie Energieplanung können essenzielle Plus-Energie-relevanten Anforderungen bereits am Beginn des Planungsprozesses, beispielsweise in die Ausschreibungsunterlagen für den Architekturwettbewerb, integriert werden. Eine grobe Abschätzung des Energieverbrauchs (auf Basis der Flächen und Nutzungsarten) und der energetischen Potentiale vor Ort ermöglicht es architekturelevante Angaben zu machen, u.a. zu Umfang und Situierung von PV-Flächen und Größen von Haustechnikräumen.

Ein frühzeitiger und kontinuierlicher Austausch mit sämtlichen umsetzungsrelevanten Stakeholdern, nicht zuletzt der Architektur, unterstützt die energetische und auch die wirtschaftliche Nachhaltigkeit des Projektes.

¹ Siehe Fachkonzept „Produktive Stadt“, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008500b.pdf>

Die Wichtigkeit der PV-Maximierung

Eine wirtschaftliche optimierte und in ihrem Flächenausmaß maximierte PV-Anlage ist ein Kernstück eines urbanen Plus-Energie-Quartiers und erfordert eine frühzeitige Fokussierung. Die frühzeitige Einbindung von energetischen Themen in den architektonischen Planungsprozess kann durch günstige Ausgestaltung der Kubaturen nicht zuletzt auch eine maximierte PV-Belegung unterstützen. Die Zusammenlegung von Haustechnikauslässen auf dem Dach ist eine wichtige Maßnahme um große, zusammenhängende Flächen bereitzustellen und damit wirtschaftlich günstige PV-Anlagen zu ermöglichen. Dies kann durch eine entsprechende Anordnung der Nutzungseinheiten sowie die Zusammenfassung von Versorgungskanälen, wie bspw. Be- und Entlüftung, erfolgen.

Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit

Das Beispiel PEQ21 hat gezeigt, dass sich die Mehrinvestitionskosten von Plus-Energie-Quartieren über den Lebenszeitraum betrachtet wieder ausgleichen. Der PEQ-Standard im hochverdichteten urbanen Kontext geht zwar mit leicht erhöhten Herstellungskosten einher, insgesamt ist aber mit geringeren Gesamt-Lebenszykluskosten zu rechnen. Vor allem die verringerten Betriebs- und Energiekosten schlagen sich nach Baufertigstellung überaus positiv zu Buche. Durch geeignete Geschäftsmodelle sollen über die Lebensdauer sowohl Investor*innen als auch Nutzer*innen von diesen monetären Vorteilen profitieren. Dies stärkt einerseits die soziale Akzeptanz für Plus-Energie-Quartiere und bietet andererseits wesentliche Vorteile für eine spätere Verwertung.

Ausblick

Das Bauprojekt PEQ21 wird im seit Herbst 2021 laufenden, FFG-geförderten Folge- und Demonstrationsprojekt „ZQ3Demo“ nun auch während seiner bautechnischen Umsetzung sowie, nach Fertigstellung 2023, über eine mindestens 1-jährigen Monitoringsphase weiterverfolgt. Parallel dazu wird im Projekt das Plus-Energie-Konzept auch auf zwei weitere kurz vor der Umsetzung stehende Neubauquartiere in Wien (22., „Campo Breitenlee“, Bauträger: Wiener Heim) und Wiener Neustadt (Bauträger: SÜBA) angewandt.

Vertiefende Aspekte, die hierbei bearbeitet werden sind u.a. die Optimierung und Validierung des entwickelten Regelungskonzeptes; der Zielkonflikt zwischen der ökonomischen Optimierung durch lokale Eigenverbrauchsmaximierung und einem gesamtsystemisch wünschenswerten netzdienlichen Betrieb; die Bauprozessbegleitung zur Optimierung der Energiekonzeptumsetzung; die Einbindung von Nutzer*innen zur Erhöhung der Zufriedenheit und Akzeptanz für innovative Gebäudetechnologien; die Anwendungsmöglichkeiten von Erneuerbaren Energiegemeinschaften zur Unterstützung der Wirtschaftlichkeit.

4 Was ist ein Plus-Energie-Quartier?

Die Projekte, Initiativen und Forschungsarbeiten der letzten Jahre machen eines deutlich: Auf die Frage, was ein Plus-Energie-Quartier ist gibt es mehr als nur eine Antwort. Sie unterscheiden sich sowohl im Fokus als auch im Umfang, ganz nach Rolle und Bedarf der jeweiligen Akteur*innen. Verschiedene Interessensgruppen verfolgen mit dem Konzept eines „Plus-Energie-Quartiers“ unterschiedliche, teilweise diametral gegenüberstehende Ziele und Ambitionen. Dass national – aber auch international – nicht mehr Fortschritt bei der Definition des Begriffs „Plus-Energie-Quartier“ (PEQ) erreicht wurde, ist nicht zuletzt auf diese Tatsache zurückzuführen. (Vgl. Steemers et al. 2022)

*Tabelle 1 Die Anforderungen an eine Plus-Energie-Quartier-Definition sind so unterschiedlich wie die beteiligten Stakeholder*innen*

Anforderung	Für wen wichtig? (Stakeholder*innen)
Wissenschaftliche Eindeutigkeit, Klarheit	Wissenschaft, Planende
Zertifizierbarkeit	Projektentwickler*innen, Verwaltung
Erreichbarkeit	Projektentwickler*innen, Planende, Politik
Vergleichbarkeit	Transnationale Stakeholder: JPI UE, European Union
Verständlichkeit	Politik und Verwaltung, Projektentwickler*innen, Nutzer*innen

Dass das Konzept des „Plus-Energie-Quartiers“ so schwer zu fassen ist, hängt auch damit zusammen, dass darin zwei gegensätzliche Auffassungen verwoben sind:

- Das Plus-Energie-Quartier **als Paradigma** bzw. als Vorstellung, Idee, Konzept und Prinzip, das Prioritäten und Agenden zu setzen vermag, weil es einfach vermittelbar und deshalb mehrheitsfähig ist.
- Das Plus-Energie-Quartier **als energietechnisches System** mit einer eindeutig operationalisierten Definition, die einen Nachweis über die Erreichung des definierten Standards und der damit verbundenen Zielwerte ermöglicht.

Für die Auffassung als Paradigma ist eine textliche und qualitative Definition, die keiner konkreten Operationalisierung bedarf, im Allgemeinen ausreichend. Die Anforderungen an die Definition als energietechnisches System müssen hingegen quantifizierbar und operationalisierbar sein. Trotz dieser Dualität herrscht bei den beteiligten Stakeholder*innen und Interessensgruppen weitgehend Einigkeit darüber, dass **ein Plus-Energie-Quartier eine positive Energiebilanz** aufweist bzw. aufweisen muss². Das hat zur Folge, dass es sehr wohl in irgendeiner Form prinzipiell möglich sein muss, **quantifizierbare Anforderungen** an ein Quartier zu stellen, die definiert und nachgewiesen werden können müssen. Auch dem hier vorgestellten Ansatz zur Definition und Operationalisierung des PEQ-Konzepts liegt dieses Verständnis zugrunde.

² Siehe dazu auch <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/>, BMVIT 2019: Umsetzungsplan zur Energieforschungsinitiative in der Klima- und Energiestrategie, BMVIT in Kooperation mit WKO und Klima- und Energiefonds.

4.1 Definition

„Baue und saniere Quartiere auf eine Weise, dass, wenn alle Quartiere so gebaut und saniert würden, der ganze Gebäudesektor für ein klimaneutrales Österreich 2040 hinreichend dekarbonisiert wäre.“
– PEQ kategorisch³

Die Entwicklung einer PEQ-Definition wird seit Beginn der „Zukunftsquartier“-Projektreihe mit dem FFG-geförderten Sondierungsprojekt „Zukunftsquartier“ im Juli 2018 grundsätzlich aus der Perspektive der „Zukunftsfähigkeit“ geführt. Wenn also ein Quartier die Definition erfüllt, sollte es damit die aus heutiger Sicht notwendigen Anforderungen eines zukünftigen dekarbonisierten Energiesystems erfüllen. Da es mit *Total Quality Building* (TQB) und *klimaaktiv* bereits Zertifizierungen gibt, die zahlreiche wichtige Qualitäten für nachhaltiges Bauen abbilden, wird im Rahmen der hier entwickelten Definition ausdrücklich von der Entwicklung und Ausformulierung alternativer Kriterien abgesehen. Der definierte Standard des Plus-Energie-Quartiers stellt keine Alternative, sondern eine Ergänzung zu diesen Zertifizierungen dar. Der Fokus der Definitionsentwicklung liegt dabei in der **Quantifizierung von Klimaneutralität** durch entsprechende Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanzierungsverfahren, die im Folgenden vorgestellt werden.

4.1.1 Ziele der Definition

Die Definitionsentwicklung des Zukunftsquartiers-Ansatzes erfolgte unter diesen Leitzielen:

- Enthält alle relevanten Merkmale eines **zukünftigen 100% erneuerbaren Energiesystems**
- **Erreichbarkeit** auch in **urbanen Kontexten** (technisch, rechtlich, wirtschaftlich)
- Verbindung der übergeordneten Klimaziele (d.h. eine dekarbonisierte Energieversorgung 2050 bzw. 2040) mit den lokalen Zielen eines Quartiers
- **Kompatibilität mit der auf europäischer Ebene** entwickelten PEQ-Definition der *Alignment Task-Force JPI UE Framework Definition*⁴;
- **Richtungsstabilität** und Konsistenz für alle Prozessphasen: Von der Projektentwicklung bis hin zur Umsetzung bzw. zum Monitoring (Flächenwidmung, Architekturwettbewerb, Planung, Ausführung und Betrieb)
- Das Konzept sollte „schalenmäßig“ erweiterbar sein: **Vom Betrieb (PEQ Alpha) über die Mobilität (PEQ Beta) bis zum gesamten Lebenszyklus (PEQ Omega)**

4.1.2 Methodik

Die Definition eines Plus-Energie-Quartiers nach Zukunftsquartier Methodik enthält drei Bestandteile, die in folgender Grafik schematisch zusammengefasst und im weiteren beschrieben werden: Erstens die *Systemgrenzen* und betrachteten *Energiedienstleistungen*, zweitens die *Gewichtung* der durch deren

³ In Anlehnung an den kategorischen Imperativ von Kant

⁴ Siehe dazu <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/>

Deckung auftretenden Energieflüsse in der Bilanz und drittens den dabei zu erreichenden *Zielwerten*. Wesentliche Merkmale dieses Ansatzes sind:

- Einheitliche Definition der Systemgrenzen und der betrachteten Energiedienstleistungen und lokalen erneuerbaren Erzeugungen für alle Quartiere
- Import-/ Export-Bilanzierung der auftretenden Energieflüsse mit Gewichtung
- Abbildung und Gewichtung energieflexibler Maßnahmen in der Bilanz, je nach Netzdienlichkeit der Energieflüsse und Zeitpunkt ihres Auftretens
- Eine quantitative Definition über einen **singulären** Indikator mit zu erreichendem Zielwert (Suffizienz-Kriterium), keine zusätzlichen qualitativen oder quantitativen Indikatoren
- Keine quantitativen Zielwerte zu Einzelaspekten wie Heizwärmebedarf, PV-Fläche, usw.
- Dynamische Zielwerte durch Allokationen von Überschussenergie zentraler erneuerbarer Großkraftwerke in der Bilanz durch klar definierte „Gutschriften“, etwa auf Basis von baulicher Dichte oder bei Einbindung der Mobilität

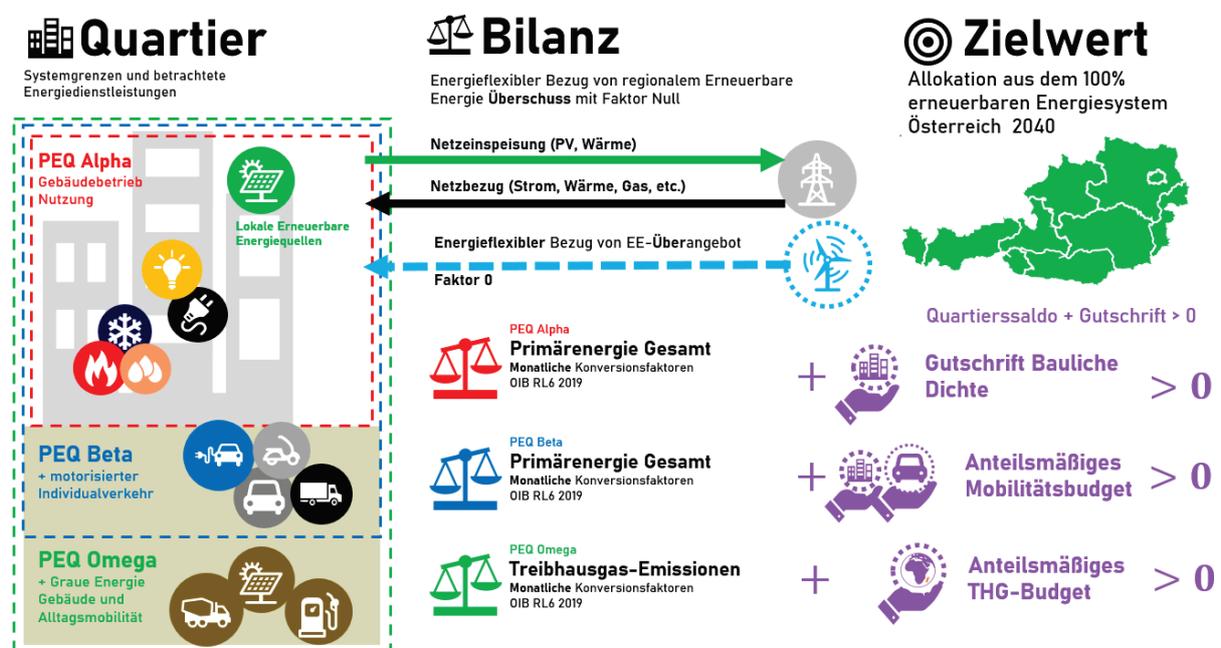


Abbildung 1 Schematische Darstellung der PEQ-Definitionsmethodik. Links die drei funktionalen Systemgrenzen **PEQ Alpha**, **PEQ Beta** und **PEQ Omega** als Schalen. Die Bilanzierung (mitte) erfolgt über Gewichtung mittels monatlicher Konversionsfaktoren. Die Zielwerte der drei Schalen (rechts) werden als Gut- bzw. Lastschriften ausgedrückt: ein „Dichte-Ausgleich“ für PEQ Alpha sowie ein anteilmäßiges Budget für Mobilität und THG-Emissionen aus dem umliegenden 100% erneuerbaren Energiesystem für PEQ Beta und PEQ Omega.

Die Berücksichtigung der relevanten Merkmale des 100% erneuerbaren Energiesystems Österreich 2040 erfolgt dabei in Form von Zielwerten, deren Top-Down Ableitung als Energiebudgets bzw. Gutschriften auf der bilanziellen Betrachtung des Gebäudesektors als Teil des 2040 dekarbonisierten Energiesystems beruhen. Diese Zuordnung ist in folgender Grafik dargestellt. Durch die prioritäre bilanzielle Deckung des Energiebedarfs von Industrie und öffentlichem Verkehr ergibt sich ein

Überschuss, der zur Deckung der verbleibenden Energiedienstleistungen der Gebäude und der privaten Alltagsmobilität zur Verfügung steht.⁵

Szenario: 100% Erneuerbares Österreich 2040

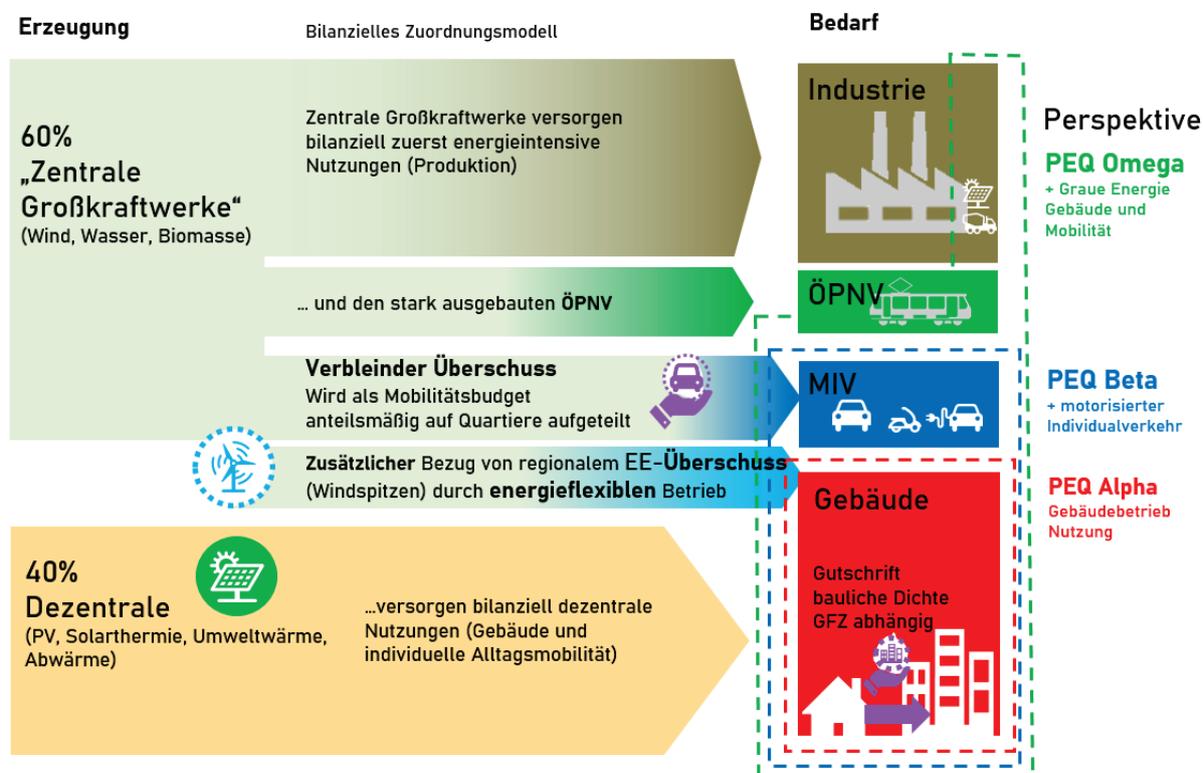


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Systemgrenzen des Gebäudesektors im Zusammenhang mit den umliegenden Sektoren eines zukünftigen erneuerbaren Energiesystems, aus denen sich die Gutschriften Top-Down ableiten

4.1.3 Systemgrenzen und Energiedienstleistungen

Die **Zukunftsquartier-PEQ Definition** beinhaltet drei aufeinander aufbauende **Schalen**: Von **PEQ Alpha** mit der ausschließlichen Betrachtung der Betriebsenergie und des Nutzer*innenstroms, über **PEQ Beta**, wo auch private motorisierte Alltagsmobilität in die Betrachtung miteinfließt, bis hin zu **PEQ Omega**, wo auch die graue Energie von Quartierserrichtung, Wartung, Instandsetzung und Mobilität über den ganzen Lebenszyklus mitberücksichtigt wird.

*Ein Quartier gilt als „Plus-Energie-Quartier“, wenn es zumindest die Schale **PEQ Alpha** erfüllt. Die Erfüllung zusätzlicher Schalen ist optional, schließt aber die Erfüllung der inneren Schalen mit ein.*

⁵ In Österreich ergibt sich in den meisten Szenarien zukünftiger 100% erneuerbarer Energieversorgung ein Überschuss aus zentralen Kraftwerken und damit ein Bonus für das einzelne Quartier. Österreich ist hier vor allem durch die große Menge an Wasserkraft in einer sehr günstigen Situation. In anderen Energiesystemen kann es aber auch zu einem Defizit kommen und einen verstärkten Einsatz dezentraler Anlagen notwendig machen. Unter der Annahme, dass diese auch gleichverteilt dem Gebäudesektor zuzurechnen sind, ergibt sich damit ein Malus. Ein Quartier in PEQ Beta muss dann nicht nur seine lokale individuelle Alltagsmobilität decken, sondern auch das umliegende Energiesystem mit zusätzlichem lokalen erneuerbaren Überschuss stützen. Quelle: Schneider et al., 2020

Die drei Schalen werden wie folgt textlich definiert:

PEQ Alpha

*(umfasst lediglich den **Betrieb, somit Dienstleistungen der Gebäudetechnik sowie Haushalts- und Betriebsstrom**)*

*Ein Plus-Energie-Quartier **Alpha** ist ein Quartier, das auf Basis aller laufenden Energiedienstleistungen unter Berücksichtigung monatlicher Konversionsfaktoren eine über ein Jahr positive Primärenergiebilanz aufweist, d.h. mehr Primärenergie „erzeugt“ als es verbraucht. Eine Gutschrift beziehungsweise ein Abschlag aufgrund von baulicher Dichte wird dabei angerechnet.*

PEQ Beta

*(umfasst **nebst dem Betrieb auch die Mobilität, somit Dienstleistungen der Gebäudetechnik, Haushalts- und Betriebsstrom sowie Alltagsmobilität**)*

*Ein Plus-Energie-Quartier **Beta** erfüllt die Kriterien von PEQ Alpha. Darüber hinaus wird auch die private Alltagsmobilität miteinbezogen. Dafür wird ein erneuerbares Energie-„Budget“ aus dem umliegenden, zukünftig erneuerbaren Energiesystem gutgeschrieben.*

PEQ Omega

*(umfasst **alle Dienstleistungen der Gebäudetechnik, Haushalts- und Betriebsstrom, Alltagsmobilität sowie graue Energie im Quartier und der Mobilität über den Lebenszyklus**)*

*Ein Plus-Energie-Quartier **Omega** weist für alle laufenden Energiedienstleistungen, für die Alltagsmobilität, sowie für die „graue Energie“ in Gebäuden und sämtlichen gebäudetechnischen und Alltagsmobilitätsgeräten über den Zeitraum von 100 Jahren eine positive Treibhausgas-Bilanz auf. Dafür wird ein flächenbezogenes Emissionsbudget gutgeschrieben, das in einem klimaneutralen Österreich für diese Nutzung zur Verfügung steht.*

Die Zielwerte der Systemgrenzen PEQ Beta und PEQ Omega sind im Allgemeinen ambitionierter, im Speziellen aber nicht notwendigerweise schwieriger zu erreichen. Wie bereits erwähnt, geht die Erweiterung der Systemgrenzen auf die Mobilität, sowie um graue Energie mit zusätzlichen Gutschriften (siehe Kapitel 4.1.4 Zielwerte und Gutschriften) aus dem umliegenden Energiesystem einher, die in günstigen Fällen auch zu einer Erleichterung führen können.

Warum drei unterschiedliche Systemgrenzen? Durch die drei Systemgrenzen können sowohl Neubau als auch Sanierung, sowohl ländliche als auch urbane Quartiere trotz erheblicher Unterschiede hinsichtlich Typologie, Energiesystem, Mobilitätsbedarf, aber auch hinsichtlich verfügbarer Daten und Zielsetzungen abgebildet und bewertet werden. Gerade die Lebenszyklusbetrachtung ist für die Bestandssanierung wichtig, um eine im Vergleich zum Neubau erreichbare PEQ Definition zur Verfügung zu haben. Durch die schalenweise Ausgestaltung ist es möglich, eine eingangs verwendete Betrachtungsgrenze (z.B. PEQ Alpha) nach und nach gemäß den verfügbaren Daten und Zielsetzungen zu erweitern.

Eine Definition der funktionalen Systemgrenzen einschließlich der betrachteten Energiedienstleistungen findet sich in nachfolgender Tabelle. „Indirekte Berücksichtigung über

Allokationsbudget“ meint dabei, dass die betreffende Energiedienstleistung nicht direkt im Rahmen der PEQ-Nachweisführung zu erheben und bilanzieren ist, sondern bereits in der nationalen Betrachtung des zukünftigen 100% erneuerbaren Energiesystems 2040 berücksichtigt und alloziert wurde – nämlich mit erneuerbaren Energien aus zentraleren Quellen wie Wind- und Wasserkraft. Dies betrifft primär die *Prozessenergie* zur Herstellung von Gütern und die Energie für den *Öffentlichen Verkehr*. Beide sind übergeordnet und außerhalb der Quartiersbetrachtung bilanziert, weil dadurch auch primär Nutzen für der Allgemeinheit über die Quartiersgrenze hinaus entsteht.

Table 2: Berücksichtigte Energiedienstleistungen

Energiedienstleistungen		Direkte Bilanzierung in Systemgrenze			Indirekte Berücksichtigung über Allokationsbudget
		PEQ Alpha	PEQ Beta	PEQ Omega	
Gebäudebetrieb	Heizen	☑	☑	☑	
	Kühlen	☑	☑	☑	
	Be- und Entfeuchtungsbedarf	☑	☑	☑	
	Lüftung	☑	☑	☑	
	Hilfsstrom des Haustechnik-Systems	☑	☑	☑	
	Allgemeinstrom & Lift	☑	☑	☑	
	Beleuchtung	☑	☑	☑	
Quartiers-Nutzung	Strombedarf Nutzer*innen (Plugloads)	☑	☑	☑	
	Betriebsstrom (Büro, Handel, Schule)	☑	☑	☑	
	Prozesswärme	☒	☒	☒	☑
	Prozesskälte	☒	☒	☒	☑
	Strombedarf für industrielle Produktionsprozesse	☒	☒	☒	☑
	Strombedarf für allgemeine Nutzung (inkl. Dienstleistungen)	☑	☑	☑	
Mobilität	Motorisierter Individualverkehr	☒	☑	☑	
	Öffentlicher Verkehr	☒	☒	☒	☑
	Sonstige Mobilität	☒	☒	☒	
Graue Energie	Bauteile im Energieausweis	☒	☒	☑	
	Nebenbauteile (Keller, Tiefgarage, Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze, Balkone und Terrassen, Sonstige Nebengebäude)	☒	☒	☑	
	Bau- und energietechnische Ausstattung	☒	☒	☑	
	Fahrzeuge und Infrastruktur für MIV	☒	☒	☑	
	Öffentlicher Verkehr	☒	☒	☒	☑

Die **räumliche Systemgrenze** fällt im Allgemeinen mit der physischen Quartiersgrenze zusammen. Alle Definitionsbestandteile beziehen sich auf jene Fläche, die zur vollumfänglichen Nutzung des Quartiers nötig ist. Ein „Gerrymandering“ der räumlichen Quartiersgrenzen zum gezielten Ein- oder Ausschluss von Bedarfen oder Energiequellen aus energie- und emissionsbilanziellen Gründen ist **nicht zulässig**. *Die räumliche Bilanzgrenze ist so zu ziehen, dass die unmittelbar umliegenden Gebiete dadurch keinen offensichtlichen Nachteil haben, selbst Plus-Energie-Quartiere zu werden.* Das schließt beispielsweise einen gezielten Einschluss von einzelnen Erzeugungsanlagen aus dem Umland aus.

Lokale erneuerbare Energiequellen können unabhängig von der Umwandlungstechnologie zur Deckung der Energiebilanz verwendet werden, solange angenommen werden kann, dass sich eine Verwendung dieser nicht nachteilig auf andere Bereiche außerhalb der Systemgrenze auswirkt. Dies ist insbesondere bei der Nutzung von fließenden Gewässern oder Grundwasser zur Kühlung und bei Kleinwasserkraft zu berücksichtigen. Abwärme, beispielsweise aus Industrieprozessen, kann – und soll – im Allgemeinen verwendet werden.

Die **zeitliche Betrachtung** umfasst für PEQ Alpha und PEQ Beta immer ein Betriebsjahr. Bei PEQ Omega beträgt der Betrachtungszeitraum 100 Jahre. Die Ergebnisse werden auf ein Betriebsjahr bezogen dargestellt.

Damit die Definition auf einen weiten Teil des österreichischen Gebäudesektors anwendbar ist, wird von einer konkreteren Definitionsmethodik der räumlichen Systemgrenzen und der Verwendbarkeit lokaler erneuerbarer Energiequellen abgesehen, auch wenn dies für die Nachweisführung einzelner Projekte wünschenswert wäre. Stattdessen gilt der Leitsatz: *Die Bilanzgrenze ist so zu ziehen, dass die unmittelbar umliegenden Gebiete dadurch keinen offensichtlichen Nachteil haben, selbst Plus-Energie-Quartiere zu werden.*

4.1.4 Bilanzierung und Gewichtung der Energieflüsse

Die Gewichtung und die damit verbundene Bewertung von Energieflüssen in der Energiebilanz ist ein zentrales und immer wieder kontrovers diskutiertes Thema der PEQ-Definition. Im Unterschied zu anderen Ansätzen steht für die *Zukunftsquartier* PEQ-Definition dabei weniger die physische Autarkie oder Autonomie eines Quartiers, als vielmehr die **Bewertung des Quartiersbeitrags zur Klimaneutralität** des übergeordneten nationalen Energiesystems im Zentrum der Betrachtung. Eine jährliche *Endenergiebilanz* ist dafür aufgrund der fehlenden Differenzierung zwischen Energieträgern nicht geeignet⁶. Die Verwendung der *Primärenergiebilanz nicht erneuerbar* weist zwei andere Probleme auf: Erstens hätte bei den derzeitigen Konversionsfaktoren der OIB RL6 zur Folge, dass Biomasse als Energieträger ceteris paribus deutlich günstiger als vergleichbare Systeme mit Ab- bzw. Umweltwärme und Wärmepumpen wären – ein Widerspruch zu vielen Klimaneutralitätsszenarien, die eine Biomassenutzung prioritär für Anwendungen mit hohen Temperaturen und nicht für die Raumwärme und Warmwasserbereitung vorsehen. Zweitens führt die Bilanzierung mittels *Primärenergie nicht erneuerbar* zur paradoxen Situation, dass in Zukunft jedes Quartier unabhängig seines Energiebedarfs

⁶ Ist ein Quartier zukünftig klimaneutral, das im Winter 1 kWh Netzstrom bezieht und dafür im Sommer 1 kWh Abwärme an das Umland abgibt, also eine ausgeglichene endenergetische Jahresbilanz aufweist? Die Bewertung des Quartiersbeitrags zur Klimaneutralität wäre hier auf zusätzliche Indikatoren angewiesen.

eine Null-Bilanz hätte wenn das umliegende Energiesystem dekarbonisiert wäre und der Anteil nicht Erneuerbarer dadurch auf Null sinkt. Das Konzept eines Plus-Energie-Quartiers im Sinne der weitest gehenden **Energieeffizienz und lokalen Energieerzeugung** wäre damit ohne die Einführung zusätzliche Kriterien und Indikatoren hinfällig.

Die **Bilanzierung** erfolgt im Zukunftsquartier-Ansatz stattdessen anhand des Indikators *Primärenergiebedarf gesamt (PEB ges.)* für Systemgrenzen PEQ Alpha und Beta und des Indikators *äquivalente Kohlendioxidemissionen (CO₂-eq.)* der auftretenden Endenergieflüsse über die jeweilige Systemgrenzen, mit folgenden Gewichtungen:

Tabelle 3 Verwendete Gewichtung der Energieflüsse je Systemgrenze bei der Bilanzierung

Energiefluss über die Systemgrenze	Gewichtung PEQ Alpha, PEQ Beta	Gewichtung PEQ Omega	Operationalisierung
Elektrischer Netzbezug und –Einspeisung	<i>PEB ges.</i> monatliche Konversion aus OIB RL6, Einspeisung mit negativem Vorzeichen	CO₂-eq. Monatliche Konversion aus OIB RL6, Einspeisung mit negativem Vorzeichen	
Energieflexibler bzw. Netzdienlicher Bezug von erneuerbaren Überschüssen (demand side management)	Null , keine	Null , keine	Siehe Anhang <i>Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung</i>
Biomasse	PEB ern. + 50% PEB n. ern.	CO₂-eq. OIB RL6	
Sonstige Energieträger	PEB ges. OIB RL6	CO₂-eq. OIB RL6	
Treibstoffe (Mobilität)	PEB ges.	CO₂-eq.	

Konkrete Ziele der Gewichtung sind:

- **Anknüpfung an die Planungspraxis** und bestehende Literatur und Methoden durch Verwendung von Konversionsfaktoren aus der OIB RL6 2019 für Primärenergiebedarf gesamt (*PEB ges.*, erneuerbar und nicht erneuerbar) und äquivalente Kohlendioxidemissionen (*CO₂-eq.*)
- **Abbildung saisonaler Unterschiede** mittels Verwendung *monatlicher Konversionsfaktoren* auf Basis der OIB RL6 im Entwurf 2018. Die Einspeisung im Sommer und der Bezug im Winter werden dadurch primärenergetisch ungünstiger bewertet und bilden damit deren netzadversen Charakter besser ab.
- **Bewertung von energieflexiblem netzdienlichem Bezug:** Dabei wird die Verwendung von Energie, die sonst gar nicht im umliegenden System zur Verfügung stünde, immer mit Null gewichtet. Beispiel ist der Überbezug aus dem Netz zu Zeiten von regionalen Windspitzen, die andernfalls abgeregelt werden müssten oder die Verwendung von Abwärme aus nahegelegenen Industrieprozessen, die sonst an die Umwelt abgegeben würden. Dies geht über die Verwendung quartierseigener Erneuerbarer hinaus, beinhaltet aber nicht reguläre Erneuerbare außerhalb des Quartiers
- **Biomasse-Nutzung ist möglich, aber nicht bevorzugt:** Ein Kompromiss ergibt sich aus der Berücksichtigung des Mittelwerts zwischen der *Primärenergie gesamt* (Biomasse ist dann zumeist nicht möglich) und der *Primärenergie nicht erneuerbar* (Biomasse ist dann bevorzugt).

Im Anhang *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung* finden sich weiterführende Informationen zu Definition und Operationalisierung der Gewichtung, insbesondere eine konkretere Definition des „netzdienlichen Bezugs“ regionaler erneuerbaren Überschüsse, und damit der **quantitativen Bewertung von Energieflexibilität**, sowie der Bewertung der Biomasse und möglicher Abwärme.

4.1.5 Zielwerte und Gutschriften für die Bilanz

In den meisten PEQ-Definitionsansätzen ist das Bilanzziel positiv, also größer Null. Das gilt im Allgemeinen auch für den Zukunftsquartier-Ansatz, allerdings mit dem Zusatz klar definierter externer Gutschriften, die in die Quartiersbilanz als virtuelle Bestandteile einfließen oder diese zusätzlich belasten können. Mit umgekehrtem Vorzeichen sind die externen Gutschriften gleichzeitig die *Zielwerte* der Quartiersbilanz:

$$\text{Quartiersbilanz} > 0$$

$$\text{Quartiersbilanz} = \text{Projektsaldo} + \text{Gutschrift} > 0$$

$$\text{Zielwert} = -\text{Gutschrift}$$

$$\rightarrow \text{Projektsaldo} > \text{Zielwert}$$

Tabelle 4 Zielwerte je Systemgrenze

Systemgrenze	Projektsaldo	Zielwert	
PEQ Alpha (Betrieb)	Primär-Energie-Bilanz (Export – Import) ⁷	$> 1,63 \left(\frac{38}{GFZ + 0,15} - 33 \right)$ <i>oder maximal 125</i>	kWh PE _{ges.} /m ² _{NGF} /a
PEQ Beta (inkl. Alltagsmobilität)	Primär-Energie-Bilanz (Export – Import)	+ <i>Gutschrift Beta</i> > <i>Zielwert Alpha</i>	kWh PE _{ges.} /m ² _{NGF} /a
PEQ Omega (inkl. graue Energie)	Treibhausgas-Emissionsbilanz	+ <i>Gutschrift Omega</i> > <i>Zielwert Omega</i>	kg CO ₂ eq./m ² _{NGF} /a

4.1.5.1 PEQ Alpha: Betrieb und Nutzung

Die Gutschrift beziehungsweise der Zielwert der Quartiersbilanz PEQ Alpha hängt wie bereits im Vorprojekt (Schöfmann et al. 2020) von der baulichen Dichte in Form der **Geschoßflächenzahl** (GFZ) ab. Die GFZ als Verhältnis zwischen realisierter Bruttogrundfläche (Bruttogeschoßfläche, BGF) und verfügbare Grundstücksfläche (GF) ist ein guter Prädiktor für die erreichbare Energiebilanz eines Quartiers, da der Energiebedarf im Allgemeinen mit der BGF korreliert, das lokale erneuerbare Erzeugungspotential aber primär mit der verfügbaren Quartiersfläche.

⁷ Energieflüsse **in** das Quartier werden **negativ** bilanziert (z.B. Netzstrombezug und Fernwärme), Energieexporte über die Systemgrenze werden **positiv** bilanziert (z.B. PV-Überschüsse)

Der ursprüngliche Zielwert für PEQ Alpha aus dem Vorprojekt Zukunftsquartier wurde adjustiert, um bei weniger dichter Bebauung bzw. bei niedriger GFZ erreichbar zu sein. Im Vergleich zum ursprünglichen Zielwert wurden die Anforderungen an Quartiere mit niedrigerer Dichte und GFZ nun reduziert. Zusätzlich wurde eine Grenze für den Zielwert bei sehr kleinen GFZ < 0.2 mit 100 kWh/m²BGF bzw. 125 kWh/m²NGF eingeführt. Bei einer GFZ von 1 ergibt die Zielwert-Funktion die klassische Anforderung der Positivität > 0, bei höheren Dichten wird die Anforderung immer langsamer reduziert. Hier gibt es nur minimale Unterschiede zur ZQ1 Definition.

Die quantitative Parametrisierung der resultierenden Kurve ergibt sich aus der GFZ –Verteilung und der Sanierungsannahmen des österreichischen Gebäudesektors und hängt davon ab, wieviel Energie der gesamte Gebäudesektor im Klimaneutralitätsszenario selbst aufbringen wird. Sie ist im Anhang Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung zu finden.

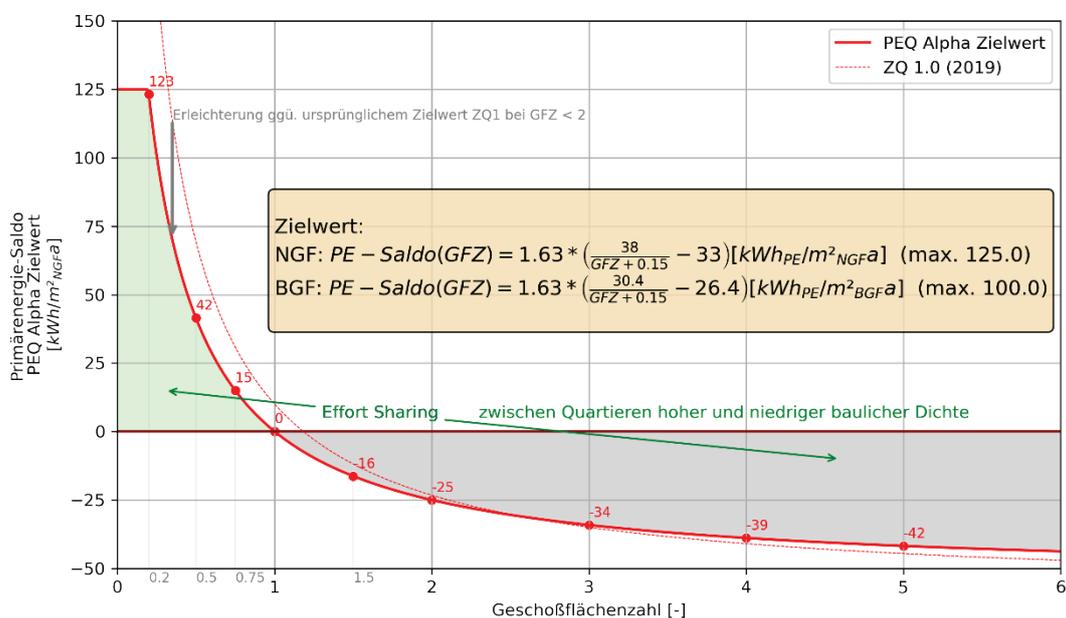


Abbildung 3 Zielwert der Systemgrenze Alpha (Betrieb + Nutzerstrom) in Abhängigkeit der Geschosßflächenzahl (Rote Linie). Der Primärenergie-Saldo des Projekts muss in PEQ Alpha den hier dargestellten Zielwert überschreiten (um zusammen mit der Dichte-Gutschrift selber Größe und umgekehrten Vorzeichens eine insgesamt positive PE-Bilanz zu erzielen). Alle Quartiere, deren PE-Saldo über der roten Linie liegen, gelten als **PEQ Alpha**

4.1.5.2 Systemgrenze PEQ Beta: motorisierte individuelle Alltagsmobilität

Die Systemgrenze **PEQ Beta** erweitert die PEQ-Definition um die Schale der Alltagsmobilität ohne deren Erreichbarkeit drastisch zu erschweren. Konkret geschieht dies unter Berücksichtigung zweier zusätzlicher Komponenten in der Primärenergie-Bilanz:

1. **Energiebedarf**, der durch das Quartier induzierten **privaten Alltagsmobilität** (statistisch projiziert). Dieser ist in der Zukunftsquartier –Operationalisierung abhängig von der ÖV-Anbindung des Standorts, sowie der Nutzungsmischung im Quartier wodurch sich ein quartiersspezifisches Mobilitätsprofil und damit verbundener Energiebedarf ergibt.

2. **Mobilitäts-Energie-Budget** als bilanzielle Gutschrift aus dem umliegenden erneuerbaren Energiesystem (Überschuss aus zentraler erneuerbarer Produktion, siehe Abbildung 2), die dem Quartier je geschaffener Nutzfläche vergeben wird.⁸

Gemeinsam mit dem dichteabhängigen Zielwert von PEQ Alpha erfüllt PEQ Beta damit die zentrale Anforderung des ZQ-Ansatzes: Die Anknüpfung an das erneuerbare Energiesystem und die Abbildung des Effort-Sharings innerhalb des Gebäudesektors Österreichs. Damit die Einbindung der Alltagsmobilität die Energiebilanz nicht einseitig belastet, wird dafür andererseits ein top-down ermitteltes Energie-Budget definiert, das zur Deckung der Mobilitätsbedarfe herangezogen werden kann und **nicht direkt am Standort geschaffen werden muss**.

Die in Abbildung 2 dargestellte bilanzielle Aufteilung der erneuerbaren Energieerzeugung in Österreich 2040 ergibt aus den regionalen „zentralen Großkraftwerken“ einen Strom-Überschuss von 6,3 TWh EE/a und einen Überschuss aus Biomasse von 0,36 TWhEE/a, bzw. einen insgesamten Primärenergie-Überschuss von 10,7 TWhPE/a zur Verwendung für den MIV in den Quartieren. Dieser Überschuss wird auf alle Quartiersflächen in Österreich aliquot gemäß dem durchschnittlichen österreichweiten Anteil dieser Nutzung am Zielverkehr aufgeteilt: So sind etwa 50% der Wege aller Österreicher*innen nach Hause, zur Nutzung Wohnen. Diese Wege bekommen demnach auch einen 50%igen Anteil an der Gutschrift. Bezogen auf die in Österreich insgesamt vorhandenen Flächen jeder Nutzung ergibt sich durch Division folgende flächenbezogene Gutschrift:

Tabelle 5 PEQ Beta Mobilitätsgutschrift je Nutzung	österreichweiter Anteil am Zielverkehr ⁹	Gutschriftsanteil <i>TWh PE_{ges.}/a</i>	Nutzflächen in Österreich <i>mio m²_{NGF}</i>	PEQ Beta Mobilitätsbudget <i>kWh PE_{ges.}/m²_{NGF/a}</i>
Wohnen	50%	5,30	375,6	14,11
Büro	21%	2,20	53,1	41,47
Ausbildung	3%	0,29	22,5	12,93
Handel & Sonstige	27%	2,89	96,5	29,97
Summe	100%	10,68	547,8	

Die Berechnung des Mobilitäts-Energiebedarfs des Quartiers wird aus Personenjahreskilometerleistungen je Nutzung und Regionstyp¹⁰ durchgeführt bzw. alloziert. Diese wurden in Österreich Unterwegs 2013/14 erhoben und im Rahmen des UAP-Projekts aufbereitet. Für die Nachweisführung kann von einem E-Mobilitätsanteil von 70% ausgegangen werden, um die zukünftige Situation 2040 abzubilden¹¹ – bei Nachweis einer entsprechenden Leerverrohrung bis zu 90%. Eine weitere Reduktion der zugrundeliegenden MIV-Jahreskilometer ist zulässig, wenn sie mit konkreten Maßnahmen wie Fahrrad-Infrastruktur, E-Car oder E-Bike-Sharing oder besondere Gegebenheiten wie einem überdurchschnittlich günstigen ÖV-Anschluss im **klimaaktiv Mobilitätstool**

⁸ Zur Ableitung dieser Gutschrift siehe S. Schneider, T. Zelger, and L. Klauda, 'Überlegungen zur Frage, welcher Anteil erneuerbarer Energie 2050 in Österreich lokal aufgebracht werden muss', EnInnov Graz, 2020

⁹ Quelle: Herry Consult, 2017. Anhang um Urban Area Parameter Bericht AP4&6 Mobilität auf Basis von *Österreich Unterwegs 2013/14*

¹⁰ Die Regionstypen sind im UAP-Endbericht publiziert: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/kennwerte-siedlungsbewertung-fuer-errichtung-betrieb-und-mobilitaet-in-klimavertraeglichen-siedlungen.php>

¹¹ BMK, *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich*. 2021. Accessed: Apr. 28, 2022. [Online]. Available: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:6318aa6f-f02b-4eb0-9eb9-1ffabf369432/BMK_Mobilitaetsmasterplan2030_DE_UA.pdf

zur Bewertung von Siedlungen und Quartiere¹² belegt werden können und in Übereinstimmung mit den nationalen Zielen des Mobilitätsmasterplans sind¹³. Die Annahmen und Berechnungsschritte sind im *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung* beschrieben.

4.1.5.3 Systemgrenze PEQ Omega: Graue Energie und Emissionen

Die Systemgrenze PEQ Omega stellt die finale Schale der ZQ Definition dar. Sie soll es ermöglichen, die gesamten klimawandelbezogenen Umweltauswirkungen eines Quartiers bilanzierbar und mit einem Zielwert vergleichbar zu machen. Damit wird eine Aussage darüber ermöglicht, ob das Quartier kompatibel mit den zukünftigen Ansprüchen einer klimafitten, emissionsneutralen Gesellschaft ist und keine weiteren Nachrüstungen benötigt. Der Ansatz im Rahmen der Zukunftsquartier-Definition besteht darin, analog zu PEQ Alpha und PEQ Beta auch für PEQ Omega und die Treibhausgas-Emissionen einen Zielwert beziehungsweise eine Gutschrift/ein Budget aus nationalen Szenarien der Klimaneutralität abzuleiten, das für das einzelne Quartier auf Basis seiner geschaffenen Flächen herangezogen wird. Eine Grundlage ist der konsumbezogene THG Fußabdruck, der in einem Forschungsprojekt für Qualitätskriterien „asperm klimafit“ herangezogen wurden (Zelger 2020). Der Flächenbezug hat hier gegenüber einer personenbezogenen Betrachtung den Vorteil, dass er unabhängiger von Belegungsdichten ist. Eine detailliertere Darstellung befindet sich in einem separaten, diesen Ergebnisbericht ergänzenden Anhang *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung*.

4.2 Chancen der Quartiersbetrachtung

Auch wenn es keine offizielle Demarkationslinie zwischen Plus-Energie-Gebäuden und Plus-Energie-Quartieren gibt, lässt sich der Unterschied zwischen Plus-Energie-Gebäude-Projekten und Quartiers-Projekten im Allgemeinen durch folgende typische Merkmale charakterisieren:

Tabelle 6: Typische Unterschiede zwischen Plus-Energie-Gebäuden und Plus-Energie-Quartiere n

Merkmal	Gebäude	Quartier
Anzahl der Gebäude	Ein Gebäude	Mehrere bis mehrere hundert Gebäude
Nutzung	Meist Monofunktional	Meist größere Mischung
Fokus	Energie	Energie, Lebensqualität, Klima, Prozesse, Mobilität
Ziel „Plus-Energie“ im Planungsprozess	Später	Früher
Anzahl der involvierten Stakeholder	Weniger	Mehr

In der Praxis wird der Begriff des „Quartiers“ sehr unterschiedlich ausgelegt: Er wird ebenso zur Beschreibung eines einzigen Baufelds mit drei Baukörpern verwendet, wie für ganze Stadtteile mit

¹²https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:175f8331-3df5-436c-b212-dd7b05b95ec2/Mobilit%C3%A4tstool_03-2020.xlsx (Zugriff: April 2022)

¹³ BMK, Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich. 2021. Accessed: Apr. 28, 2022. [Online]. Available: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:6318aa6f-f02b-4eb0-9eb9-1ffabf369432/BMK_Mobilitaetsmasterplan2030_DE_UA.pdf

hundertten Gebäuden. Auch der Begriff „Plus-Energie-Quartier“ selbst kann damit sehr unterschiedlich verstanden und verwendet werden, da es keine klare Definition gibt, ab welcher Größe oder Art der Nutzung ein Quartier als solches gilt. In der Praxis bestehen Quartiere aus mehreren bis mehreren Hundert Einzelgebäuden. Dementsprechend höher ist auch der Planungs- und – da zusätzliche Stakeholder zusammentreffen – der Abstimmungsaufwand, falls gemeinsame Ziele quartiersweit verfolgt werden sollen. Andererseits lassen sich durch die Quartiersbetrachtung aber auch wesentliche Chancen einer Quartiersbetrachtung gegenüber einer Betrachtung von Einzelprojekten gewinnen, u.a.:

- Klimafitte Energieplanung wird nachhaltiger im Planungsprozess verankert.
- Qualitative Entwicklungsziele können umfangreicher und effektiver behandelt werden.
- Mischung unterschiedlicher Nutzungen sind energetisch günstiger und wirtschaftlicher.
- Pooling von Ressourcen wie Mobilitätsangeboten ermöglicht nachhaltigere Mobilitäts-Lösungen.
- Mehr Raumangebote, die zur gemeinsamen Nutzung dienlich sind.

Die Quartiersbetrachtung kann wichtige qualitative Ziele besser schützen als die Betrachtung einzelner Projekte, etwa wenn es um die Gestaltung von Grün- und Freiraum, oder die Sicherstellung sozialer Inklusion, Lebensqualität, Kommunikation und Organisation im Grätzel geht.

*Die Quartiersbetrachtung **erhöht die Nutzungsmischung** und die dadurch möglichen Vorteile. Verschiedene Nutzungen wie Wohnen, Gewerbe und Handel ergänzen sich: Die gemeinsame Betrachtung und Bilanzierung von mehreren Nutzungen im Quartier bringt wirtschaftliche und ökologische Vorteile, weil die lokale erneuerbare Energie besser genutzt werden kann.*

Durch die Mischung der verschiedenen Nutzungen im Quartier können mehrere technisch-energetische Vorteile entstehen:

Einerseits gibt es eine unmittelbare **Reduktion von Gleichzeitigkeiten** durch die unterschiedlichen Nutzungszeiten im Tages-, Wochen- und Jahresverlauf: In Wohnungen wird Energie größtenteils am Abend und zu geringerem Teil am Morgen verbraucht. Im Gegensatz dazu stehen Büro- und Gewerbenutzungen, sowie Handel und schulartige Nutzungen, deren Energieverbrauch an die Tagesarbeitszeiten und Öffnungszeiten geknüpft sind. Ein ähnliches Wechselspiel ergibt sich zwischen Wochentagen und Wochenenden, sowie Feiertagen und Ferien: Menschen sind entweder zu Hause, in der Arbeit, in der Schule, einkaufen; sie sind dies aber nicht gleichzeitig. Das kann die zu bewältigenden Lastspitzen glätten und damit auch die maximalen Leistungen von Anlagen, Anschlüssen, usw. reduzieren, sowie die verfügbaren Speicher besser und öfter nutzbar machen und somit Kosten sparen.

*Die Quartiersbetrachtung ermöglicht das **Pooling** von Ressourcen wie Fahrzeugen und Wärmequellen: Damit werden **Sharing-Modelle** für Mobilität wie E-PKW und E-Bikes, aber auch die Nutzung erneuerbarer Energie und deren Speicherung, etwa in Anergienetzen möglich.*

- Aggregierte Mobilitätslösungen (*Multi-modal Mobility hubs*)
- Sharing-Angebote

- Kommunikationsangebote (Plattformen, Apps, etc.)

*Die Quartiersbetrachtung ermöglicht ein **früheres Einbinden von Energiethemen in den Planungsprozess**, und damit eine **effektivere Weichenstellung** hin zu nachhaltiger Entwicklung von Bauprojekten.*

Quartiersplanung muss vor der Planung von Einzelprojekten passieren, um einen Rahmen für diese zu schaffen. Das ist im Projektverlauf eine kritische Zeit, um wesentliche Weichen zu stellen. Instrumente wie städtebauliche Rahmenverträge können dabei eine wichtige Rolle spielen.

*Die Quartiersbetrachtung ermöglicht **ambitioniertere Gesamtziele**: Herausfordernde Aspekte können durch ambitionierteres Harvesting von „low-hanging fruits“ andernorts ausgeglichen werden.*

Ein Quartier, das Bestandssanierungen UND Neubau kombiniert, kann insgesamt höhere Ziele erreichen, wenn der Neubau für die Sanierung kompensiert. Das gelingt leichter, wenn unmittelbar in einem Quartier bilanziert und zusammengelegt wird, als wenn nur abstrakte Formen des Effort-Sharings in Form unterschiedlicher Zielwerte vorhanden sind.

4.3 Unterschied zwischen einem PEQ und einem Quartier nach Wiener Bauordnung bzw. OIB-RL 6

Im Allgemeinen gibt die PEQ-Definition nach Zukunftsquartier-Methodik keine quantitativen Vorgaben an die bauliche und thermische Qualität. Dennoch kann sich eine qualitative Gebäudehülle positiv auf die Primärenergiebilanz auswirken oder geringere Maßnahmen in anderen Bereichen notwendig machen, beispielsweise eine kleinere PV-Anlage, da der Primärenergiesaldo als singulärer Zielwert ausschlaggebend ist und keine Anforderungen an einzelne Kenngrößen gestellt werden. Die folgende Tabelle zeigt die Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile eines Neubaus aus der OIB-RL 6, verglichen mit den (gemittelten) U-Werten des Beispielprojektes Pilzgasse (Stand bei Einreichung).

Tabelle 7: Vergleich der thermischen Qualität wärmeübertragender Bauteile aus der OIB-Richtlinie 6 zum Beispielprojekt Pilzgasse

Bauteil	OIB-Richtlinie 6 (2019) U-Wert [W/m ² K]	Pilzgasse U-Wert [W/m ² K]
Wände gegen Außenluft	0,35	0,17
Wände gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60	0,22
Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft	1,40	0,75
Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen jeweils in Nicht-Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft	1,70	0,77

Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20	0,12
Decken über Außenluft	0,20	0,14
Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile	0,40	0,20

Der größte Unterschied eines PEQ gegenüber einem nach der Wiener Bauordnung (Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch) errichteten Quartier, ergibt sich hinsichtlich der zu installierenden Leistung der Photovoltaik-Anlage: In der Bauordnung gilt laut § 118 Abs. 3b und 3c eine Solarverpflichtung für die einzelnen Nutzungen gemäß Punkt 3 der OIB-RL 6 (Wohn-Nutzung, Nicht-Wohnnutzung).

Für Neubauten von Nicht-Wohngebäuden (NWG) ist durch den Einsatz solarer Energieträger 1 kWp / 100 m² konditionierter Bruttogrundfläche (BGF), für Wohngebäude (WG) 1 kWp / 300 m² konditionierter BGF und charakteristischer Länge am Gebäude zu errichten.

$$\text{Nicht-Wohngebäude} \quad PV_{NWG} = \frac{BGF}{100} [kWp] \quad (1)$$

$$\text{Wohngebäude} \quad PV_{WG} = \frac{BGF}{300 * l_C} [kWp]$$

PV_{NWG/WG} ... Installierte Leistung Nichtwohngebäude (NWG) bzw. Wohngebäude (WG)

BGF ... konditionierte Bruttogrundfläche des Gebäudes gemäß ÖNORM B 8110 – 6 – 1

l_C ... charakteristische Länge

Ein Vergleich der gesetzlich verpflichtenden Größe einer PV-Anlage und einer PV-Anlage für ein PEQ am Beispiel Pilzgasse findet sich in nachfolgender Tabelle:

Tabelle 8: PV Spitzenleistungen BO Wien und Projektplanung

	<i>BGF</i> <i>m²</i>	BO Wien <i>Spitzenleistung</i> <i>kWp</i>	Projektplanung Pilzgasse <i>Spitzenleistung</i> <i>kWp</i>
Nicht-Wohngebäude	15.970	159,7	570,5
Wohngebäude	17.536	37,1	
Gesamt	33.506	196,8	570,5

Die geplante PV-Anlage der Pilzgasse entspricht annähernd dem Dreifachen der gesetzlich geforderten Spitzenleistung.

4.4 Operationalisierung und Nachweisführung

Zur Operationalisierung der Definition und deren Nachweisführung wurden im Rahmen des Projekts zwei Tools entwickelt, die aufeinander aufbauen und im Anhang *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung* beschrieben werden.

Plus-Energie-Tool zur Modellierung, Simulation und Nachweisführung

Zur Operationalisierung und Nachweisführung aller Definitionsinhalte, sprich Gebäudebetrieb, Mobilitätsenergie und Graue Energie wurde ein Toolkit auf Excel-Basis entwickelt, das diese Energieflüsse in einer stündlichen Bilanzierung abbildet. Ziele und wesentliche Aspekte bei der Entwicklung des Tools waren dabei:

- **Realitätsnahe und wissenschaftlich abgesicherte Methodik** zur Bewertung und Nachweisführung von Plus-Energie-Quartieren als ein wesentlicher Baustein eines 2040 klimaneutralen Staats Österreich 2040.
- **Dynamische Modellierung** der Energieströme für alle relevanten Energieströme inkl. E-Mobilität, um Aussagen über die dynamischen Effekte des Quartiers tätigen zu können.
- Abbildung von netzdienlichem Einsatz externer erneuerbarer Energie durch instationäre Betrachtung. Inklusion von **intelligenter, energieflexibler Regelung** zur Einbindung von (hochvolatilen) erneuerbaren Energiequellen (Windkraft, Sonnenkraft etc.).
- Einbindung des **Speicherpotentials von Gebäudespeichermasse** zur besseren Integration erneuerbarer Energien.
- **Realitätsnahe Kostenberechnung** durch dynamische Methoden, die innovative und zukunftsfähige Geschäftsmodelle robust bezüglich Wirtschaftlichkeit abbilden können (z.B. Energiegemeinschaften).
- Hebung von **Synergien mit dem klimaaktiv Kriterienkatalog: Standard für Siedlungen und Quartiere**¹⁴ (Zusammenführung in PEQ Beta und Omega).
- Abschätzbarkeit der Eigendeckung durch lokale erneuerbare Energien (z.B. PV) als wesentlicher Indikator für Systemdienlichkeit und Wirtschaftlichkeit.
- Verwendbarkeit bestehender Daten in Form von **PHPPs und Energieausweisen**.
- Einfache **Variantenbildung**, Simulation und Vergleich einer großen Anzahl von Varianten.
- Einfache **Iterierbarkeit** im Rahmen des Planungsprozesses.
- Keine Abhängigkeit von proprietären, kostenpflichtigen Tools.
- One-Stop-Shop zur Bewertung
- Einfache Nachvollziehbarkeit der Berechnungen.
- Reduktion der notwendigen Input-Daten, indem soweit wie möglich mit Defaults gearbeitet wird.
- Erweiterbarkeit und Anpassbarkeit des Simulationsmodells.
- Offener Zugang: Das Excel-Tool zur Operationalisierung ist öffentlich zugänglich.¹⁵

PEQ-CHEQ: Abschätzungstool zu Projektbeginn

Zusätzlich zum Plus-Energie-Tool zur dynamischen Simulation und Nachweisführung ergab sich im Planungsprozess für ein PEQ die Notwendigkeit nach einem vereinfachten Tool, das bereits zu Projektbeginn schnell eine prinzipielle Einordnung des Quartierspotentials und der Erreichbarkeit der Zielwerte ermöglicht und folgende Fragen schnell und einfach beantwortet:

- Wie wirkt sich die Nutzungsmischung auf die PEQ-Fähigkeit aus?

¹⁴ <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration/klimaaktiv-siedlungskatalog-2019.html>

¹⁵ <https://github.com/simonschaluppe/peexcel>

- Welche PV-Größe wäre notwendig? Und wieviel wäre das, verglichen zur derzeit ohnehin bestehenden gesetzlichen Solarverpflichtung?
- Wie stark wirkt sich die Auswahl des Energiesystems und der Wärme/Kälteabgabe aus?
- Mit welchen Mehrkosten ist in den wesentlichen Handlungsbereichen in etwa zu rechnen?
- In welchem Bereich liegen die erwartbaren Einsparungen an Energiekosten?

Dazu wurde ein weiteres Tool, der sogenannte „PEQ CHEQ“ entwickelt, das als vereinfachte Maske für das Haupt-Tool dient. Es stellt einen ersten Versuch dar, die oben genannten Fragen für Stakeholder*innen beantwortbar zu machen. Ein Test des Tools durch Mitglieder des Projektkonsortiums hat allerdings gezeigt, dass die Zusammenhänge ohne domänenspezifisches Know-How in Gebäudetechnik schwer zweifelsfrei interpretierbar sind.

4.5 Ausblick – Wie geht’s weiter mit PEQs?

Anknüpfung und Harmonisierung mit den europäischen Ansätzen

Auf europäische Ebene wird derzeit von einer Alignment-Taskforce an einer „Framework Definition“ gearbeitet¹⁶. Diese ist notwendigerweise weniger konkret und eignet sich nicht direkt dafür, Methoden zur Zielwertbestimmung und Zertifizierung abzuleiten. Sie stellt aber ein wichtiges standardisierendes Gerüst dar, das europaweit verschiedene Projekte und Ansätze soweit möglich vergleichbar machen soll und gleichzeitig größtmögliche Flexibilität in der Umsetzung und Schwerpunktsetzung für die Stakeholder und Umsetzende konkreter Projekte bieten soll. Ein zentrales Element dieser Rahmendefinition ist die Einführung sogenannter „**Kontextfaktoren**“ (engl. „context factors“), die als **virtuelle Bestandteile der Energie- bzw. Emissionsbilanz** nationalen und regionalen Akteuren die Möglichkeit bieten soll, systematische Unterschiede zwischen Quartieren auszugleichen, die andernfalls das Effort-Sharing in eine politisch nicht gewollte Richtung verzerren würde. Konkret werden die **bauliche Dichte**, das **Alter des Quartiers**, sprich Neubau oder Sanierung, **Mobilität**, das **Klima** und die: **Rolle von PEQs und des Gebäudesektors allgemein im zukünftigen Energiesystem** als wichtigste Ansatzpunkte gesehen.

Die Zukunftsquartier-Projektreihe konnte hier in der europäischen Taskforce Projektergebnisse disseminieren. Insbesondere mit der Berücksichtigung der baulichen Dichte über die Geschoßflächenzahl und der Alltagsmobilität mit einem topdown abgeleiteten Ausgleichsbudget konnten hier wesentliche Impulse gesetzt werden. Dieser Weg soll in den Folgeprojekten fortgesetzt und auf weitere Aspekte wie Neubau ggü. Sanierung und die weitere Formalisierung des Ansatzes hingearbeitet werden.

Anknüpfung und Harmonisierung mit dem klimaaktiv Standard für Siedlungen und Quartiere¹⁷

Parallel zur Zukunftsquartier Projektreihe wurde mit dem klimaaktiv Standard für Siedlungen und Quartiere ein Meilenstein in der Bewertung nachhaltiger und zukunftsfähiger Bauvorhaben mit besonderem Fokus auf Klimaverträglichkeit und Lebensqualität gesetzt. Der Standard weist mit der ZQ

¹⁶ <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/>

¹⁷ <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration/klimaaktiv-siedlungskatalog-2019.html>

PEQ Definition wesentliche Synergien zur umfänglichen Qualitätssicherung auf. Hier wird darauf hingearbeitet, dass die beiden Systeme kompatibel sind und gemeinsam eingesetzt werden können. Zu diesem Zweck soll analog zum bestehenden Handbuch Kriterienkatalog klimaaktiv Siedlungen und Quartiere auch ein **Handbuch Kriterienkatalog Plus-Energie-Quartiere** nach ZQ-Definition mit folgenden Inhalten erarbeitet werden:

1. Welche Informationen werden für die Nachweisführung benötigt?
2. Welche Tools können bzw. müssen für die Nachweisführung verwendet werden?
3. Wann und wie erfolgt die Nachweisführung?
4. Grundlagen für die Auszeichnung / Zertifizierung von PEQ (Anforderungen, Punkte, Nachweis und Dokumentation, Hintergrundinformationen)

Methodische Weiterentwicklung

Die methodische Weiterentwicklung in den Folgeprojekten wird prioritär in folgenden Bereichen gesehen und vorangetrieben:

- Dynamische Gewichtung der Energieflüsse im Zeitverlauf auf Basis momentaner und projizierter stündlicher CO₂ und PE-Intensitäten und Konversionsfaktoren
- Anknüpfung an aktuelle Szenarien der Klimaneutralität und Allokationsansätze
- Exploration und Operationalisierung eines „Kontextfaktors“ bzw. einer Gutschrift für die Systemgrenze PEQ Alpha für die **Bestandssanierung**

5 Allgemeine Aspekte der Netzdienlichkeit von PEQ

Sowohl auf Angebots- als auch auf der Nachfrageseite kommt es derzeit zu gravierenden Veränderungen und dadurch zu Herausforderungen für das Energiesystem der Zukunft: Die zukünftige Erzeugungsseite ist durch die Umsetzung nationaler und internationaler Klimaziele durch eine steigende Volatilität durch die Nutzung erneuerbarer Quellen geprägt und aufgrund des Aufbaus der elektrischen Netze eingeschränkt kontrollierbar. Auf der Seite der Energienachfrage kommt es zu zunehmenden Lastschwankungen im Tagesverlauf. Wenn Gebäude gewisse Flexibilitätspotentiale nutzen, können die Effekte dieser Bedarfs- und Angebotsdiskrepanz ausgeglichen und dadurch gegebenenfalls das elektrische Netz entlastet werden. Einige Voraussetzungen, wie etwa die Nutzung einer intelligenten Gebäudetechnologie bzw. eines –steuerungssystems (Knotzer et al. 2019) sind jedoch hierzu entscheidend. Plus-Energie-Quartiere (PEQ) zeichnen sich einerseits durch eine hohe volatile Energieaufbringung innerhalb der Systemgrenze (meist Grundstücksgrenze) aus, bergen jedoch auch hohes Flexibilitätspotential beim Einsatz solcher Technologien und können daher in weiterer Folge eine netzdienliche Rolle spielen.

5.1 Potentiale der Netzdienlichkeit im Gesamtsystem

Systeme, welche Abläufe im Gebäudetechnologie bzw. -steuerungssystems intelligent steuern können, werden als „smart“ bezeichnet und sowohl Expert*innen aus dem Gebäudebereich als auch die EU sehen die „smartness“ eines Gebäudes immer in Zusammenhang mit hoher Energieeffizienz. Demand Response Potentiale, welche der Netzdienlichkeit dienen, und gute Komfortbedingungen sollen quantitativ ausgewiesen werden können, zum Beispiel durch Simulationen (Knotzer et al. 2019).

Ist ein Gebäude „smart“ und verfügt es über steuerbare Energieflexibilitätspotentiale kann es netzdienlich, also netzentlastend, sein bzw. wirken. Ein Großteil heutiger Gebäudeenergiesysteme verhält sich aber „netzadvers“ (Gegenteil von netzdienlich) bis „netzneutral“ (Interaktion mit dem elektrischen Netz, ohne signifikante Wirkung darauf). Diese Anlagen werden zumeist ganztägig im Teillast- oder Taktbetrieb betrieben. Um einen netzdienlichen Betrieb zu ermöglichen sind externe Führungsgrößen und Steuersignale in die Regelung einzubeziehen. Ein netzdienliches Gebäude oder Quartier agiert also als regelbare Last, als Strom- oder Wärmespeicher oder als dezentraler Erzeuger (Klein et al. 2016).

Die Gründe, warum sich heutige Anlagen in ihrem Betrieb in „netzadversen“ bis „netzneutralen“ Bereichen bewegen, lassen sich durch folgende Punkte erklären:

- **Zeitvariable Stromtarife**
Aktuell fehlen finanzielle Anreize, den Strombezug aus dem elektrischen Netz auf bestimmte „netzdienliche“ Tageszeiten zu verschieben, deswegen wird auf maximale Energieeffizienz optimiert.
- **Nutzerverhalten**
Speziell im Wohnbereich fallen die höchsten Verbräuche auf die Morgen- und Abendstunden. Diese Zeiten entsprechen auch im Gesamtsystem den Zeiten mit der höchsten Stromnachfrage.

- **Saisonale Verbrauchscharakteristik**

Annähernd der gesamte Heizwärmebedarf für Gebäude steht in den Wintermonaten an, in Zeiten mit relativ geringen Erträgen aus Solarenergie, im Vergleich zum Sommer. Außerdem ist die gesamte Stromnachfrage im Winter höher, als im Sommer (Klein et al. 2016).

Um einen netzdienlichen Betrieb des Gebäudes/Quartiers zu erreichen sind gewisse anlagentechnische Rahmenbedingungen bzw. Voraussetzungen zu schaffen. Diese Voraussetzungen betreffen die Art und Auslegung von Wärmeerzeugern (z.B. Wärmepumpen, evtl. überdimensioniert), die Einbindung von thermischen und/oder elektrischen Energiespeichermöglichkeiten sowie den Einsatz von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (Klein et al. 2016).

Eine auf eine spezifische, netzbasierte Zielgröße optimierte Anlagenführung kann schon heute sehr hohe relative Netzdienlichkeiten erreichen lassen. Deswegen ist es von Bedeutung, dass bei der Auslegung neuer Gebäudesysteme das Flexibilitätspotential der gewählten Versorgungssysteme berücksichtigt wird. Verfügt ein Gebäude oder Quartier außerdem über eine lokale Stromproduktion, beispielsweise in Form einer PV-Anlage, ist auch diese für eine Optimierung hinsichtlich Netzdienlichkeit zu berücksichtigen – einerseits, da die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen für netzdienliche Gebäude ein besonderes Ziel darstellt und andererseits, da die Eigenverbrauchsoptimierung einer PV-Anlage bereits heute nicht nur einen technischen Mehrwert (Verringerung von Überschusseinspeisung) aufweist, sondern auch einen wirtschaftlichen Anreiz bietet. Dennoch ist eine Verfolgung einer Einbindung von externen und netzbasierten Zielgrößen in die Anlagensteuerung der Gebäudes/Quartiers für die Netzdienlichkeit wesentlich (Klein et al. 2016).

5.2 Quantitative Bewertung von Netzdienlichkeit

Bisher wurden zur Bewertung der Netzdienlichkeit, anhand der zuvor beschriebenen Merkmale qualitative Ansätze gewählt – Anzahl und Typ des Service, welcher durch entsprechende Komponenten ermöglicht wird (Pernetti et al. 2017).

Der Ansatz zur quantitativen Bewertung umfasst Indikatoren für ein netzdienliches Verhalten, welche die Gleichzeitigkeit zwischen lokalen Lasten und der Stromerzeugung, die Auslastung der Netzanbindung, die Berücksichtigung von Netzsignalen und die Quantifizierung der momentanen Flexibilität zur Leistungserhöhung oder Leistungsabsenkung beinhalten (Klein 2017).

Für eine quantifizierte Bewertung der Netzdienlichkeit werden zwei Kennzahlen definiert:

- Absoluter Grid Support Coefficient GSC_{abs}
- Relativer Grid Support Coefficient GSC_{rel}

Weiters wird der zeitaufgelöste Strombezug mit einer netzbasierten Referenzgröße gewichtet – dies trifft beispielsweise auf die Residuallast, den Anteil von PV und Wind im Strommix oder auf den kumulierten Energieverbrauch zu (Klein 2017).

Der absolute Grid Support ist auf ein beliebiges elektrisches Last- und Erzeugungsprofil und einen Analysezeitraum anwendbar. Der GSC_{abs} wird nach folgender Formel berechnet:

(2)

$$GSC_{abs}(G) := \frac{\sum_{i=1}^n W_{el}^i * G^i}{W_{el} * \bar{G}} [-]$$

GSC_{abs} ... Absolute Grid Support Coefficients

W_{el} ... Elektrischer Bedarf

G ... Netzbezogene Zielgröße

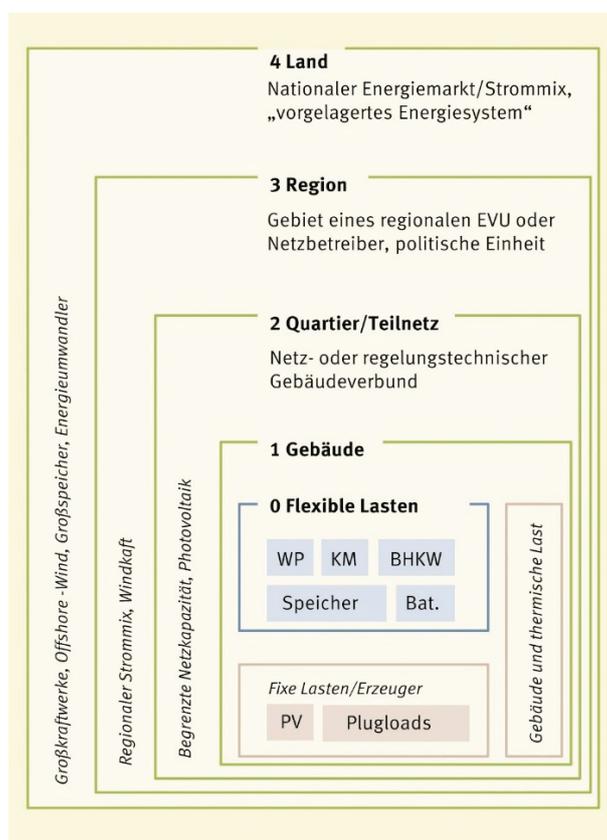


Abbildung 4: Bilanzräume zur Anwendung von Zielen und Indikatoren

Nicht immer ist diese Kennzahl jedoch bekannt, weswegen der relative Grid Support definiert ist, als Ergänzung. Diese Kennzahl ordnet den absoluten Grid Support, unter Berücksichtigung der zu bewerkstelligen Lastverschiebungsmöglichkeiten (abhängig von der Flexibilität, der Leistungen der flexiblen Geräte und der Zielgröße), auf einer Skala von -100 (netzadvers, „lower potential boundary“) bis 100 ein (100 entspricht einem für die vorhandenen Flexibilitätsmöglichkeiten „netzoptimalen“ Profil, „upper potential boundary“) (Klein 2017). Dieser Vorgang ist durch die folgende Formel beschrieben:

$$GSC_{rel} := 200 * \frac{GSC_{abs}(lowerPB) - GSC_{abs}(achieved)}{GSC_{abs}(lowerPB) - GSC_{abs}(upperPB)} - 100 \quad (3)$$

GSC_{abs} ... Relative Grid Support Coefficients

lowerPB ... untere potentielle Grenze

upper PB ... obere potentielle Grenze

achieved ... Profil zur Bewertung

Um die Kennzahlen anzuwenden, wurde anhand eines Beispiels ein Wärmepumpenbetrieb für unterschiedliche Betriebsweisen simuliert. Als Ergebnisse sind der Strombedarf sowie die definierten Kennzahlen für Netzdienlichkeit GSC_{rel} , Bedarf an regionaler Primärenergie und vermiedene Engpassarbeit für vier unterschiedliche Betriebsweisen der Wärmepumpe (nach den Zielgrößen Residuallast Deutschlands, regionalem Primärenergiefaktor, Netzengpässen, Referenzbetrieb) dargestellt (Kalz et al. 2018).

Betriebsweisen	Strombedarf [kWh _{el}]	GSC_{rel} (Residuallast DE)	PE-Bedarf (regional) [kWh _{prim}]	vermiedene Engpassarbeit [kWh _{el}]
Regelung nach Residuallast DE	17,7	97,9	33,0	11,8
Regelung nach PEF regional	19,1	25,2	12,0	2,4
Regelung nach Netzengpässen	17,6	90,5	38,0	12,2
Referenz-Betrieb (wärmegeführt)	16,0	25,7	33,0	4,1

Abbildung 5: Analyse Wärmepumpenbetrieb mit vier Betriebsweisen

Ein Beispiel für die Berechnung bzw. die Logik für einen Tag ist folgenden Diagrammen zu entnehmen:

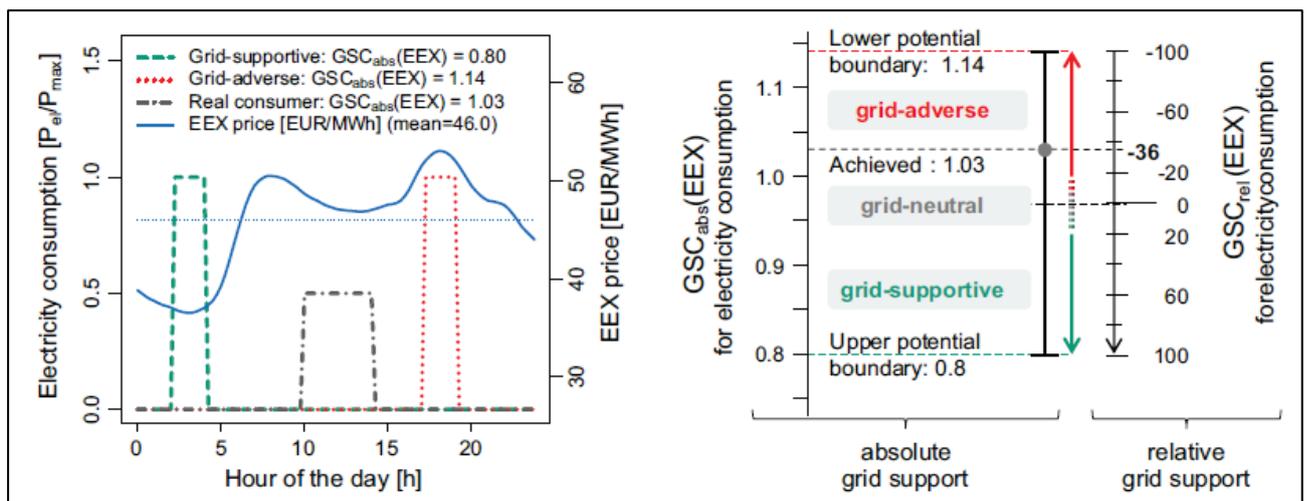


Abbildung 6: Beispiel zu Berechnungen der Koeffizienten mit Zielgröße des EEX-Preises

In Rot ist der ungünstigste Fall dargestellt, in diesem Fall beim höchsten Strom-Preis (=EEX-Preis), in Grün der günstigste Fall beim niedrigsten EEX-Wert.

5.3 Netzbasierte Zielgrößen

Die Wahl einer geeigneten Zielgröße, um die vorhandenen Flexibilitäten ausnutzen zu können, ist wesentlich. Solch eine Zielgröße hat einerseits ein netzdienliches Verhalten der Verbraucher und andererseits geringe CO₂-Emissionen im Strombezug aus dem Netz zu implizieren. Schulz hat sowohl energiepolitische, ökonomische, ökologische und versorgungssicherheitstechnische Parameter auf Basis gegenwärtiger Strommarktdaten und zukünftiger Szenarien analysiert. Aus diesen Zielgrößen

wurden Korrelationen und somit Empfehlungen für aktuell und zukünftig sinnvolle Zielgrößen erarbeitet (Schulz 2019).

Hinsichtlich geringer CO₂-Emissionen eignen sich die CO₂-Intensität des Produktionsmixes, des Verbrauchsmixes und das IES als wirkvolle Zielgrößen, wobei vor allem die Zielgröße der CO₂-Intensität des Verbrauchsmixes zu niedrigen CO₂-Emissionen beim Netzbezug führen (Schulz 2019).

Wird allerdings die Entwicklung des Ausbaus volatiler Energieträger und abnehmende Stromimporte betrachtet, wird spezielle in Hinblick auf das Szenario 2050 der Einfluss der CO₂-Intensität als Zielgröße zukünftig kontinuierlich abnehmen. Aus diesem Grund werden sich Verbraucher zukünftig an die Erzeugung aus Wind- und Solarenergie (WPV) richten müssen (Schulz 2019).

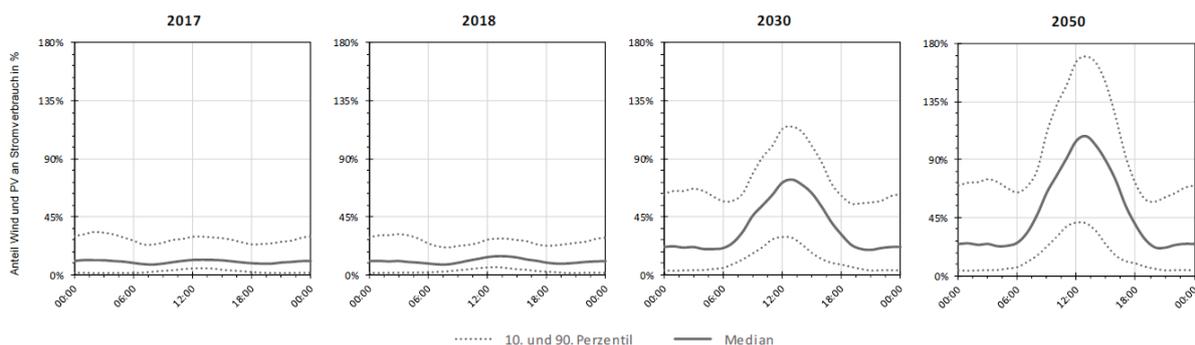


Abbildung 7: 24h-Verlauf des Anteils von Wind- und PV-Erzeugung am Stromverbrauch in Österreich der Jahre 2017, 2018, 2030 und 2050 (Schulz 2019)

Infolgedessen könnte auch das Import/Export-Saldo als Zielgröße für Freigabesignale herangezogen werden, da beim Szenario einer 100-prozentigen erneuerbaren Stromversorgung im Import/Export-Saldo die Überschüsse und Defizite volatiler Energieträger einer Regelzone darstellt (Schulz 2019).

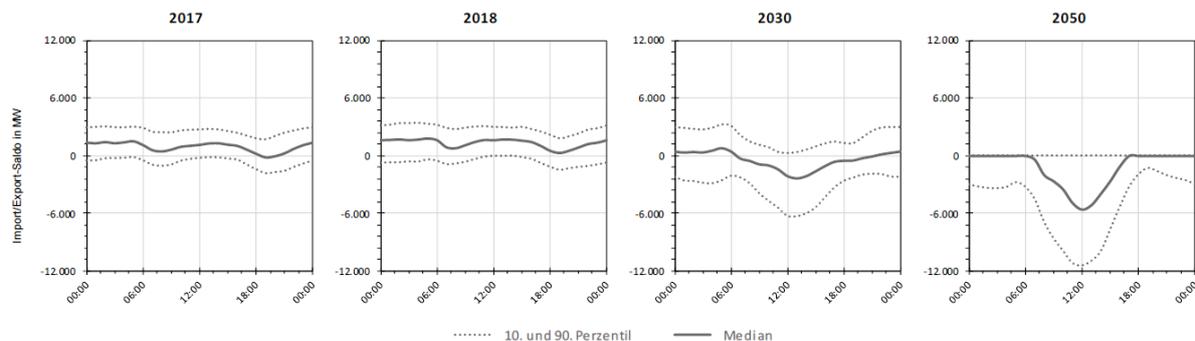


Abbildung 8: 24h-Verlauf des Import/Export-Saldos Österreichs der Jahre 2017, 2018, 2030 und 2050 (Exporte sind negativ, Importe positiv) (Schulz 2019)

Abbildung 9 stellt beispielhaft den Tagesverlauf des Import/Export-Saldos über das Jahr 2020 am Beispiel von Österreich dar. Negative Werte sind günstige Werte für die Netzdienlichkeit, da aufgrund der hohen Erzeugung mehr exportiert werden muss, als importiert wird. Dies kann durch Flexibilitäten abgefangen werden. Die größten Anteile der Import/Export-Saldi finden sich im Bereich von 1980 MW bis - 540 MW, wobei sich die Mehrheit davon im positiven Bereich befindet. Dies bedeutet, dass vermehrt in Stunden mehr importiert als exportiert werden muss. Nach Abbildung 9 sind das vor allem die Mittagsstunden im Sommer und generell die Wintermonate. Verursacht wird dies entweder durch geringe Erzeugungswerte (Winter) und auch erhöhte Bedarfe in den Mittagsstunden.

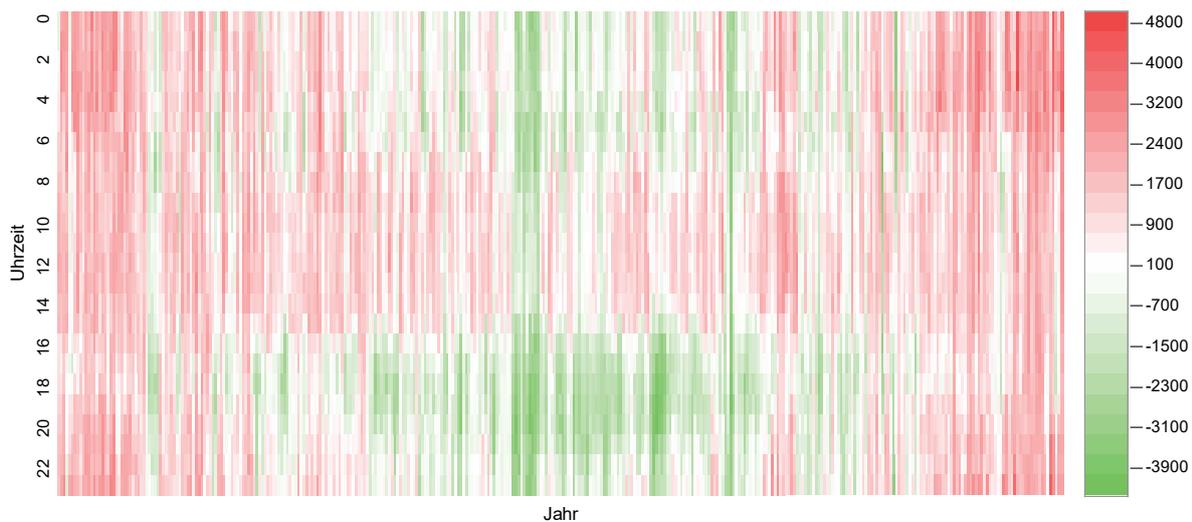


Abbildung 9: Heat Map Import/Export-Saldo Österreich 2020 [MW] (Electricity Map s.a.) (eigene Darstellung)

Da Gebäude eher nicht in die Leistungs-Frequenz-Regelung des Stromnetzes eingebunden werden (aufgrund der zeitlichen Reaktion von Sekunden bis Minuten und der kurzfristigen Dauer der Leistungsabrufe), ist die Aufgabe von Gebäuden, spezielle auf zukünftige Sicht, die gezielte Verlagerung von Lasten zu Zeiten von Überschüssen aus erneuerbaren Energien auf Basis von Stunden- bis Tagesprognosen. Dadurch könnten CO₂-Emissionen geringgehalten als auch ein netzdienliches Verhalten hinsichtlich von Erzeugungsüberschüssen gewährleistet werden (Schulz 2019).

5.4 Grundlagen zu Energiespeichern

Da erneuerbare Energien sehr volatil und oft auch antizyklisch zur Verfügung stehen, bedarf es einer Erhöhung der Speicherkapazität dieser Energien. Typische Speichersysteme, welche für die Netzdienlichkeit genutzt werden können, sind unter anderem die thermische Bauteilaktivierung, Batteriespeicher, Pufferspeicher mit elektrischen Heizstäben, etc. Nachstehend wurden einige Grundlagen zu Energiespeichern zusammengefasst. Eine Klassifizierung von Energiespeichersystemen ist die Unterscheidung nach der physikalischen Form der gespeicherten Energie. Je nach Technologie kann Strom und/oder Wärme gespeichert und wieder entnommen werden. Grundsätzlich wird zwischen folgenden Formen der gespeicherten Energien unterschieden:

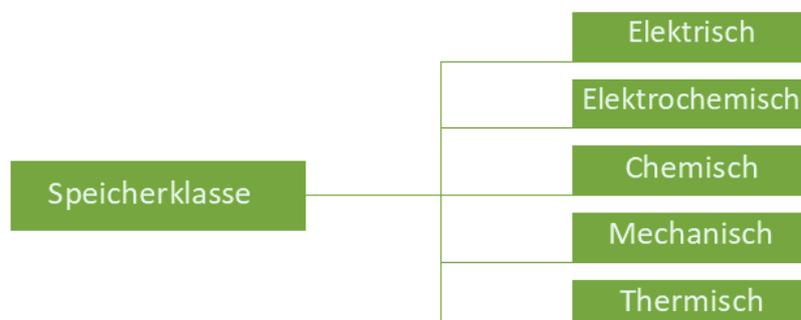


Abbildung 10: Einordnung von Energiespeichern nach der physikalischen Form

Je nach Technologie können Energiespeicher zur kurzzeitigen- (Stunden/Tage), mittelfristigen- (Wochen/Monate) oder zur Langzeitspeicherung (Sommer/Winterhalbjahr) verwendet werden, um beispielsweise einen saisonalen Ausgleich zu ermöglichen. Thermische Speicher sind den kurzzeitigen und mittelfristigen Speichern zuzuordnen. Im Folgenden werden die bekanntesten und am häufigsten verwendeten Speichertechnologien, allen voran jedoch thermische sowie elektrochemische Speicher, kurz vorgestellt.

5.4.1 Thermische Speicher

Vor allem im Wärme- oder Kältebereich werden Speicher genutzt, um Erzeugung und Last voneinander zu entkoppeln, z.B. um spürbare Auswirkungen auf die Nutzer*innen, speziell in Bezug auf den Wohnkomfort, zu reduzieren. Durch den Einsatz von thermischen Speichersystemen ist es prinzipiell möglich, thermische Lastspitzen zu vermeiden. Auch hinsichtlich einer Flexibilisierung der Wärmebereitstellung sind thermische Speicher wichtig, um Wärmequellen wie Abwärme, Solarwärme oder auch Power-to-Heat effizienter nutzen zu können. Mit Hilfe von Wärmepumpen oder E- Patronen können thermische Speicher auch Strom aufnehmen. Aufgrund des meist geringen Temperaturniveaus ist es jedoch nicht möglich aus der gespeicherten Wärme wieder Strom zu erzeugen.

Thermische Energiespeicher sind daher für den Weg zu einer regenerativen und effizienten Energieversorgung von großer Bedeutung. Zumal der Wärme- und Kältesektor mit einem Anteil von ca. 50% noch vor dem Transport- und Elektrizitätssektor den größten Teil des Endenergieverbrauchs in Europa ausmacht (Sternier and Stadler, 2014).

Die verwendeten thermischen Speichertechnologien können in drei grundlegende Kategorien unterteilt werden (Abbildung 11):

- Speicherung sensibler Wärme, z.B. über Pufferspeicher
- Latentwärmespeicher, auch Phasenübergangsspeicher genannt z.B.: auf Salzbasis
- thermochemische Speicher, endotherme (Aufnahme) / exotherme (Abgabe) Reaktion z.B.: Speicher mit Silikagel

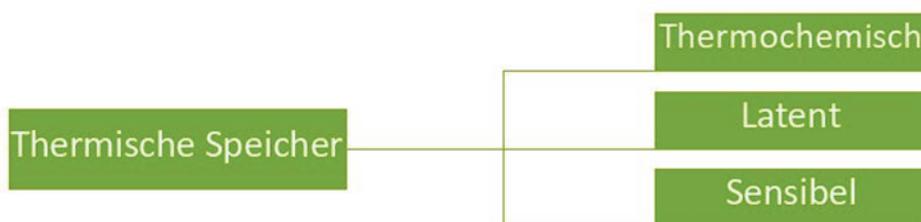


Abbildung 11: Technologieüberblick thermische Speicher

Ein Vergleich der Speicherkonzepte bzgl. der Wirkungsgrade, Energiedichte und weiteren Spezifika ist in Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 9: Technische Parameter thermischer Speichertechnologien (Bundesverband Energiespeicher e. V. 2016)

	Sensible Wärmespeicher (bis 150°C)	Latent Wärmespeicher	Thermochemische Speicher
Speicherwirkungsgrad [%]	80 – 95	80 – 98	80 – 160
Spezifische Energiedichte [kWh/m ³]	60 – 100	80 – 110	120 – 250
Spezifische Leistungsdichte [kW/m ³]	30 – 500	10 – 20	35 - 85
Speicherdauer	Stunden – Monate	Stunden - Wochen	Stunden – Wochen
Reaktionszeit	Minuten	Minuten	Minuten
Maximale (Zyklus-) Lebensdauer	20 – 4.000 Zyklen	3.000 – 10.000 Zyklen	3.500 Zyklen

Generell sind sensible thermische Speicher, vor allem Pufferspeicher jene mit den geringsten Kosten. Der Wirkungsgrad beträgt rund 80%. Um die thermischen Verluste zu begrenzen, ist es erforderlich, thermische Speicher nur so groß wie nötig und so klein wie möglich zu bemessen. Latentwärmespeicher und thermochemische Speicher haben wiederum bessere Wirkungsgrade, aber auch deutlich höhere Kosten. Bezüglich Energiedichte nach Volumen liegen die Wärmespeicher im Bereich zwischen 130 und 170 kWh/m³ und damit im Mittelfeld. Die thermochemischen Speicher erreichen die höchsten Wirkungsgrade, was verdeutlicht, dass in chemischen Verbindungen ein weit größeres Speicherpotenzial liegt. (Sternier, Stadler 2014)

Im Folgenden werden die drei Speicherkategorien nochmals im Detail beschrieben.

5.4.1.1 Sensible Speicher

Sensible Wärmespeicher zeichnen sich dadurch aus, dass die Temperatur des speichernden Mediums indirekt oder auch direkt geändert wird. Beim Ladevorgang wird das Temperaturniveau erhöht, im Entladevorgang das Speichermedium abgekühlt und somit Energie abgegeben.

Folgende Gleichung zeigt die Zusammenhänge von Temperaturänderung, Speichervermögen, Massenanteil zu Energie- bzw. Wärmemenge Q:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1).$$

Neben der Temperaturdifferenz T₂-T₁ und der Stoffmasse m ist die Wärmemenge von der spezifischen Wärmekapazität c_p abhängig. Diese physikalische Stoffeigenschaft gibt die Wärme an, die einem Kilogramm des Stoffs zugeführt werden muss, um seine Temperatur um ein Kelvin zu erhöhen. In

Tabelle 10 werden c_p -Werte verschiedener Speichermaterialien genannt. Eine hohe spezifische Wärmekapazität ist für die Wärmespeicherung hilfreich, da für die zu speichernde Energiemenge eine geringere Menge des Stoffes benötigt wird und der Speicher damit kleiner dimensioniert werden muss.

Tabelle 10: Temperaturbereich, Wärmekapazität, Dichte und Anwendungsbereiche verschiedener Materialien (Sterner, Stadler 2014)

	Temperaturbereich	Spezifische Wärmekapazität	Volumetrische Wärmekapazität	Dichte	Anwendungen
	°C	kJ/(kg K)	kJ/(m ³ K)	kg/m ³	
Wasser	0-100	4,19	4175	998	Heizungsanlagen
Sand, Kies, Gestein	0-800	0,71	1278-1420	1800-2000	Erdreich-Wärmespeicher
Granit	0-800	0,75	2062	2750	Erdreich-Wärmespeicher
Beton	0-500	1,00	1672-2074	1900-2300	Thermisch aktive Bauteile
Ziegelstein	0-1000	0,84	1176-1596	1400-1900	
Eisen	0-800	0,47	3655	7860	Speichermaterial bei solaren Speichern
Thermoöl	0-400	1,6-2,1	1360-1620	850-900	Solaranlagen mit Parabolrinnenkollektor
Kies-Wasser-Schüttung	0-100	1,32	2904	2200	Erdreich-Wärmespeicher

Generell unterscheidet man thermische Speicher für Großanlagen im Hochtemperaturbereich und mittlere bis kleine Speicher, auch teilweise im Hoch- aber mehr noch im Niedertemperaturbereich. Die Investitionskosten von sensiblen Wärmespeichern belaufen sich auf **1 € – 15 € pro kW bzw. 0,4 € - 10 € pro kWh** (Bundesverband Energiespeicher e.V. 2016). Die Kosten schwanken je nach Speichermedium, Dämmtechnologie, Leistung und Energie teils stark.

5.4.1.2 Gebäude als Wärmespeicher / Bauteilaktivierung

Nicht nur im Fundamentbereich der Gebäude, sondern auch in den Gebäuden selbst, können thermisch aktive Bauteile zur Speicherung von Wärmeenergie eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang wird der Begriff thermische Bauteilaktivierung oder Betonkernaktivierung benutzt. Unter der Abkürzung Bauteilaktivierung (BTA) versteht man thermisch aktivierte Bauteile, welche in Gebäuden als Energieübertragungsflächen und Energiespeicher eingesetzt werden. Hiermit werden niedrige Systemtemperaturen zur Beheizung von Gebäuden, ähnlich der Fußbodenheizung aber mit weitaus mehr Vorteilen, möglich. Generell ist es möglich, Wände und Decken thermisch zu aktivieren. Durchgesetzt hat sich im Wesentlichen aber die Aktivierung von Bodenplatten, Geschoßtrenndecken und Dachdecken aus Beton. Beton hat gute wärmespeichernde Eigenschaften und dies begründet den großen Vorteil der thermischen Bauteilaktivierung, denn man kann auf diese Weise die ohnehin vorhandenen Gebäudematerialien als Wärmespeicher nutzen. Die Höhe der Wärmeleitfähigkeit von Beton ($\lambda \approx 2 \text{ W/m K}$) hat direkten Einfluss auf den Wärmedurchgang in den Raum. Beton verfügt auch über ein hohes spezifisches Gewicht von $2,4 \text{ kg/m}^3$, welches in Verbindung mit der Wärmekapazität von 1 kJ/kgK für eine hohe auf das Volumen bezogene Wärmespeicherfähigkeit sorgt. Tabelle 11 zeigt den Vergleich verschiedener Stoffeigenschaften. Dabei ist zu erkennen, dass Beton sowohl gute wärmespeichernde als auch wärmeübertragende Eigenschaften hat. In Tabelle 11 wird deutlich, dass Beton gegenüber den anderen drei Baustoffen eine um mindestens Faktor neun größere

Wärmeleitfähigkeit sowie eine um mindestens Faktor zwei größere flächenbezogene wirksame Wärmekapazität und mindestens Faktor drei größere volumensbezogene Wärmespeicherfähigkeit hat.

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei der flächenbezogenen wirksamen Wärmekapazität um die wirksame Speicherfähigkeit für eine 24h Periode handelt, bezogen auf eine sinusförmige Tagesschwankung der Raumtemperatur, während die volumensbezogene Wärmespeicherfähigkeit die absolute, auf die mittlere Temperaturveränderung des Bauteils selbst bezogene Speicherfähigkeit abbildet (Holzer et al. 2013).

Tabelle 11: Thermodynamische Kennwerte exemplarischer Baustoffe (Holzer et al. 2013)

			>28 cm Beton	>18 cm Ziegel	> 10 cm Holz	2,5 cm GKP
Wärmeleitfähigkeit	λ (W/mK)		1,8	0,2	0,1	0,2
Wärmespeicherkapazität	C_p (kJ/kg.K)		1	1	2,5	1,1
Spezifisches Gewicht	ρ (10^3 kg/m ³)		2,4	0,8	0,5	0,9
Temperaturleitfähigkeit	a (10^{-6} m ² /s)	$a = \frac{\lambda}{\rho C_p}$	0,8	0,3	0,1	0,2
Flächenbez. wirksame Wärmekapazität	X (Wh/m ² K)		27	13	12	1
Volumsbez. Wärmespeicherfähigkeit	C (Wh/m ³ K)	$C = \rho C_p$	667	222	347	263

Bei der thermischen Aktivierung von Decken, also einer Form von Flächenheizung, werden sogenannte Heizkreise, oder auch Heizregister genannt, im Zuge der Errichtung des Gebäudes in die tragenden Bauteile einbetoniert. Abbildung 12 zeigt die Anordnung dieser Heizregister in Schlangenform. Die Beladung und Entladung der Bauteile geschieht durch mit Wasser durchströmten Rohrschlangen, die im Betonkern integriert sind. Durch zirkulierendes Heizungswasser wird somit die Betondecke einerseits durch ihr Volumen als Wärmespeicher und andererseits die sichtbare Fläche als Wärmeübertragungsfläche genutzt.



Abbildung 12: Verlegte Heizkreise in der Decke, Projekt Mühlgrund in Wien
(©FIN – Future IS Now, Kuster Energielösungen GmbH)

Die Temperierung der Bauteile erfolgt in der Regel im Bereich von 18–35 °C. Bei Temperaturen unter 18 °C leidet zum einen die Behaglichkeit der Personen im Gebäude. Zum anderen kann es zur Kondensatbildung an den aktivierten Bauteilen kommen. Massivbauten können Energie über längere Zeiträume als Leichtbauten speichern. Dementsprechend reagieren Massivbauten träger auf Temperaturschwankungen, sodass die Raumlufttemperatur relativ konstant bleibt. Thermisch aktive Bauteile können sowohl für Heiz- als auch für Kühlzwecke verwendet werden.

Durch das großflächige Wärmeabgabesystem können die Oberflächentemperaturen niedrig gehalten werden. Das ist an sich nichts Neues, denn zu Zeiten des Gussheizkörpers hat man diese auch mit großen Oberflächen ausgeführt. Allerdings bietet die BTA eine weit höhere Vergrößerung der Wärmeübertragungsoberfläche. Die Vorlauftemperatur eines typischen BTA-Systems beträgt für den Heizfall in etwa 25-35 °C und kann auch über die Außentemperatur gesteuert werden. Die Heizmitteltemperaturen der BTA-Systeme liegen nur gering über den jeweiligen Solltemperaturen der zu beheizenden Räume. Somit sind die Systemtemperaturen der BTA im Niedertemperaturbereich angesetzt. Diese niedrigen Systemtemperaturen, die zum Betrieb der BTA völlig ausreichend sind, erlauben den effizienten Einsatz erneuerbare Energiequellen wie z.B.: der Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen- und thermische Solarsysteme, die ebenfalls im Niedertemperaturbereich effektiv einzusetzen sind.

Die Gebäudespeichermasse kann weiters mit Hilfe von Wärmepumpen zur indirekten Zwischenspeicherung von Überschussstrom aus Photovoltaik- und oder Windstromanlagen genutzt werden. Dies trifft sowohl für den Heiz- als auch für den Kühlfall zu und erlaubt bei hoher Eigenverbrauchsauslegung eine weit höhere Ausnutzung dieser erneuerbaren Energiesysteme, vor allem bei großen Photovoltaikanlagen, wie sie für Plus-Energie-Konzepte notwendig sind.

Durch die thermische Bauteilaktivierung ist eine hervorragende Möglichkeit gegeben, zeitliche Verschiebungen zwischen Energiebedarf und Energieerzeugung bzw. Energiebereitstellung zu erreichen. Somit ist eine gewisse Bandbreite geschaffen sowohl Energie aus thermischen Solaranlagen als auch Strom aus Photovoltaikanlagen dann zu verwenden, wenn diese unter Tags verfügbar sind. Auch bei der Nutzung von Windstrom, welcher auch nachts zur Verfügung stehen kann, können die Spitzen zumindest teilweise geglättet werden.

Eine BTA kann mit einer Vielzahl verschiedener Systeme gekoppelt werden, kann gegebenenfalls aber auch ohne zusätzliche Systeme funktionieren. Um die Kombination mit dem Energiespeicher Beton optimal zu nutzen, ist ein Zusammenspiel von Wärmeerzeugung, Regelung und Gebäude erforderlich. (Frimbichler et al. 2016) Die Zusammenfassung der wärmeenergie-technischen Vorteile von gut gedämmten Gebäuden mit einem BTA-System eröffnet eine ganz neue Möglichkeit des wärmeenergieeffizienten Bauens.

Die Menge an Strom, die aus erneuerbaren Energiequellen im Netz erzeugt wird, nimmt stetig zu, was eine stark schwankende und unvorhersehbare Energieerzeugung zur Folge hat. Daher wird die Möglichkeit des Lastausgleichs und der Energiespeicherung in Zukunft ein wichtiges Thema sein. Die Speicherung von Erneuerbaren in Kombination mit BTA ist daher eine Möglichkeit, um Energiespitzen im Stromnetz zu verringern. Die Energie wird durch eine Wärmepumpe von Elektrizität in Wärme umgewandelt, das Gebäude fungiert als Energiespeicher und gleicht die Spitzenlast aus, bzw. kann umgekehrt bei Dunkelflauten auch eine längere Zeit ohne aktives Heizen/ Kühlen auskommen.

Die wichtigsten Vorteile der BTA sind:

- Hoher Raumkomfort im Winter durch angenehm empfundene Strahlungswärme;
- Zugleich Kühlflächen ohne aufwändige konventionelle Raumklimatisierungssysteme;
- Es werden Bauteile in einem Gebäude thermisch aktiviert, die ohnehin erforderlich sind;
- Ermöglicht zeitversetzte also langsamere Energieströme;
- Ermöglicht den effizienten Einsatz regenerativer Energiesysteme;

5.4.1.3 Thermochemische Wärmespeicher

Bei der thermochemischen Speicherung von Wärme finden reversible chemische Prozesse statt. Thermochemische Energiespeicher erlauben sehr hohe Energiespeicherdichten, aber aus wirtschaftlichen Gründen finden sie derzeit kaum Anwendung in der Praxis. Die thermochemische Energiespeicherung nutzt die Reaktionsenergie von reversiblen chemischen Prozessen (z.B. Desorption, Adsorption) oder von physikalischen Oberflächenreaktionen und zeichnet sich besonders durch eine hohe Energiedichte aus. Die Reversibilität des Vorgangs ist hier von zentraler Bedeutung. Die Energie wird dabei nicht in Form von Wärme, sondern als Reaktionsenergie gespeichert. Dadurch treten keine thermischen Verluste während der Speicherung auf, was sehr lange Speicherdauern ermöglicht. (Sternier, Stadler 2014). Diese Speichertechnologie ist noch nicht kommerziell verfügbar (Bundesverband Energiespeicher e. V. 2016). Ersten Projekten und Schätzungen zu Folge belaufen sich die Investitionskosten (Lade- und Entladestation, Sorptionsspeicher) auf rund 100 – 250 € pro kW bzw. 10 – 130 € pro kWh.

5.4.1.4 Latente Wärmespeicher

Bei Latentwärmespeichern nimmt das Speichermedium unterschiedliche Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) ein, sodass die Nutzung der latenten (verborgenen) Wärme möglich ist (Kunz, 2019). Durch Wärmezufuhr wird beispielsweise das flüssige Speichermedium bei gleichbleibender Temperatur verdampft und bei der Wärmeabgabe wieder in den flüssigen Zustand gebracht.

Diese Speichertechnologie kann sowohl in Form von Großanlagen (Hochtemperatur-Latentwärmespeicher), als auch in kleineren Anlagen (Niedertemperatur-Latentwärmespeicher) genutzt werden (Bundesverband Energiespeicher e.V. 2016). Die technischen Parameter eines Latentwärmespeichers im Niedertemperaturbereich sind weiter unten angeführt. Das Prinzip der Energiespeicherung von latenten Wärmespeichern basiert auf Phasenwechselmaterialien (PCM = engl. „phase change material“), die Energie durch den Wechsel des Aggregatzustands, z.B. fest-flüssig oder flüssig-gasförmig, speichern können (Dimova et al. 2019). Die Auswahl des PCMs erfolgt sowohl auf Basis von thermophysikalischen als auch ökologischen und ökonomischen Anforderungen. Um beispielsweise eine hohe Speicherkapazität zu erreichen, müssen PCMs mit hoher Schmelzenthalpie und hoher spezifischer Wärmekapazität gewählt werden.

Bei flüssig-gasförmig-PCMs erfolgt beim Phasenübergang eine große Volumenänderung, die sich bei manchen Anwendungen negativ auswirken (Hyun et al. 2014). Fest-flüssig-PCMs haben im Vergleich, nicht zuletzt aufgrund ihrer hohen latenten Wärmekapazität und ihrer guten Wärmeleitfähigkeit, mehr Anwendungsbereiche. Hierbei kann – je nach Anforderung – zwischen organischen (Paraffine, Nichtparaffine) und anorganischen (Salzhydrate) PCMs gewählt werden.

Die Investitionskosten von Latentwärmespeichern im Niedertemperaturbereich (Lade- und Entladestation und Latentwärmespeicher ohne Transporteinrichtungen) belaufen sich auf 200 – 400 € pro kW bzw. 20 – 100 € pro kWh. Betriebs- und Instandhaltungskosten betragen rund 2.500 € pro Jahr.

5.4.2 Elektrochemische Speicher

In die Kategorie der elektrochemischen Speicher fallen Batterien und Akkumulatoren. Der wohl bekannteste elektrochemische Speicher ist die Lithium-Ionen-Batterie. Bei dieser Speichertechnologie befindet sich die gespeicherte Energie in chemischen Verbindungen mit den Elektroden. Diese dienen gleichzeitig als Energiespeicher und Energiewandler.

Es wird allgemein zwischen Primärbatterien (einmalige Entladung möglich) und Sekundärbatterien (Akkumulatoren, ein wiederholtes Laden und Entladen ist möglich) unterschieden. Weiters können elektrochemische Speichertechnologien in drei verschiedene Kategorien unterteilt werden (Michael Sterner, 2017).

- Niedertemperaturbatterien (z.B. Lithium, Nickel, Blei)
- Hochtemperaturbatterien (z.B. Schwefel-Natrium)
- Redox-Flow-Batterien (z.B. Vanadium)

Die elektrochemischen Speicher der Kategorie Hochtemperatur- und Redox-Flow-Batterien befinden sich derzeit noch in Entwicklung und sind auf dem österreichischen Markt nur eingeschränkt erhältlich. Aufgrund des wachsenden Anteils von volatilen erneuerbaren Energieträgern im Strommix besteht eine technische Notwendigkeit nach verschiedenen Energiespeichern. Dies kann auch ein Treiber für diese Speichertechnologien sein. Diese Entwicklung wird vor allem für den Sektor der innovativen stationären elektrischen Speicher, wie z.B. Redox-Flow-Batterien, prognostiziert. In diesem Bereich ergibt sich jedoch eine Konkurrenzsituation mit der bereits etablierten Lithium-Ionen-Batterie, die noch nicht abzuschätzen ist (Biermayr et al., 2020).

In Abbildung 13 werden für die Anwendung im Gebäudebereich potenzielle stationäre elektrochemische Speichertechnologien dargestellt (schwarze Umrandung). Die Natrium-Schwefel-Batterie (NaS) und ZEBRA-Batterie (NaNiCl₂) werden aufgrund hoher Betriebstemperaturen (>270 °C) und die Bleiakkus (Pb) aufgrund geringer Zyklenzahl im Gebäudebereich nicht in Betracht gezogen. Der Fokus liegt auf den lithiumbasierten Zelltechnologien (Li-Ionen), sowie den Na-Ionen-Akkus, auch bekannt als *Salzwasserbatterien*.

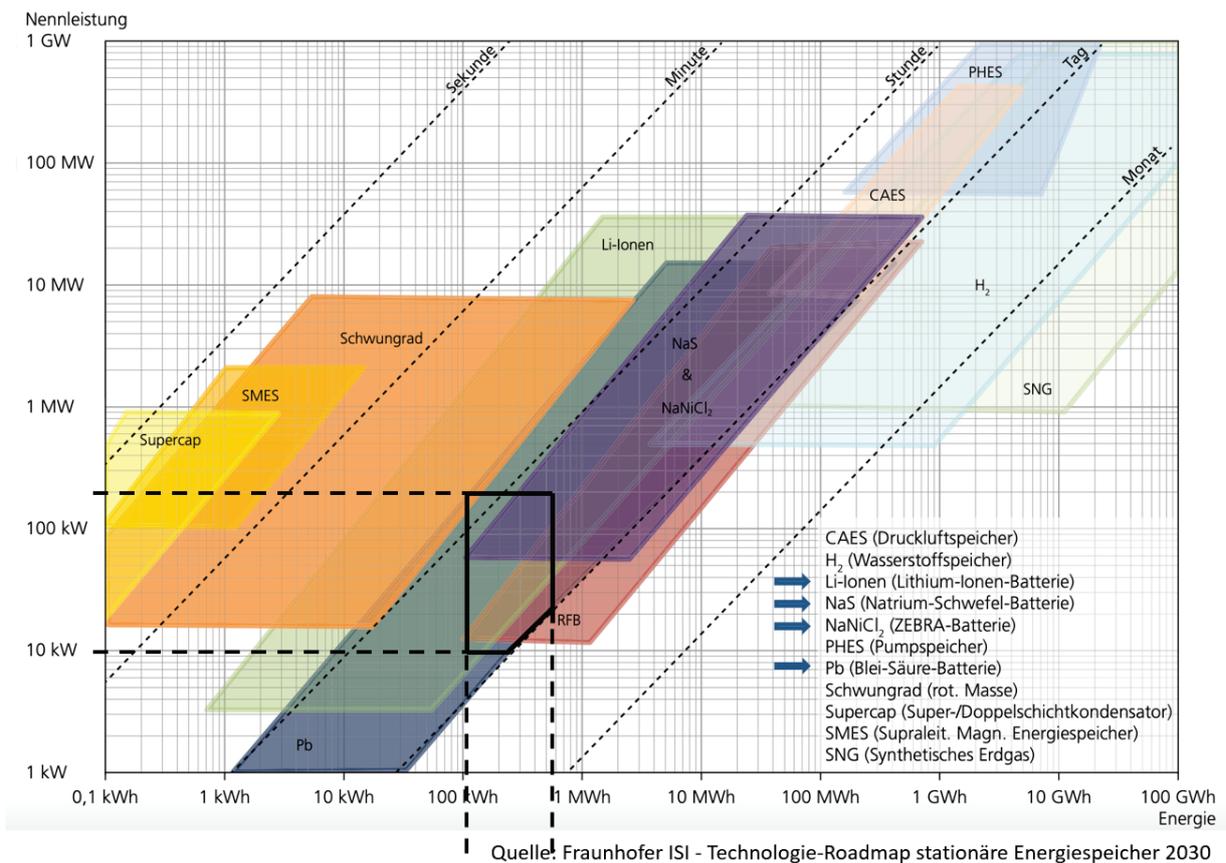


Abbildung 13: Mögliche stationäre elektrische Speichertechnologien (Fraunhofer Institut für System- und innovationsforschung ISI 2015)

Im Bereich der stationären Batteriespeicher haben sich bei den lithiumbasierten Technologien vor allem Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen (LFP), Nickel-Mangan-Cobald-Zellen (NMC) und seit kurzem auch Lithium-Titanat-Oxide (LTO) etabliert. Zudem steht eine Natrium-Ionen-Batterie (Salzwasserbatterie), welche im Gegensatz zu vielen anderen natriumbasierten Batterien bei Umgebungstemperatur arbeitet, im Mittelpunkt. Vor allem der ressourcenschonende Materialeinsatz im Herstellungsprozess, sowie die gute Recyclingfähigkeit sprechen für die Salzwasserbatterie. Ein möglicher limitierender Faktor ist die geringe Lade- und Entladeleistung.

In Abbildung 14 werden die ausgewählten Technologien gegenübergestellt. Die LFP-Technologie rückt aufgrund einer guten Ausgeglichenheit im dargestellten Netzdiagramm, sowie hoher Lebensdauer und Sicherheit in den Vordergrund der lithiumbasierten Technologien.

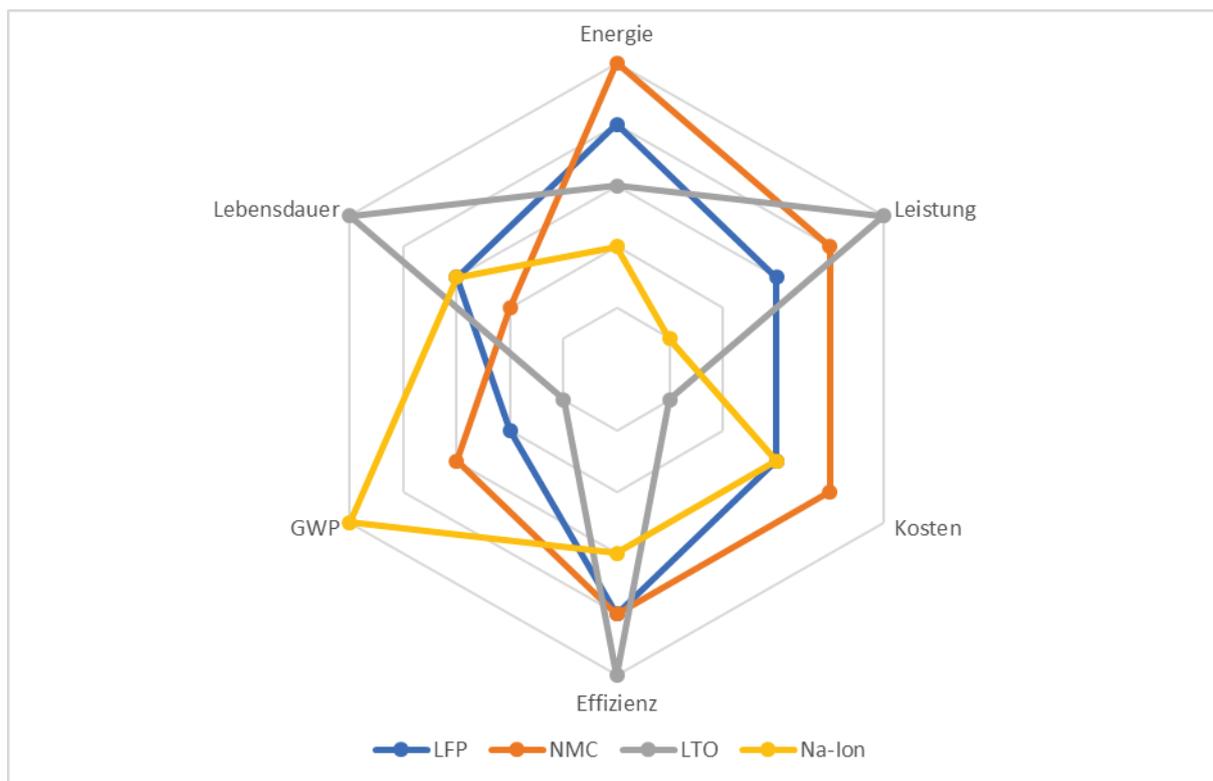


Abbildung 14: Gegenüberstellung Batterietechnologien auf Basis von Herstellerangaben.

5.4.3 Weitere Speichersysteme

5.4.3.1 Chemische Speicher

Als chemische Speicher werden stoffliche Energieträger, in denen gewandelte, verdichtete Primär- oder Sekundärenergie vorhanden ist, bezeichnet. Sie können z.B. aus Kohlenwasserstoffen oder anderen energietragenden Stoffen bestehen. Unterschieden werden chemische Speicher in gasförmige (z.B. Wasserstoff, Erdgas, Windgas, Biogas), flüssige (Kraftstoffe wie z.B. Ethylen, Methanol/Ethanol, Diesel, Kerosin) und feste (z.B. Biomasse oder Kohle) Medien. Die Ladevorgänge können in der Natur durch Photosynthese erfolgen (Bsp. Biomasse) oder technologisch realisiert werden, z.B. bei Power-to-Gas oder Power-to-Liquid. Die Speicherung der Energie erfolgt in Tanks oder Kavernen. Soll die Energie entladen werden, geschieht dies meist durch Verbrennungsprozesse und Wandlung der thermischen Energie in mechanische und/oder elektrische Energie (Michael Sterner, 2017).

5.4.3.2 Elektrische Speicher

Elektrische Speichern nutzen Magnetfelder um Energie (kurzfristig) zu speichern. In die Kategorie der elektrischen Speicher fallen Kondensatoren, Doppelschichtkondensatoren (sogenannte Supercaps) oder supraleitende Spulen. Elektrische Speicher können nur als Speicher von Sekundärenergie (umgewandelte Primärenergie) verwendet werden. Soll elektrische Energie, in Reinform, gespeichert werden, kann dies nur elektrostatisch über Kondensatoren realisiert werden. Über Spulen bzw. Schwingkreise kann mithilfe von Wechselstrom ebenfalls elektrische Energie gespeichert werden. Dies geschieht durch die Nutzung von elektrischen Feldern. Hierbei ist zu beachten, dass der

Innenwiderstand möglichst klein sein sollte, um die elektrischen Felder ohne Energiezufuhr von außen aufrechtzuerhalten. Der Vorteil von elektrischen Speichern ist, dass elektrische Energie nicht in andere Energieformen umgewandelt werden muss und daher keine Umwandlungsverluste anfallen. Der Nachteil jedoch ist, dass elektrische Speicher sehr geringe Energiedichten aufweisen und daher derzeit nur in Nischenanwendungen Platz finden (Michael Sterner, 2017).

5.4.3.3 Mechanische Speicher

Mechanische Speicher gelten als die älteste Form der Energiespeicherung, durch den Einsatz von rotierenden Massen. Doch nicht nur in der Vergangenheit hatten mechanische Speicher einen wichtigen Anteil am Energiesystem, auch heute spielen sie für das Stromsystem eine wichtige Rolle. Dies ist darauf zurückzuführen, dass jede Turbine und jeder elektrische Generator ein Schwungradmassespeicher ist. Mechanische Speichersysteme nutzen aus, dass gasförmige, flüssige oder feste Medien aufgrund ihrer Lage (Potenzial), Geschwindigkeit (Kinematik) oder ihres thermodynamischen Zustands (Druck) ein gewisses Energiepotenzial aufweisen. Mechanische Speicher werden meist als sekundäre Energiespeicher verwendet. Die Vertreter der mechanischen Speicher sind Pumpspeicher, Schwungräder, Druckluftspeicher, Lageenergiespeicher und Federn. Werden die weltweit installierten Leistungen und Energiemengen in der Energiespeicherung betrachtet, repräsentieren mechanische Speicher die größten installierten Leistungen und Energiemengen (Michael Sterner, 2017).

5.5 Dimensionierung und Leistungsauslegung

Im Folgenden wird die Dimensionierung und Leistungsauslegung von Batteriespeichern (elektrochemische Speicher) anhand von zentralen Kennzahlen beschrieben.

5.5.1 Batteriespeicherdimensionierung nach energietechnischen Kennzahlen

Die Dimensionierung nach energietechnischen Kennzahlen erfolgt in der Regel anhand des PV-Eigenverbrauchs. Neben dem Eigenverbrauch spielt auch der Parameter der durchschnittlichen Vollzyklen (FEC) pro Tag eine wichtige Rolle. Dieser berechnet sich wie folgt, wobei die in die Batterie gespeicherte Energiemenge über ein Jahr das Ergebnis einer dynamischen Simulation ist.

$$\frac{FEC}{Tag} = \frac{E}{C \cdot 365Tage}$$

FEC/d ... durchschnittliche Vollzyklen pro Tag [-]

E ... gespeicherte Energie in Batterie über ein Jahr [kWh]

C ... Kapazität Batterie [kWh]

Um eine ausreichende Zyklierung der Batterie zu erzielen, ist ein FEC/d-Wert von ungefähr 1 anzustreben. Hintergrund ist der Zusammenhang zwischen kalendarischer und zyklischer Degradation, denn die kalendarische Degradation erfolgt auch ohne Nutzung der Batterie und ist vor allem von Temperatur und durchschnittlichem Ladezustand abhängig. Ziel ist es den Speicher so zu dimensionieren, dass der kalendarische Degradationsanteil möglichst niedrig ausfällt.

In Kapitel 7.3 wird in weiterer Folge die energietechnische und wirtschaftliche Dimensionierung der Na-Ion- und LFP-Technologie für das Projekt Pilzgasse beschrieben.

5.5.2 Alternative Methoden zur thermischen Leistungsauslegung

In Plus-Energie-Quartieren erfolgt die Wärme- oder Kältebereitstellung häufig mit Systemen, die, bezogen auf die Spitzenleistung, hohe Investkosten aufweisen. Deshalb erhält die Vermeidung von Überdimensionierungen in der Leistungsbereitstellung eine zentrale Bedeutung.

Insbesondere die normativ vorgeschriebene Heizlastberechnung führt zu strukturell überhöhten installierten Leistungen. Eine bewährte Alternative ist die Ermittlung der maximal erforderlichen Heiz- und Kühlleistungen mittels thermischer dynamischer Gebäudesimulation. In sie können die Speicherfähigkeit und damit thermische Trägheit der Gebäude einfließen, ebenso wie realistisch angesetzte Nutzungsprofile.

In der normgerechten Kühllastermittlung entstehen vergleichsweise geringere Überdimensionierungen, nachdem dort bereits ein dynamisches Verfahren normativ verankert ist.

Folgende Empfehlungen können im Zusammenhang mit der Festlegung von maximal zu installierenden Heizleistungen für Plus-Energie-Quartiere gegeben werden. Für die Kühllastermittlung gelten die Aussagen analog.

- Es soll auch in der normgerechten Heizlastermittlung stets neben der Raumheizlast auch die Gebäudeheizlast ermittelt werden. Letztere ist nennenswert niedriger als die Summe der Raumheizlasten. Jedenfalls ist die Gebäudeheizlast, und nicht die Summe der Raumheizlasten für die Dimensionierung der Leistung der Wärmeerzeugung heranzuziehen.
- Es soll zusätzlich mit dynamischer Gebäudesimulation die tatsächlich, unter realitätsnahen Bedingungen ausreichende, Gebäudeheizlast ermittelt werden. Im Normalfall liegt diese um ca. 30% unter der normgerechten Heizlast. Die tatsächlich zu installierende Heizleistung ist auf Basis dieser Ergebnisse festzulegen.
- Wenn bei bestimmten Komponenten der Wärmeerzeugung ein Zusammenhang zwischen der abrufbaren Maximalleistung und der Dauer dieses Abrufs besteht, so ist auch dieser Zusammenhang und seine Auswirkungen durch Gebäudesimulation zu überprüfen.

5.6 Netzdienlichkeit und thermische Energieversorgung

5.6.1 Netzdienlichkeit im Zusammenhang mit Bauteilaktivierung

Ein großes Potential und bereits erfolgreich erprobter Ansatz ist, die Speicherfähigkeit massiver Bauteile von Gebäuden aus Beton im Sektor Raumwärme zu nutzen. Beton besitzt sowohl eine hohe Wärmeleitfähigkeit als auch hohe Wärmespeicherkapazität. Deswegen eignet sich Beton zur aktiven und passiven thermischen Aktivierung von Gebäuden zum Zwecke des Heizens und Kühlens. Außerdem entstehen durch die Aktivierung großflächiger Bauteile und somit der großflächigen Wärmeabgabe bei geringen Temperaturunterschieden zwischen aktiviertem Bauteil und Raumluft ein hoher Komfort. Der geringe Temperaturunterschied aufgrund der niedrigen Medium-Temperaturen (Wasser) führt zu hoher Effizienz der Wärmebereitstellungsanlagen (z.B. in Verbindung mit einer Wärmepumpe) und zu geringen Verlusten in der Verteilung (Spaun et al. 2019).

Die Bauteilaktivierung (BTA) wurde in der Vergangenheit bereits häufig in Bürogebäuden, Schulen und Krankenhäusern eingesetzt, jedoch in fast allen Fällen mit weiteren Heiz- und Kühlsystemen zum Spitzenlastausgleich kombiniert. In Wohnbauten hat sich die BTA in dieser Breite noch nicht etabliert. Vor allem im Westen Österreichs wurde die BTA im Wohnbau aber oft mit solarthermischen Anlagen kombiniert. Im sonnenärmeren Osten und der damit verbundenen nur bedingt möglichen Kombination von Solarthermie mit BTA, könnte die hier zur Verfügung stehenden (Überschuss-) Energie aus Windkraft eine ideale Synthese mit der BTA bilden. Allgemein heißt das, dass mithilfe der Speicherefähigkeit von Beton erneuerbare Energie aus Wind und Sonne oder Erdwärme genutzt und besser integriert werden kann (Spaun et al. 2019).

Das Forschungsprojekt „Gebäude als Speicher“ hat in dessen Monitoringphase die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile der Einbindung von erneuerbarem und nachweislich überschüssigem und damit kostengünstigen Windspitzenstrom zur Versorgung der Wärmepumpe aufgezeigt. In diesem Ansatz zur Spitzenglättung erneuerbarer Energie wurde ein Konzept zur direkten Regelung der Heizung eines Einfamilienhauses, in Abhängigkeit eines Freigabesignals durch den Kraftwerk-Manager, erprobt und zwei Jahre lang vermessen. Das Einfamilienhaus mit Wärmepumpe und Bauteilaktivierung erhält ein Freigabesignal des Windparks und erhöht daraufhin den Sollwert der Raumtemperatur um 1-2 °C und damit den momentanen Stromverbrauch. Die Anlagensteuerung wurde so programmiert, dass Energie aus der konventionellen Stromproduktion (ohne Windsignal) nur in absolut notwendigem Ausmaß bezogen wird. Die durch die Temperaturerhöhung gespeicherte Energie im Beton wird genutzt, um längere Zeit ohne Windfreigabe und ohne Bezug aus konventioneller Stromproduktion auszukommen. Wenn der Raum unter dem aktivierten Bauteil auskühlt, gibt der Bauteil (die Decke) die gespeicherte Energie stetig an den Raum ab – es ist die Rede vom Selbstregulierungseffekt. Folgende Abbildung zeigt die Temperaturverläufe aus diesem Regelschema für 17 Tage (Spaun et al. 2019).

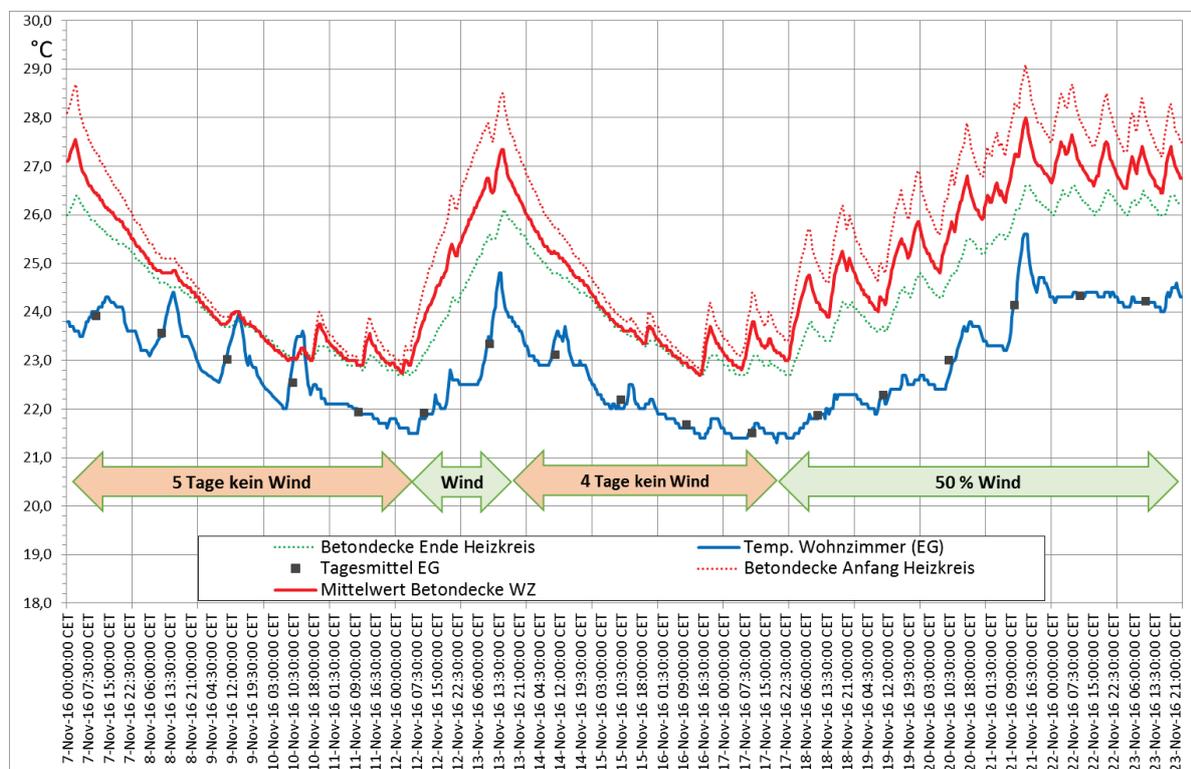


Abbildung 15: Wechselspiel zwischen Be- und Entlastung im November 2016 (Spaun et al. 2019)

Im Monitoring-Projekt konnte festgestellt werden, dass eine BTA (in Kombination mit einer Wärmepumpe und Umweltenergie aus dem Erdreich) eine wirksame Energieflexibilität darstellt. In der zweijährigen Messperiode konnte die Wärmepumpe zu 80% mit Überschussstrom aus der Windkraft betrieben werden. Somit konnte gezeigt werden, dass Gebäude zur dezentralen Stabilisierung der Strom- und Wärmenetze beitragen können, indem die Zeiten der Wärmezufuhr auf jene beschränkt werden, in denen Strom aus erneuerbarer Energie als Überschuss zur Verfügung steht.

Das Konzept wurde anschließend auch auf großvolumige Wohnhausanlagen übertragen. Ein Beispiel dafür ist die gemeinnützige Wohnhausanlage in der Mühlgrundgasse im 22. Wiener Gemeindebezirk. Diese Anlage wurde 2019 bezogen, hat eine BGF von 11.545 m² und verfügt über 155 Wohneinheiten. Das Energiekonzept sowie auch die Regelung mit Windfreigabesignal gleicht dem Monitoring-Projekt des EFH. Auch hier sorgt das Windstrom-Lastmanagement dafür, dass der Strom zum Betrieb der Wärmepumpen weitgehend aus Überschussproduktion der Windkraft stammt (MA20 2020).

5.6.2 Aspekte der Netzdienlichkeit für die Fernwärme

Im urbanen Umfeld besteht nicht selten die Situation, dass Plus-Energie-Quartiere vollständig oder teilweise von Fernwärme versorgt werden. Zur energetisch optimalen Ausnutzung dieser Infrastruktur, aber auch aus Kostengründen, ist eine netzdienliche Nutzung der Fernwärme hochgradig erstrebenswert. Insbesondere ist eine Senkung der Anschlussleistung und damit eine Erhöhung der Vollbetriebsstunden anzustreben.

Folgende Empfehlungen können gegeben werden:

- Es sind die Potenziale der thermischen Wärmespeicherung des Gebäudes auszunutzen. Gerade in thermisch optimierten Gebäuden kann der zeitliche Verlauf der Heizleistung ohne Komforteinbußen dem Ziel einer Spitzenlastminimierung untergeordnet werden. Mit vorauseilender Heizung und Regelung der Raumtemperatur auf ein Temperaturband von z.B. 20 bis 22 °C lässt sich eine Reduktion der ansonsten erforderlichen Heizlast in einer Größenordnung von 30 bis 50% erreichen.
- Zusätzliche, neben der Fernwärme bestehende Wärmeerzeuger sind tunlichst auf einen bivalent-parallelen Betrieb zu dimensionieren, womit die Leistungsspitzen auf beide Wärmebereitstellungssysteme aufgeteilt werden können. Dafür gut geeignet sind etwa geothermische Heizungswärmepumpen. Sie können auch bei niedrigen Außentemperaturen Spitzenleistung abgeben und so die Fernwärme gezielt entlasten.
- Für das jeweilige, konkrete Projekt soll jedenfalls eine frühzeitige Abstimmung mit dem Fernwärmeanbieter erfolgen. Im Zuge dieser sollen Parameter der Netzdienlichkeit und ihrer möglichen Vergütung vereinbart werden.

5.7 Lastspitzenreduktion, Demand Side Management und Netzdienlichkeit

Heutige Ausgangslage ist, dass der Anteil an erneuerbaren Energiequellen stetig wächst. Gleichzeitig werden herkömmliche Kraftwerke reduziert. Daraus können Engpässe in der Energieversorgung entstehen, welche durch Lastmanagement und vor allem Spitzenlastreduktion auszugleichen ist. Dies gilt sowohl für die Strom-, als auch für die Wärmeversorgung. Energiespeicher und

Energiezwischenspeicher spielen dabei eine große Rolle, und mehr noch, wenn Gebäude, Industrie- und Gewerbeprozesse, unter Umständen auch Prozesse im Handel, als Speicher mit in diese Konzepte eingebunden werden. (Michael Sterner, 2017)

Lastmanagementkonzepte werden und müssen künftig den Energiebedarf gerade in Spitzenlastzeiten deutlich verringern und die Versorgungssicherheit gewährleisten. Vor allem können durch ein gezieltes Lastmanagement erneuerbare Energiequellen in deren Überschusszeit bei entsprechendem Speichermanagement effizient genutzt werden. (Michael Sterner, 2017)

Das Grundprinzip der angewandten Anlagensteuerung ist ein Demand-Side-Management (DSM) durch einen Temperaturhub der Vorlauftemperatur der WP und eine Ermöglichung eines Temperaturhubes der Raumlufttemperatur, falls eine Freigabe aus Umweltenergie oder Ähnlichem ansteht. Dies bedeutet, dass bei einem Freigabesignal die zu erreichende Solltemperatur verändert wird (im Heizfall angehoben; im Kühlfall gesenkt), bis zu einer definierten maximalen/minimalen Temperatur. Dies hat zur Folge, dass zu diesen Zeitpunkten vermehrt Energie in die BTA gespeist und somit gespeichert wird. So wird die hohe Wärmespeicherkapazität des Betons und die gleichförmige und langsame Abgabe der gespeicherten Energie an den Raum als Eigenschaft einer Flächenheizung optimal genutzt. Auf diese Weise können beispielsweise Dunkelflauten (Windflaute oder Schwachwind und zugleich auftretende Dunkelheit, wodurch keine oder nur geringe Mengen elektrischer Energie produziert werden) ohne zwischenzeitliche Netzstrombezug überwunden werden. Dieses Prinzip veranschaulicht die folgende Abbildung:

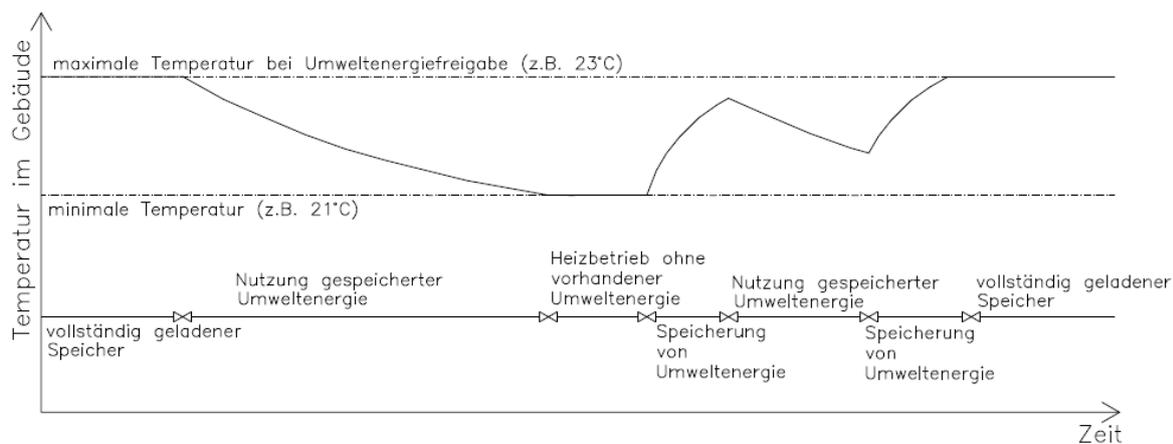


Abbildung 16: Grundprinzip des Steuerungsprinzips mit Temperaturhub der Raumlufttemperatur bei Umweltenergiefreigabe, zur Speicherung von thermischer Energie aus Umweltenergie innerhalb der Gebäudestruktur (Friembichler et al. 2016)

Ein Freigabesignal kann auf verschiedene Arten geschehen. Bei einer PV-Anlage ist meist das primäre Ziel die Eigenverbrauchsoptimierung, also möglichst viel erzeugten Strom der eigenen PV-Anlage auch direkt im Quartier/Gebäude zu verbrauchen. Ein DSM-Signal aufgrund hoher PV Produktion kann zu solch einer Optimierung führen. Für den vorliegenden Kontext werden DSM-Signale aus folgenden Betriebsweisen realisiert:

PV

Ist der Haushaltsstrombedarf (HHSB) im aktuellen Zeitpunkt durch PV-Strom gedeckt und es steht weiterer PV-Strom zur Verfügung, welcher über die Mindestbedarfsdeckung (Solltemperatur) der WP für Heizen oder Kühlen hinausgeht (Überschuss), wird eine Freigabe für den oben beschriebenen DSM-Betrieb erteilt.

Wind-Peak-Shaving (WPS) Netzdienlichkeit

Alleinestehend oder in Kombination mit Freigabesignalen aus PV-Überschüssen können weitere Netzdienlichkeitsmodelle, welche externe Führungssignale funktionieren, eingebunden werden. Das vorliegende Netzdienlichkeitsmodell des Wind-Peak-Shavings beruht auf einem externen Freigabesignal, über die Grundstücksgrenze hinaus, nämlich aus dem elektrischen Netz. Wie auch bei der DSM-Regelung mit PV, geschieht die Freigabe durch ein spontanes Reagieren auf einen aktuellen Erzeugungswert. In diesem Fall wurde das Modell für die Erzeugung aus Windkraft entwickelt, da Wind eine sehr volatil auftretende Energiequelle darstellt. Übersteigt die aktuelle Erzeugungsleistung einen gewissen Anteil der installierten Leistung eines Windparks oder einem größeren Bereich, wird ein Freigabesignal gegeben, was Wind-Peak-Shaving genannt wird. Es werden also Erzeugungsspitzen gekappt.

Beispiel: Bei einer installierten Leistung von 3.000 MW, einem Freigabewert von 50% (also $3.000 \cdot 0,5 = 1.500$ MW) und einer aktuellen Erzeugungsleistung von 2.000 MW wird ein Freigabesignal gegeben, da die aktuelle Erzeugungsleistung von 2.000 MW die Grenze von 1.500 MW überschreitet.

Prognosebasierte Netzdienlichkeit

Wie auch beim Wind-Peak-Shaving wird hier eine externe Zielgröße für das Freigabesignal genutzt. Die Zielgröße kann beispielsweise die Wind- und Solarerzeugung in Österreich oder der Import/Export-Saldo, aber auch die CO₂-Emissionen der elektrischen Erzeugung sein (siehe Kapitel 5.3). Im Gegensatz zum Wind-Peak-Shaving wird mit Prognosewerten gearbeitet und daraus ein Fahrplan für die flexiblen Lasten und Maschinen (WP, Pufferspeicher, ...) in einem gewissen Lastverschiebungszeitraume (LVZ) erstellt (Anwendung der oberen Potentialgrenze aus Kapitel 5.2). Die Besonderheit dieser Steuerung ist, dass die flexiblen Lasten vorwiegend (im Optimalfall ausschließlich) zu Freigabezeiten betrieben werden und gleichzeitig ein DSM-Signal erteilt wird. Die Möglichkeiten der Flexibilitäten bewegen sich in dem Temperaturband zwischen minimaler und maximaler Raumlufttemperatur.

Aufgrund der Verschiebung der Bedarfe in Richtung der netzdienlichen Zeitpunkte ist für dieses Modell keine Kombination mit PV-DSM vorgesehen.

5.7.1 Konzept zur Bedarfsdeckung

Für die Deckung der Bedarfe mit den zu Verfügung stehenden Quellen wird an die Methode aus (Schöfmann et al. 2019) angelehnt, jedoch leicht abgewandelt (Abbildung 17). Die Darstellung bezieht sich auf einen Zeitschritt. In der Verwendungskaskade definiert, in welcher Reihenfolge die Bedarfe gedeckt werden sollen. Diese ist wie folgt festgelegt:

- Haushaltsstrombedarf (HHSB)
- WP Heizen/Kühlen

- WP Heizen/Kühlen (Überdeckung): Die Überdeckung beschreibt die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Steuerung über die definierte Soll-Raumtemperatur hinaus.
- WP Warmwasser (WW)

Die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Bedarfsdeckung sind:

Photovoltaik

Die Deckung über die PV-Anlage innerhalb des Quartiersgrundstücks steht an erster Stelle, da für diese das Ziel eines hohen Eigennutzungsgrades besteht und der verfügbare PV-Strom zuallererst auf die Bedarfe aufgeteilt werden soll. Sind die eigentlichen Bedarfe (rot) gedeckt, kann mit dem Rest-PV-Strom und unter den vorliegenden Systemeigenschaften der E-Batterie (Leistung, Kapazität) diese beladen werden.

E-Batterie

Bei der Entladung der E-Batterie, falls diese vorhanden ist bzw. verwendet wird, findet keine Überdeckung der Bedarfe statt. Diese dient alleinig der Deckung der Mindestbedarfe für HHSB und WP Betriebe.

Netzdienlichkeit

Ebenso wie bei konventionellem Netzstrom, wird bei der Deckung durch Netzdienlichkeit aus dem elektrischen Versorgungsnetz bezogen, es liegt also physikalisch kein Unterschied vor. Die hier definierte Differenzierung zwischen Bezug aus dem elektrischen Netz über Netzdienlichkeit oder konventionellen Netzstrom dient allein der Unterscheidung zwischen gewolltem und unbedingt notwendigem Netzbezug. Bei Netzdienlichkeit muss nämlich ein Freigabesignal über eine netzbasierte Zielgröße (über WPS- oder Prognose-Modell) vorliegen, damit ein Bezug aus dem elektrischen Netz auch als netzdienlich bezeichnet wird und dementsprechend eine Überdeckung der Bedarfe und gegebenenfalls eine Beladung der E-Batterie stattfinden kann.

Konventioneller Netzstrom

Ein Bezug aus konventionellem Netzstrom dient der Deckung der restlichen Bedarfe, falls noch ein Restbedarf besteht. Wie auch bei der Entladung der E-Batterie findet hier keine Bedarfsüberdeckung oder Beladung der E-Batterie statt.

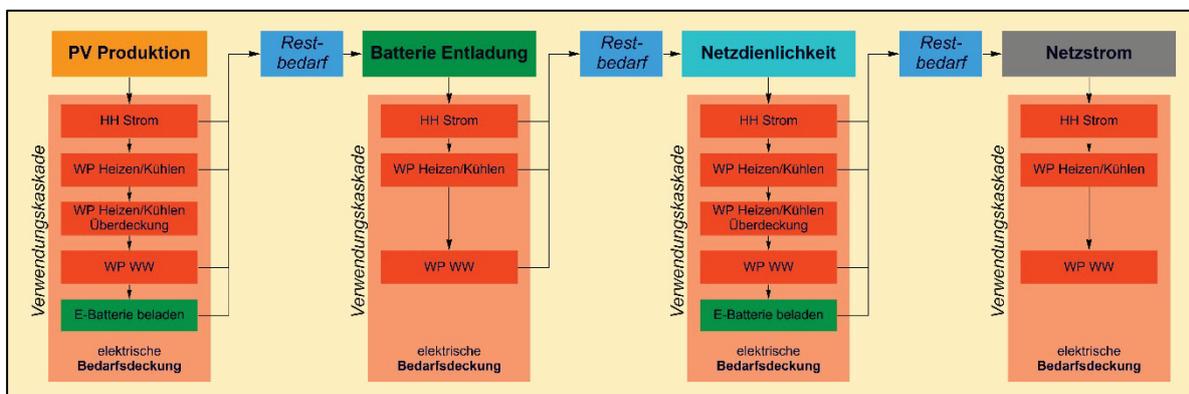


Abbildung 17: Reihenfolge Bedarfsdeckung

5.8 Wirtschaftlichkeit thermischer und elektrischer Netzdienlichkeit

Im folgenden Kapitel werden die derzeitigen Vergütungsmodelle für die thermische und elektrische Netzdienlichkeit in Bezug auf Plus-Energie-Gebäude behandelt.

5.8.1 Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen der thermischen Netzdienlichkeit

Durch die Pufferung in einem thermischen Speicher (Pufferspeicher, BTA) wird die Nachfragekurve geglättet und somit zur Netzstabilität beigetragen. Bis dato wird die Vergütung von Flexibilität im Sinne von thermischer Netzdienlichkeit vom Fernwärmebetreiber nicht regulär durchgeführt. Dies konnte am Beispiel Pilzgasse auch in Gesprächen mit dem lokalen Fernwärmebetreiber (Fernwärme Wien) bestätigt werden. Die Weitergabe eines Signals durch den Fernwärmebetreiber ist in manchen Fällen möglich. Eine Vergütung ist jedoch auch dann nicht üblich. Durch die Vermeidung von Leistungsspitzen, kann der Leistungspreis der Fernwärme reduziert werden und somit indirekt eine Vergütung des netzdienlichen Anlagenbetriebs erreicht werden.

5.8.2 Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen der elektrischen Netzdienlichkeit

Elektrische Netzdienlichkeit durch Gebäude bietet ein nicht zu unterschätzendes Potenzial für die Sicherstellung der Versorgungssicherheit und Netzstabilität angesichts eines steigenden Anteils volatiler erneuerbarer Energieträger im Strommix. Derzeit kann Netzdienlichkeit durch unterschiedliche Marktteilnehmer und Modelle vergütet werden. Im Folgenden werden mögliche Vergütungsmodelle durch den Stromanbieter, den Netzbetreiber, die Teilnahme am Regenergiemarkt, die Teilnahme an einer erneuerbaren Energiegemeinschaft, sowie das Mieterstrommodell behandelt. Im Einzelfall ist aber jedenfalls eine detaillierte Kostenberechnung durchzuführen.

Die Vergütung von Flexibilitätsoptionen in der Elektrizitätswirtschaft ist bei weitem kein neues Phänomen. Insbesondere sogenannte Tag- und Nachtpreise fanden seit Mitte des 20. Jahrhunderts in vielen Ländern, darunter auch Österreich, Anwendung. Dies sollte die Auslastung der Grundlastkraftwerke, wie Kohlekraftwerke und Kernkraftwerke, verbessern. Nachtspeicheröfen, welche zu Schwachlastzeiten (nachts) aufgeheizt werden und die Wärme über mehrere Stunden hinweg abgeben können, fanden weite Verbreitung. Noch heute bietet ein Großteil der Stromanbieter in Österreich sogenannte Nachtstromtarife an.

Nachtstromtarife werden in der nachfolgenden Aufzählung nicht weiter thematisiert, da der Fokus auf der Vergütung von Netzdienlichkeit zum Zwecke der Integration volatiler erneuerbarer Energieträger liegt. Es werden nur Vergütungsmodelle behandelt, welche auf die Unmittelbarkeit erneuerbarer Überproduktion reagieren bzw. reagieren können.

5.8.2.1 Vergütung durch den Stromanbieter

Anbieter von Strom aus volatilen erneuerbaren Energieträgern, welche auf dem Energiemarkt tätig sind, können die Flexibilitätsoptionen von Plus-Energie-Quartieren zu ihrem Vorteil nutzen. Denn Stromanbieter müssen bei einer Abweichung der produzierten von der prognostizierten Leistung, einer Über- oder Unterproduktion in ihrer Bilanzgruppe, für die Kosten der bereitgestellten Ausgleichsenergie selbst aufkommen. Flexible Plus-Energie-Quartiere können in Zeiten von Prognoseabweichungen für

den Stromanbieter als Instanz vor dem Regenergiemarkt agieren. Manche Stromanbieter reagieren auf diese angebotene Gebäudeflexibilität mit reduzierten Preisen, somit ergibt sich eine Win-Win-Situation für Produzent und Verbraucher, welche gleichzeitig einen Beitrag zur Netzdienlichkeit leistet.

Im gegenständlichen Projekt Pilzgasse soll über einen österreichischen Windstromanbieter eine tarifliche Vergütung der Gebäudeflexibilität angeboten werden (Planungsstand Dezember 2021). Hierbei ergibt sich eine Ersparnis von 2 Cent/kWh in Zeiten der Überproduktion. In Gebäuden hybrider Bauweise mit massiven Decken und Bauteilaktivierung ist von einer potenziellen jährlichen Nutzung von Windstromüberschüssen im Einfamilienhaus von bis zu 71% und im Mehrfamilienhaus von bis zu 80% anteilig am Strombedarf für die Raumheizung auszugehen (Holzer et al. 2018). Eine Speicherung von Windüberschüssen in der Betonkernaktivierung kann, durch die auf Grund der vorsorglichen Beladung, verringerte restliche Wärmespeicherfähigkeit jedoch zu einer bis zu zehnpromtigen Zunahme des Heizwärmebedarfs (HWB) führen (Holzer et al. 2018). Dies ist den Ersparnissen durch den reduzierten Strompreis gegenüberzustellen. Für die Pilzgasse würde sich bei einem regulären Strompreis von 15 Cent/kWh ohne Steigerung des HWB eine jährliche Ersparnis der gesamten Heizstromkosten von 10% einstellen. Durch eine Zunahme des HWB von 10% verringert sich diese Ersparnis um ca. 9%. Die Stromkostensparnis wäre also in beiden Fällen signifikant.

Von einer Speicherung der Windstromüberschüsse in Batteriespeichern wurde im Planungsprozess für die Pilzgasse abgesehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine Speicherung der eigenen PV-Überschüsse gegenüber dem konventionellem Netzbezug eine Ersparnis von 11 Cent/kWh erzielt (Stand 2021: 15 Cent/kWh Strompreis – 4 Cent/kWh Einspeisevergütung), im Gegensatz zur Windüberschusspeicherung wodurch max. 2 Cent/kWh eingespart würden. Die Speicherung der eigenen PV-Überschüsse schließt nicht grundsätzlich eine Speicherung von Windstromüberschüssen aus, sofern diese nicht zeitgleich auftreten. Jedoch ist auf Grund der derzeitigen Rahmenbedingungen eine Windstromüberschusspeicherung erst nach der Optimierung des Eigenverbrauchsanteils wirtschaftlich sinnvoll.

5.8.2.2 Netzdienlichkeit von Seiten des Netzbetreibers

Netzdienliches Verhalten der Marktteilnehmer*innen kann auch vom Netzbetreiber durch tarifliche Anreize verstärkt werden und ist unabhängig vom Strompreis des Stromanbieters. Derzeit gibt es die Option des „unterbrechbaren Tarifs“, wodurch der Netzbetreiber solche Lasten entweder jederzeit oder zu vertraglich geregelten Zeiten abschalten kann (SNE-VO 2018, § 2 Ziffer 13). Dem steht der Aufwand des Einbaus eines zweiten Zählers und Tarifsteuergeräts sowie die Entrichtung des entsprechenden Messentgelts, um eine getrennte Abrechnung des Basistarifs und des unterbrechbaren Tarifs zu ermöglichen, gegenüber. Die Vorteile des kostenfreundlichen unterbrechbaren Tarifs überwiegen daher erst ab einem gewissen Mindestverbrauch, welcher somit beispielsweise für Ferienhäuser ungeeignet ist (Netz Burgenland GmbH s.a.).

In der Praxis wird offenbar auf Grund der vertraglich starren Zeitrahmen der Unterbrechungen für den Netzbetreiber kaum Flexibilität in Netz-Engpassituationen hergestellt und somit nicht wesentlich zur Netzdienlichkeit beigetragen (E-Control 2020). Eine Weiterentwicklung dieses Tarifes sowie weiterer tariflicher Flexibilitätsoptionen wurde durch die Energie-Control Austria (E-Control) vorgeschlagen. Sie fordert dafür die ehestmögliche Schaffung legislatischer Voraussetzungen (E-Control 2020).

5.8.2.3 Zukünftige mögliche Netzentgeltstruktur

In einem Positionspapier zur „Weiterentwicklung der Netzentgeltstruktur für den Stromnetzbereich“ von 2020 gibt die E-Control Antworten in Bezug auf eine potenzielle zukünftige Netzentgeltstruktur. Hierbei liegt ein Schwerpunkt auf der Umsetzung von Flexibilitätsanreizen in der Entgeltstruktur, welches auf den Vorgaben des europäischen „Clean Energy for all Europeans“-Paket basiert (E-Control 2020).

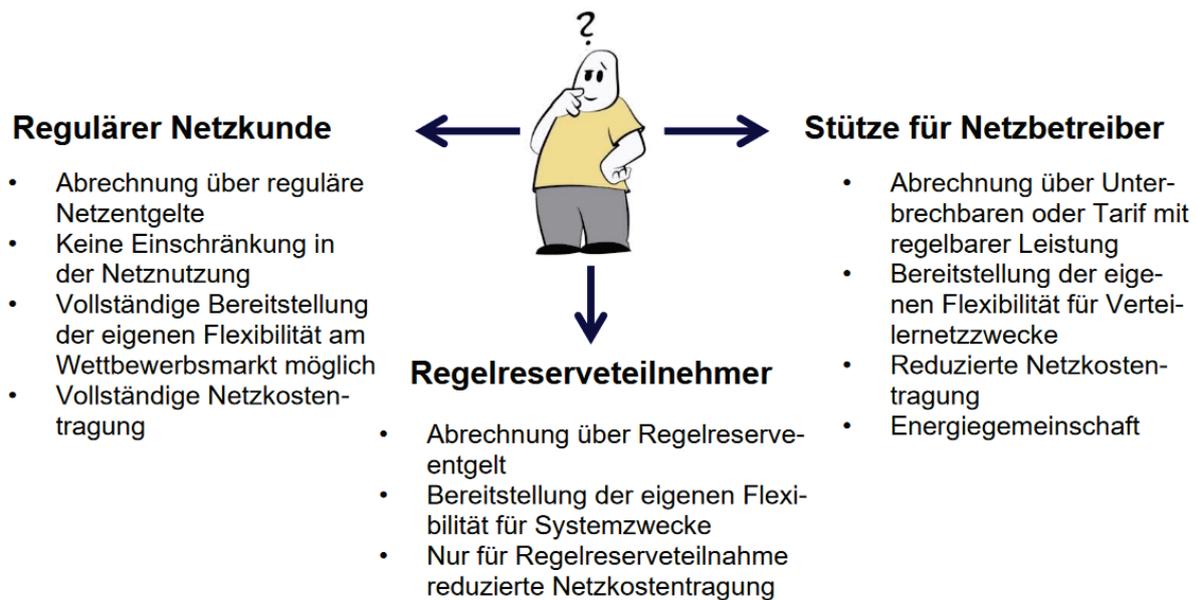


Abbildung 18: Zukünftige vergütete Flexibilitätsoptionen für Netzbewerber*innen (E-Control 2020: 22).

Abbildung 18 gibt einen Überblick über zukünftige Möglichkeiten der Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen für Netzbewerber*innen: Reguläre Netzkund*innen können weiterhin bedarfsorientiert beziehen und tragen dadurch die vollständigen Netzkosten. Durch eine Anpassung des Verhältnisses von Arbeits- und Leistungspreisen, könnte jedoch auch für reguläre Kund*innen ein verstärkter Anreiz zur Abflachung des Leistungsbezuges geschaffen werden. Für den aktiven Beitrag zur Netzdienlichkeit können Netzbewerber entweder am Regelreservemarkt ihre Flexibilität anbieten oder diese für Verteilernetzzwecke zur Verfügung stellen. Hierbei sollen zwei tarifliche Vergütungsmodelle zum Einsatz kommen, der unterbrochene Tarif und der Tarif mit regelbarer Leistung. Als Voraussetzung für die Umsetzung dieser Vergütungsmodelle werden legislative Anpassungen, die weitreichende Ausrollung von Smart Meters, sowie die transparente Datenweitergabe zwischen den Akteuren genannt (E-Control 2020: 21). Im Folgenden werden beide Tarifmodelle genauer beschrieben.

• Teilnahme beim Verteilnetzbetreiber über unterbrechbaren Tarif

Im Gegensatz zum bestehenden Tarifmodell, welches die Unterbrechung der Last nur in vertraglich festgeschriebenen Zeitintervallen vorgibt, soll in Zukunft die bedarfsabhängige Unterbrechbarkeit von Lasten bei lokal netzkritischen Situationen vergütet werden. Bei Bedarf sollen Netzeingriffe und Steuerungsmaßnahmen dem Kunden im Vorfeld bekannt gegeben werden. Dieser schon bestehende Tarif soll vom Netzbetreiber hinsichtlich der Attraktivität für den Konsumenten nachgeschärft werden (E-Control 2020).

- **Teilnahme beim Verteilnetzbetreiber über einen Tarif mit regelbarer Leistung**

Die E-Control schlägt beispielhaft vor, diesen Tarif über ein 3-Komponentensystem zu vergüten. Zum einen gibt es eine verbrauchsabhängige Komponente, welche dem Energiebedarf pro Jahr in kWh/a entspricht. Der Leistungspreis soll wiederum in eine garantierte Leistung und eine eingeschränkte Leistung unterteilt werden (siehe Abbildung 19). Die garantierte Leistung steht dem Kunden ausnahmslos zur Verfügung, die eingeschränkte Leistung kann vom Netzbetreiber gegebenenfalls eingeschränkt werden. Darüber hinaus könnte es Strafzahlungen für das Überschreiten der vereinbarten Leistung geben. Die Definition der Leistungsgrenzen soll dem Kunden/der Kundin obliegen. Es bedarf außerdem einer Spezifikation der Vorlaufzeiten der Einschränkungen und deren Ankündigungen (E-Control 2020).

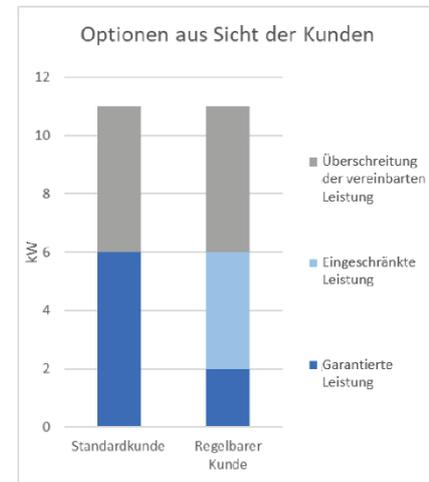


Abbildung 19: Vergleich regulärer Tarif und Tarif mit regelbarer Leistung (E-Control 2020)

Anwendung im Gebäudebereich

Im Kontext einer Bauteilaktivierung, welche durch eine Wärmepumpe betrieben wird, ist ständiges Ein- und Ausschalten im Minutentakt für die Lebensdauer der Anlage kritisch zu sehen. Abschaltungen im Stundentakt sind jedoch im Normalfall problemlos durchführbar. Dies sollte von Seiten des Netzbetreibers berücksichtigt und vertraglich festgeschrieben werden. Da moderne Niedrigstenergiegebäude mit Bauteilaktivierung zum Abkühlen bzw. zum Aufheizen bis zur Komfortgrenze mehrere Tage brauchen, ist auch in der heizlaststärksten Zeit des Jahres ein Auskühlen des Gebäudes durch temporäre Heizpausen keine Gefahr. Der Zeitraum der Heizungs- bzw. Kühlungsflexibilität für repräsentative Räume (Wohnen und Büro) in der Pilzgasse beträgt beispielsweise 38 – 48 bzw. 42 – 60 Stunden (Hacon 2022).

5.8.2.4 Teilnahme am Regelleistungsmarkt

Zur Sicherstellung der Netzstabilität durch die Aufrechterhaltung der Nennfrequenz von 50Hz innerhalb eines Verbundnetzes, können Marktteilnehmer*innen elektrische Energie als Regelreserve am Regelleistungsmarkt anbieten. Dies fällt in den Zuständigkeitsbereich des Regelzonenführers, der Austrian Power Grid (APG). Es wird zwischen positiver und negativer Regelreserve zum Ausgleich von Unter- bzw. Überangebot im Netz und in Abhängigkeit der erforderlichen Geschwindigkeit der Bereitstellung zwischen Primärregelleistung, Sekundärregelleistung und Tertiärregelleistung unterschieden (E-Control 2022). Um am Regelleistungsmarkt teilzunehmen, müssen Marktteilnehmer*innen bestimmte technische und organisatorische Voraussetzungen (Präqualifikation) erfüllen. Die Mindestgebotsgröße der Regelreserve je Anbieter beträgt +/- 1 MW (bei Sekundärreserve min. +/- 5 MW ab dem zweiten Produkt). Die Produkte sind innerhalb von 4-Stunden Intervallen bereitzustellen (APG s.a.).

Flexibilitätsoptionen durch Speichertechnologien (siehe Kapitel 5.4) ermöglichen Plus-Energie-Quartiere n in gewissem Maße ihre Betriebsweise netzdienlich zu gestalten. Daher ist in Abhängigkeit der Dimensionen der Speicheroptionen im Gebäude eine Teilnahme am Regelleistungsmarkt theoretisch

möglich. Allerdings ist die Mindestgebotsgröße von +/- 1 MW auch für ein Plus-Energie-Quartier im Regelfall nicht erreichbar. Durch Pooling – dem Zusammenschluss kleinerer Anbieter am Regelenergiemarkt, wie es zum Beispiel von Kleinwasserkraftwerken durchgeführt wird, können auch Plus-Energie-Gebäude die benötigte Leistung erreichen.

Weitere Herausforderungen sind die Überbrückung der Bereitstellungszeiten von 4 Stunden, insbesondere wenn Heizwärme- und Warmwasserwärmebereitung nicht getrennt sind. In diesem Fall sind jedenfalls entsprechende Warmwasserspeicher vorzusehen. Des Weiteren ist das Verhalten der Nutzer*innen zu berücksichtigen, welche innerhalb der Bereitstellungszeit gegebenenfalls ihre Raumtemperatur erhöhen wollen. Auch hier sind somit Speicher einzuplanen oder regelungstechnisch der Sollwert der Raumtemperatur zu begrenzen.

Am Beispiel der Pilzgasse, welche eine installierte Wärmepumpenleistung von 636 kW im Heizfall und 814 kW im Kühlfall und eine Batteriespeicherleistung von 11,4 kW für Entladung und 11,2 kW für Ladung (Na-Ionen Batterie, 60 kWh, siehe Wirtschaftlichkeitsberechnung Kapitel 7.3, Planungsstand 03/2021) bietet, könnte im Best-Case Szenario maximal 647,2 kW an Negativreserve (Ladeleistung Batterie + Wärmepumpenleistung) und 647,4 kW an Positivreserve (Entladeleistung + Wärmepumpenleistung) bereitgestellt werden.

5.8.2.5 Bürger-Energiegemeinschaften und erneuerbare Energiegemeinschaften

Laut der österreichischen Koordinierungsstelle für Energiegemeinschaften werden durch die lokale Erzeugung von Energie und deren unmittelbarer Verwertung vor Ort Transportverluste eingespart. Des Weiteren kann durch Sektorenkopplung und Speichersysteme der Autarkiegrad innerhalb einer Gemeinschaft erhöht werden. (Klima- und Energiefonds 2022) (siehe auch Kapitel 10.1.2).

Der Zusammenschluss zur Produktion und zum Bezug von (erneuerbarer) Energie dient indirekt auch der Netzdienlichkeit insofern hier bevorzugt Energie zwischen den Teilnehmer*innen gehandelt wird und dadurch netzdienliches Verhalten (Förderung der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch) unterstützt wird. Somit wird der Restbezug vom konventionellen Energieversorger der Energiegemeinschaft reduziert und optimalerweise Schwankungen im Netzbezug ausgeglichen.

Die finanziellen Vorteile, welche sich durch eine Teilnahme an einer erneuerbaren Energiegemeinschaft bedingen, sind der Entfall des Erneuerbaren-Förderbeitrags, der Wegfall der Elektrizitätsabgabe für Photovoltaikstrom und eine Reduktion der Netzentgelte. Letztere steht in Abhängigkeit des Ausmaßes der genutzten Netzebenen: Eine Energiegemeinschaft operiert im lokalen Bereich, wenn sich ihre Teilnehmer*innen innerhalb desselben Bereichs der Netzebenen 6 und 7 befinden, der regionale Bereich erstreckt sich bis auf die Netzebene 5. Des Weiteren können bis zu 50% des in einer Energiegemeinschaft erzeugten und nicht verbrauchten erneuerbaren Stroms mit der Marktprämie gefördert werden. Letzteres trifft auch auf Bürger-Energiegemeinschaften zu (Klima- und Energiefonds 2022).

Im Forschungsprojekt Blockchain Grid untersuchen die Energienetze Steiermark, das Austrian Institute of Technology, die Siemens AG Österreich und die Energie Burgenland seit 2018 das Zusammenspiel von zwölf Haushalten mit Photovoltaikanlagen in Kombination mit einem Stromspeicher mit einer Kapazität von 100 kWh. Durch die signifikante Erhöhung des Eigendeckungsanteils auf 73%, wodurch eine Reduktion des Netzbezuges von fast der Hälfte erreicht wurde, wird ein Einsparpotenzial von bis

zu € 550,- pro Haushalt und Jahr geschätzt (Klima- und Energiefonds, s.a.). Konkrete Ergebnisse sind allerdings noch ausständig.

5.8.2.6 Mieterstrommodell

Eine gemeinschaftliche Produktion und Nutzung von Energie ist auch nach dem Mieterstrommodell (siehe auch Kapitel 10.1.1), als Vorgänger der (erneuerbaren) Energiegemeinschaft, möglich. Im Unterschied zu einer (erneuerbaren) Energiegemeinschaft findet dies jedoch hinter dem Zählpunkt, ohne Nutzung des öffentlichen Netzes statt.

Durch den Eigenverbrauch können ähnlich wie bei den erneuerbaren Energiegemeinschaften die Stromkosten, sowie Netzabgaben und Steuern reduziert werden (Bundesverband Photovoltaik Austria 2018).

5.9 Zusammenfassung technische und wirtschaftliche Aspekte

Energiespeicher sind wesentliche Bestandteile der Wärme- und generell der Energieversorgung von Gebäuden. Sie sind notwendig, um tägliche bis hin zu saisonalen Schwankungen des Energiebedarfs auszugleichen. Im Zusammenhang mit Umweltenergiequellen ist die Einbindung von Speichern außerdem eine wichtige begleitende Maßnahme zur Verbesserung der Ausnutzung der lokal erzeugten erneuerbaren Energie.

Im Folgenden werden schrittweise Überlegungen zur Speicherauswahl und -dimensionierung in der Gebäudeanwendung unter technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen während des Planungsprozesses erläutert.

Thermische Speicher für Raumheizung

- **Wärmespeicherung für Raumheizung in Baukonstruktionen**

Energiespeicherung im Heizbetrieb senkt die zu installierende Heizleistung und ist damit ein Beitrag zur verbesserten Wirtschaftlichkeit einer Heizanlage und häufig auch zu einer verbesserten Nutzbarkeit von erneuerbaren Wärmequellen.

Sehr kostengünstig und technisch einfach ist die Ausnutzung der Wärmespeicherfähigkeit von Baukonstruktionen. Relevant ist hier insbesondere die thermische Aktivierung massiver Bauteile (BTA), wie Decken, Fußböden oder Wände. Dieses Potenzial vorhandener Bauteile sollte in jedem Fall genutzt werden. Die Bauteilaktivierung bietet zahlreiche Vorteile im Vergleich zu Hochtemperatursystemen:

- die Notwendigkeit für kostspielige Heizpufferspeicher entfällt
- die Bauteilaktivierung (BTA) kann im Sommer auch zum Kühlen verwendet werden, somit „müssen“ nachträglich keine umweltschädlichen Splittergeräte eingebaut werden
- Durch die Strahlungswärme, welche von den aktivierten Bauteilen abgegeben wird, ist ein hoher Raumkomfort für die Bewohner*innen und Nutzer*innen gegeben
- Durch die großen Abgabeflächen der BTA, sind die Vorlauftemperaturen entsprechend gering und können durch Niedertemperatur-Umweltwärme betrieben werden.

Auch ist durch die langen Überbrückungszeiten, bis das Gebäude merklich auskühlt/aufwärmt, eine hohe Flexibilität gegeben, welche zur Steigerung des Eigenverbrauchsanteils des eigenen PV-Stroms

und zukünftig vermehrt in Zeiten starker erneuerbarer Unter- und Überproduktion zum Zwecke der Netzdienlichkeit und Netzstabilität eingesetzt werden kann.

- **Wärmespeicherung für Raumheizung in Wasserspeichern**

Neben der Wärmespeicherung in Bauteilen bietet sich auch die Wärmespeicherung in Wasserspeichern an. Unter der Voraussetzung hoher Speichertemperatur weisen sie eine hohe Energiedichte auf, dann allerdings auch über nennenswerte Speicherverluste. Für Niedertemperaturanwendungen sind sie nur bedingt geeignet, da mit sinkender Temperaturspreizung auch der thermische Speicherinhalt sinkt. Günstige Anwendungsfälle von Wasserspeichern für Raumheizung sind Lastausgleichsspeicher für Wärmepumpen oder Pufferspeicher für Holzkessel.

- **Wärmespeicherung für Raumheizung in Latentwärmespeichern**

Im Vergleich zu sensiblen Wärmespeichern haben Latentwärmespeicher und thermochemische Wärmespeicher eine höhere Speicherdichte. Sie sind aber noch immer sehr teuer und haben nach wie vor experimentellen Charakter.

Thermische Speicher in der Warmwasserbereitung

Angesichts der hohen Wärmeleistung bei Warmwasserzapfen von 25 kW und mehr, sind thermische Speicher in der Warmwasserbereitung weit verbreitet. Die typische Dimensionierungsgröße der Zeitdauer, die mit der Speicherung überbrückt werden soll, reicht von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen.

Es ist die Entscheidung zu treffen, ob direkt warmes Trinkwasser im Speicher abgelegt wird, oder ob warmes Heizungswasser gespeichert wird, das dann erst in einem Durchfluss-Wärmetauscher das Trinkwasser erwärmt. Beide Systeme sind bewährt und weisen spezifische Stärken auf. Im Zusammenhang mit der Wärmebereitstellung aus Wärmepumpen liegen Effizienzvorteile bei der zweiten Lösung.

In Büros soll angesichts des geringen Warmwasserbedarfs von einer zentralen Erzeugung- und Speicherung abgesehen werden. Stattdessen werden sogenannte Untertischspeicher, welche bei Bedarf Brauchwasser elektrisch aufheizen und nur einen wenige Liter großen Speicher besitzen, eingebaut.

Im Sinne der Gebäudeflexibilität ist insbesondere in Erzeugungsanlagen, welche gleichzeitig Heiz- und Warmwasserwärme bereitstellen, auf eine ausreichende Warmwasserspeicherkapazität zu achten. Anderenfalls muss die Erzeugungsanlage weiterhin den Warmwasserbedarf decken und kann nur einen Teil ihrer Leistung für Peak-Shaving oder als Regelreserve zu Verfügung stellen.

Stromspeicherung

Stromspeicherung ist insbesondere in Verbindung mit PV systematisch sinnvoll, um den Anteil der Eigennutzung des erzeugten Stroms zu erhöhen. Wegen der hohen Anschaffungskosten eines Stromspeichers ist seine wirtschaftliche Ausnutzung und damit typischerweise eine Auslegung auf tägliche Be- und Entladung sinnvoll.

Um den Eigenverbrauch unter anderem aus Gründen der Wirtschaftlichkeit weiter zu optimieren können zusätzliche Speichersysteme vorgesehen werden. Einige Speichertypen sind auf Grund der derzeitigen Rahmenbedingungen in der Regel noch nicht wirtschaftlich einsetzbar. Die Entscheidung ist

daher meist zwischen unterschiedlichen Batteriespeicherarten (elektrochemische Speicher) zu treffen. Jedoch ist für viele Speicherarten auf Grund der raschen technologischen Entwicklungen mit sinkenden Preisen zu rechnen.

- **Elektrische Speicher**

Elektrische Speicher, wie Kondensatoren, besitzen auf Grund der geringen Energiedichten im Gebäudebereich keine Relevanz.

- **Mechanische Speicher**

Mechanische Speicher, wie Pumpspeicher, Schwungräder, Druckluftspeicher, Lageenergiespeicher und Federn haben bis jetzt kaum Anwendung im Gebäudebereich gefunden, weil sie häufig ein hohes Wartungspotenzial und häufig auch ein Gefährdungspotenzial haben.

- **Chemische Speicher**

Chemische Speicher, wie Wasserstoff, weisen im Gegensatz zu Batteriespeichern keine Speicherverluste auf und zählen somit zu den Langzeitspeichern. Die Umwandlungs- und Rückverstromungsverluste sind aber in der Regel signifikant. Deren Wirkungsgrade können durch die Nutzung von Abwärmen, welche für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung verwendet werden, deutlich erhöht werden. Von einer saisonalen Speicherung wird jedoch aus wirtschaftlicher Sicht auf Grund der benötigten Brennstoffzellenleistungen und Speicherkapazitäten in der Regel abgesehen.

- **Elektrochemische Speicher**

Im Gebäudebereich haben sich besonders die lithium-basierten Speichertechnologien, Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen (LFP), Nickel-Mangan-Cobalt-Zellen (NMC) und seit kurzem auch Lithium-Titanat-Oxide (LTO) bereits etabliert. Diese sind auf Grund ihrer Charakteristiken (Lade-, Entladeleistung, Energiedichte, Lebensdauer, Wirkungsgrad) für die stationäre Anwendung im Gebäudebereich gut geeignet. In der Sondierung für das Forschungsprojekt wurde außerdem eine Na-Ion Batterie (Salzwasserbatterie) in Betracht gezogen, welche bei Umgebungstemperatur arbeitet. Deren Vorteile lägen in der ressourcenschonenden Herstellung und Recyclingfähigkeit. Ein potenzieller Nachteil könnte jedoch die geringe Lade- und Entladeleistung darstellen. Auch andere innovative stationäre Batteriespeichertechnologien, wie beispielsweise Redox-Flow -Batterien, könnten in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

6 Ausgangslage Beispielquartier Pilzgasse 33 (PEQ21)

Das Bauprojekt Pilzgasse (PEQ21) der SÜBA wird bereits seit 2018 im Rahmen diverser, konsekutiver Forschungsprojekte wissenschaftlich begleitet: Im Sondierungsprojekt „Zukunftsquartier“ wurden sechs in Planung befindliche Neubauvorhaben in Wien betrachtet, wobei sich das Quartier Pilzgasse auf Grund des ambitionierten Bauträgers SÜBA einerseits sowie der vorteilhaften Nutzungsmischung andererseits als das umsetzungswahrscheinlichste Gebiet herausgestellt hat.

Im Berichts-gegenständlichen F&E-Projekt „Zukunftsquartier 2.0“ erfolgte für die Pilzgasse die konkrete Planungsbegleitung vom Architekturwettbewerb bis hin zur Baueinreichung. Im seit September 2021 laufenden Projekt „ZQ3Demo“ wird das PEQ21 in seiner weiterführenden Planung, sowie dann auch während der Bauphase und einer mindestens einjährigen Monitoringphase begleitet.

6.1 Verortung

Die Pilzgasse befindet sich im 21. Wiener Gemeindebezirk Floridsdorf. Das Quartier umfasst eine Bruttogeschoßfläche von ca. 34.000 m² und besteht aus insgesamt drei Baukörpern, in welchen unterschiedliche Nutzungen (auch gemischt) untergebracht sind.

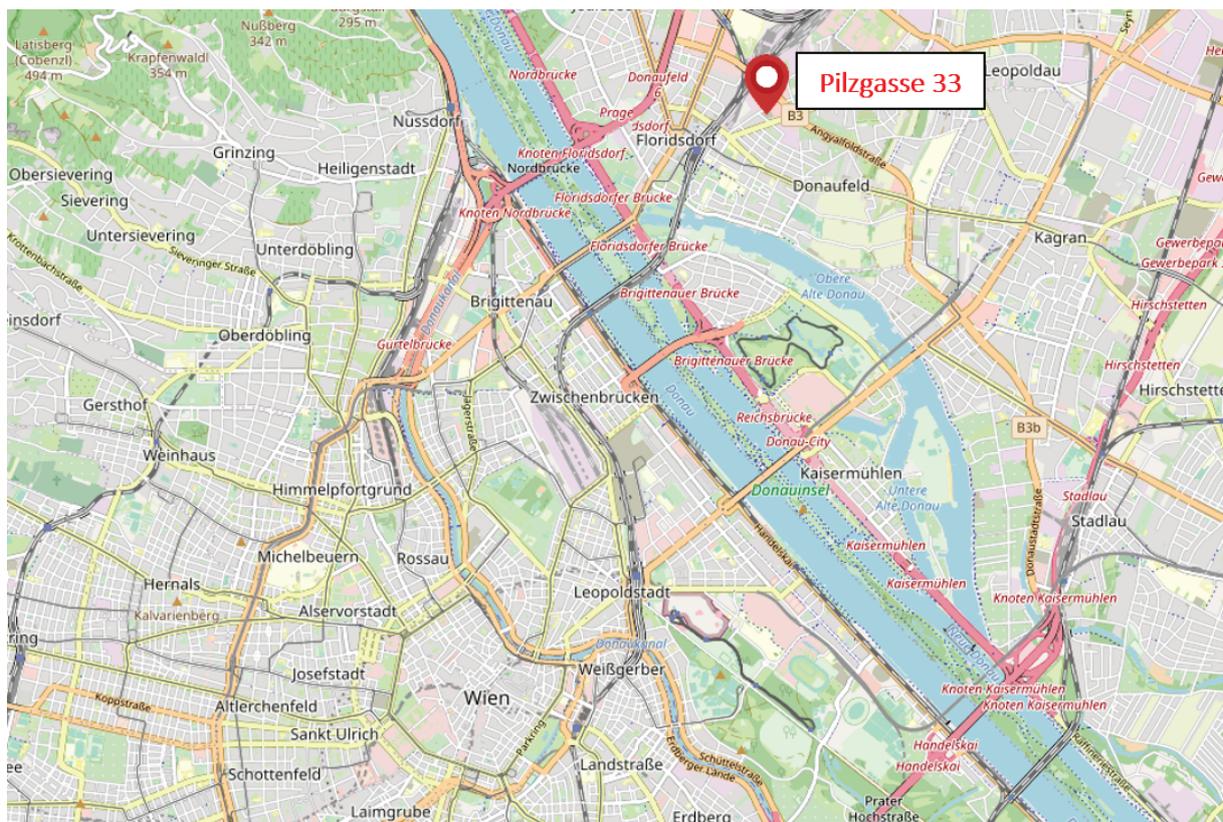


Abbildung 20: Lage der Pilzgasse 33, 1210 Wien

Mit einer Geschoßflächenzahl (GFZ) von 4,6 weist das Quartier eine sehr hohe bauliche Dichte auf. Folgende Tabelle zeigt die Nutzungen je Baukörper und deren Nettogeschoßflächen (NGF):

Tabelle 12: Nutzungen und NGF je Baukörper/Stiege

Stiege	Nutzung	NGF [m ²]
PIGA1	Wohnen	6.851
	Büro	1.042
	Kindergarten	618
	Gewerbe	1.041
PIGA2	Wohnen	7.178
EHG2	Buero	9.041
	Gewerbe	1.033
Gesamt		26.805

Mit dieser vorgesehenen Nutzungsdurchmischung folgt das Quartier Pilzgasse, das in der sogenannten „rosa Zone“ liegt, auch als eines der ersten in Wien den Anforderungen des Wiener Fachkonzepts *Produktive Stadt*¹⁸. In dieser Zonen-Kategorie („rosa Zone“) sind laut Fachkonzept maximal 50% Wohnnutzung vorgesehen (Stadtentwicklung Wien, Magistratsabteilung 18 2017, S.76).

Die durch diese Nutzungsmischung vorhandenen, unterschiedlichen Lastprofile begründen nicht zuletzt auch einen wesentlichen Vorteil für ein Plus-Energie-Quartier: Ein intelligentes Gebäudekonzept soll in der Pilzgasse für eine Bauplatz-übergreifende energieoptimierte Kombination der 265 Wohneinheiten mit rund 15.000 m² Büro- und Gewerbeflächen inkl. Kindergarten sowie Einheiten für betreutes Wohnen sorgen. Damit kann der Grad der Eigenversorgung im Quartier maßgeblich unterstützt werden.

Weiters ist in der Pilzgasse eine zweigeschoßige Tiefgarage geplant, welche sich auch teilweise im Erdgeschoß befindet. Auf Erdgeschoß-Niveau befindet sich auch der Innenhof, in dem sich Handelsgeschäfte ansiedeln sollen. Der Innenhof soll zu diesem Zweck öffentlich begehbar bleiben.



¹⁸ Siehe Fachkonzept „Produktive Stadt“, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008500b.pdf>

6.2 Grundzüge des Energiekonzepts in der Pilzgasse

Das Energiekonzept der Pilzgasse wurde im Zuge des dreijährigen Projekts Zukunftsquartier 2.0 laufend adaptiert und nachjustiert. Eine detailliertere Auseinandersetzung mit dem Thema Konzept- und Systemoptimierungen sowie eine ausführliche Darstellung des Planungsprozesses erfolgen in den nachstehenden Kapiteln. Die folgenden qualitativen und quantitativen Beschreibungen des Energiekonzeptes spiegeln den Stand der abgeschlossenen baulichen Einreichplanung wider.

So wurde beispielsweise die Wärmeversorgung auf Basis von Grundwassernutzung zu Beginn des Projekts ZQ2.0 geprüft, auf Grund der vorhandenen lokalen Kontamination des Grundwassers jedoch für nicht möglich befunden. Die in einem weiteren Schritt untersuchte Möglichkeit von Tiefensonden erwies sich letztlich für das Gebiet als geeignete Lösungsoption. Vorgesehen war zunächst auch ein Fernwärmeanschluss zur Gundlastabdeckung sowie die Verwendung einer zentralen Erdwärmepumpe zur Abdeckung der Spitzenlast in der Wärmeerzeugung, um so die Anschlusskosten der Fernwärme zu reduzieren. Diese Variante wurde letztlich aber wieder verworfen.

Nachführend wird das Energiekonzept mit Stand April 2021 kurz in seinen Grundzügen skizziert.

Das Energiekonzept des Quartiers umfasst neben einer hocheffizienten Gebäudehülle, Bauteilaktivierung in Verbindung mit einem komplexen Wärmepumpensystem und einem Erdsondenfeld mit ca. 90 Bohrungen à 150 m, über das nicht nur Wärme sondern auch Kälte bereit gestellt wird. Geplant wurde auch ein Lüftungskonzept, das durch intelligente Auslass-Planung die Dachflächen frei für Sonnenenergienutzung hält. Alle Baukörper werden in massiver Bauweise mit aktivierten Betondecken ausgeführt. Die energetische Qualität der thermischen Hülle sind Kapitel 7 zu entnehmen.

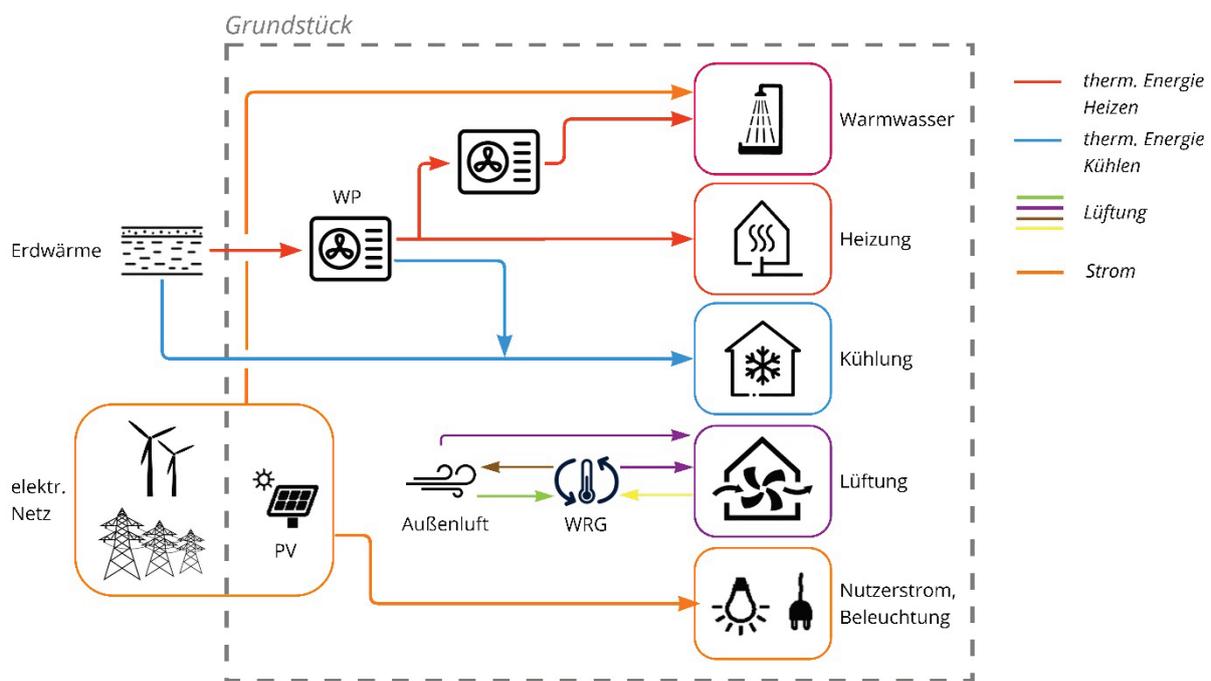


Abbildung 22: Schematisches Energiekonzept der Pilzgasse (eigene Darstellung)

Für die Deckung der thermischen Bedarfe (WW, Heizen, Kühlen, Lüftung) kommen reversible Sole/Wasser-Wärmepumpen zum Einsatz. Auf Soleseite, der Quellenseite der Wärmepumpen, werden Erdwärmesonden in Form von Tiefensonden unter dem Quartier realisiert. Diese werden im Sommer, soweit es eine thermische Ausgeglichenheit des Erdreiches (Erdreichtemperatur) erlaubt, direkt für die Kühlung über die BTA genutzt („Free-Cooling“). Für alle Nutzungen kommt als Wärmeabgabesystem BTA, eine Flächenheizung auf Niedertemperaturniveau, zum Einsatz. Für den Kindergarten wird aus Anspruchsgründen zusätzlich eine Fußbodenheizung verbaut.

Bei Warmwasser (WW) und Lüftung kommt es zu Differenzierungen zwischen den Nutzungen. Für Wohnen und Kindergarten erfolgt die WW-Bereitung zentral über Wasser/Wasser-Wärmepumpen, welche die Heizwassertemperatur auf das benötigte WW-Temperaturniveau heben. Das WW wird aus der Zentrale in die Wohneinheiten zirkuliert. Aufgrund der geringeren WW-Bedarfe in Büro und Gewerbe, wird für diese Nutzungen dezentrale WW-Bereitung in Form von Durchlauferhitzern bzw. Untertischspeichern geplant.

Um den benötigten Luftwechsel in den Büroeinheiten und im Gewerbe zu gewährleisten, kommen zwei zentrale Lüftungsgeräte mit sensibler Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Der Kindergarten und die Wohneinheiten werden mit dezentralen Abluftventilatoren und entsprechenden Nachströmelementen ausgestattet. Durch Abluftführung über Dach kommt es üblicherweise zu einer entsprechenden Anzahl an Dachaustritten für die Abluft. Bei der Planung wurden speziell hinsichtlich der PV-Nutzung, wo möglich, einzelne Abluftkanäle zusammengeführt und zusammen an einer zentralen Stelle über das Dach geführt. So kann vermehrt PV am Dach platziert werden.

Herzstück des Quartiers ist nicht zuletzt eine „Plus-Energie-optimierte“ PV-Anlage, die mit einer geplanten PV-Leistung von insgesamt rund 570 kWp (ca. 2 kWp/100 m²_{BGF}) dem dreifachen der Verpflichtung laut Wiener Bauordnung entspricht. Nebst einer konventionellen Auf-Dach-Montage sollen PV-Paneele auch zur Überdachung von Terrassen, sowie an Vorsprüngen realisiert werden. Die PV-Anlage soll in ihrer Gesamtheit nicht nur die haustechnischen Anlagen, sondern über ein Mieterstrommodell auch Nutzer*innen künftig mit kostengünstiger Energie beliefern.

Das geplante Energiekonzept sieht weiters die Schaffung und Nutzung von Flexibilitäten vor und ermöglicht hierzu die Speicherung der am Gebäude erzeugten Sonnenenergie innerhalb der massiven Gebäudestruktur. Wird mit der Photovoltaikanlage vor Ort ein Stromüberschuss erzeugt oder kommt es netzseitig zu erneuerbaren Strom-Erzeugungsspitzen, wird über die Wärmepumpe Energie in die Stahlbetonbauteile eingelagert. Die gespeicherte Wärme kann wiederum in weiterer Folge genutzt werden, um energiearme- bzw. Kälteperioden zu überbrücken. Hierfür wird eine Möglichkeit vorgesehen, den thermischen Speicher aktiv über die Raumtemperaturregler in den einzelnen Wohnungen anzusteuern.

Um das oben beschriebene Energiekonzept zu entwickeln und den Anforderungen entsprechend zu optimieren, wurde zahlreiche Simulationen verschiedener Varianten durchgeführt. Die dafür getroffenen Annahmen werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

7 Konzeptentwicklung und Systemoptimierung am Beispiel Pilzgasse

Es folgt eine Beschreibung der betrachteten Varianten und deren Hauptmaßnahmen. Das tatsächliche Planungs- bzw. Bauprojekt Pilzgasse wurde im gegenwärtigen Forschungsprojekt Zukunftsquartier 2.0 vom Architekturwettbewerb bis zur Baueinreichung begleitet. Im Zuge dieser Planungsentwicklung wurden unterschiedliche betrachtete Varianten erarbeitet, welche im Zuge des Planungsprozesses auch von der Forschungsseite begleitend bewertet wurden. Diese sollen in diesem Kapitel dargestellt werden.

Die folgend gelisteten und beschriebenen Varianten basieren auf dem Stand der abgeschlossenen (Bau-)Einreichungsphase aus dem Planungsprojekt der Pilzgasse. Die weiteren Varianten stammen einerseits aus Möglichkeiten der Warmwasserbereitung und -verteilung, welche im Planungsprozess untersucht wurden, und werden andererseits durch unterschiedliche PV-Anlagen definiert. Des Weiteren wird zwischen den einzelnen Nutzungen und Quartiersgebäuden unterschieden.

7.1 Darstellung der betrachteten Varianten

Tabelle 13: Variantenaufstellung

	Var_Einreichung
	Var_OIB
	Var_PH
Unterschiedliche Warmwasserbereitung und -verteilung	Var_WW2
	Var_WW3
	Var_WW4
	Var_WW5
	Var_WW6
Unterschiedliche PV-Anlagen	Var_WW7
	Var_PV2
Nutzungsdifferenzierung	Var_PV3
	Var_Wohnen
	Var_Büro
	Var_Kiga
	Var_Handel

7.1.1 Einreich-Variante (Var_Einreichung)

Diese Variante stellt die Ausgangsbasis für alle weiteren Varianten dar und entspricht dem abgeschlossenen baulichen Einreichungsstand des realen Bauprojektes. Die Grunddaten der Einreich-Variante (Geschoßflächen) sind dem Kapitel 6 zu entnehmen. Weitere Rahmenbedingungen und Annahmen werden durch die folgenden Tabellen beschrieben.

Zur Durchführung einer Simulation werden verschiedene Projektdaten herangezogen, Annahmen getroffen und Rahmenbedingungen geschaffen, welche folgend dargestellt werden.

Tabelle 14: Bauteilflächen der thermischen Hülle

Bauteilfläche Außenwand (exkl. Fenster)	6.082,0	m ²
Bauteilfläche Fenster	4.163,6	m ²
Bauteilfläche Dach	6.813,5	m ²
Bauteilfläche Decke gegen Erdreich / Keller	3.660,1	m ²

Tabelle 15: Annahmen/Rahmbedingungen Quartier

U-Wert Außenwand (exkl. Fenster)	0,17	W/m ² K	
U-Wert Fenster	0,76	W/m ² K	
U-Wert Dach	0,11	W/m ² K	
U-Wert Decke gegen Erdreich / Keller	0,20	W/m ² K	
g-Wert Fenster	0,39	-	
Spezifisch wirksame Wärmekapazität	204	Wh/m ² K	Massiv, lt. PHPP
Wärmebrückenzuschlag	0,10	W/mK	Gemäß DIN4108
Transmissionsleitwert gesamt	0,31	W/K	
Gewinne durch opake Bauteile	1,07	-	Gemäß EneV 2014
Mobiler sommerlicher Sonnenschutz	0,96	-	Gemäß DIN4108
Faktor solare Gewinne Kühltseason	1,02	-	
Stellplätze	143	m ² /Stellplatz	
m ² NF/Person aus UAP Studie Wohnen	28,3	m ² _{NGF} /Person	
m ² NF/Person aus UAP Studie Büro	17,8	m ² _{NGF} /Person	
m ² NF/Person aus UAP Studie Ausbildung	16,1	m ² _{NGF} /Person	
m ² NF/Person aus UAP Studie Handel	25,8	m ² _{NGF} /Person	
Grundstücksgröße	7.323,4	m ²	

Tabelle 16: Annahmen/Rahmenbedingungen Heizen/Kühlen

	Heizen	Kühlen	
Raumtemp Minimum	21	25	°C
Raumtemp Maximum	25	23	°C
Wirkungsgrad Heizen (Verteilungsverluste)	0,95	0,95	-
Leistung Wärmepumpe	23,7	25,3	W/m ² _{NGF}
JAZ Wärmepumpe	4,6	5,4	-
Hilfsstromanteil Wärmepumpen	0,02	0,02	-

Tabelle 17: Annahmen/Rahmenbedingungen Warmwasser

Temperatur Minimum	60	°C	
Temperatur Maximum	70	°C	
Wasserspeicher	9,8	l/Person*Tag	
Leistung Wärmepumpe	14,8	W/m ²	
Wirkungsgrad Aufheizen	0,8	-	
JAZ Wärmepumpe Wohnen	2,3	-	
Wirkungsgrad Büro	0,95	-	Durchlauferhitzer
Wirkungsgrad Handel	0,95	-	Durchlauferhitzer
JAZ Wärmepumpe Kindergarten	2,3	-	

Als Netzdienstleistungsprofil wird das Winderzeugungsprofil von Österreich aus dem Jahr 2020 herangezogen.

Table 18: Annahmen/Rahmenbedingungen Netzdienstleistung

Freigabe Netzdienstleistung	0,5	-
Maximale Ladeleistung	58,5	W/m ²

Table 19: Annahmen/Rahmenbedingungen E-Mobilität

Anzahl Fahrzeuge	60	-
Batteriekapazität je Fahrzeug	41.000	Wh/Fahrzeug
Anteil der Fahrzeuge die der Ladekurve (Spitzenladungszeiten) folgen	0,7	-
Minimale zu erreichender Ladezustand	0,5	-
Wirkungsgrad Ladung	0,9	-
Anteil Elektroautos	0,5	-
Energieverbrauch	0,17	kWh/km

Table 20: Annahmen/Rahmenbedingungen Mobilität

Regionstyp	93	-
Zuordnung der Jahresmobilität Wohnen	0,50	-
Zuordnung der Jahresmobilität Büro	0,17	-
Zuordnung der Jahresmobilität Ausbildung	0,03	-
Zuordnung der Jahresmobilität Handel	0,29	-
Verkehrsleistung Zu Fuß (pro Person)	276,7	km/Person
Verkehrsleistung Fahrrad (pro Person)	1.156,5	km/Person
Verkehrsleistung Moped (pro Person)	84,6	km/Person
Verkehrsleistung PKW-LenkerIn (pro Person)	3.523,8	km/Person
Verkehrsleistung PKW-MitfahrerIn (pro Person)	1.431,8	km/Person
Verkehrsleistung Stadt/ Regionalbus (pro Person)	139,8	km/Person
Verkehrsleistung Straßenbahn/U-Bahn (pro Person)	2.159,8	km/Person
Verkehrsleistung Eisenbahn (pro Person)	1.643,9	km/Person
Verkehrsleistung Reisebus (pro Person)	78,9	km/Person

Table 21: Annahmen/Rahmenbedingungen Lasten und Bedarfe

	Wohnen	Büro	Kiga	Handel	
Innere Wärme Sommer gesamt inkl. Verdunstungskälte	56,9	75,3	54,0	80,8	kWh/m ² _{NGFA}
Innere Wärme Winter gesamt inkl. Verdunstungskälte	28,5	d	27,0	40,4	kWh/m ² _{NGFA}
Warmwasserwärmebedarf	12,8	3,0	3,4	6,3	kWh/m ² _{NGFA}
Aufzug, Regelung etc.	1,8	1,8	0,9	1,8	kWh/m ² _{NGFA}
Beleuchtung	0,0	31,2	12,5	43,7	kWh/m ² _{NGFA}
Nutzerstrom	26,7	19,4	1,8	4,4	kWh/m ² _{NGFA}

PV

Die geplante PV-Anlage ist „plus-energie-optimiert“ und stellt ein zentrales Element für die Erreichung des Plus-Energie-Standards dar. Es kommen drei Montagearten bzw. -orte zum Einsatz:

- Klassische Montage am Dach, 15° aufgeständert (auf allen Baukörpern)
- Semitransparente PV zur Überdachung von Terrassen, Pergolas (PIGA1 und EHG)
- Standard-PV-Module bei auskragenden Betondecken/Vordächer (EHG)

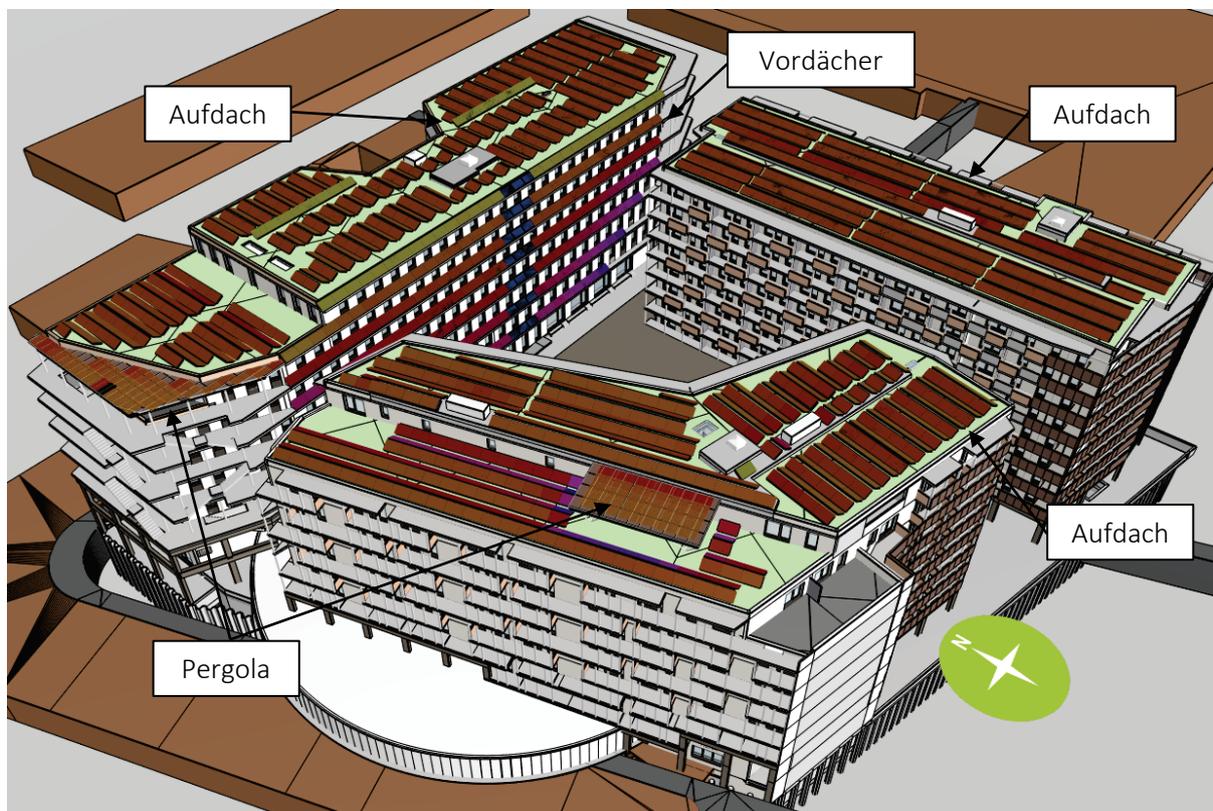


Abbildung 23: PV-Anlage Pilzgasse Einreichung

Es werden zwei unterschiedliche Modulleistungen verwendet:

- Dach, Vordach: 380 Wp
- Pergola: 300 Wp

Bei der Simulation der Belegung ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 22: Daten zur PV-Anlage, Montage-differenziert

	Peakleistung pro Modul	Peakleistung	Modulfläche	Ertrag	Flächenspez. Ertrag	Leistungsspez. Ertrag
	Wp/Modul	kWp	m ²	MWh/a	kWh/m ² _{PV}	kWh/kWp
Dach	380	482,6	2.336,1	487,2	208,6	1.009,5
Pergola	300	19,5	112,2	20,4	182,0	1.046,9
Vordach	380	68,4	331,1	63,0	190,2	920,8
Gesamt		570,5	2.779,4	570,6	205,3	1.000,2

Als totale Peakleistung der PV-Anlage wird ein Wert von 570,5 kWp erreicht. Die Aufteilung auf die drei Baukörper ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 23: Peakleistungen nach Montage und Baukörper

Baukörper	Peakleistung Dach	Peakleistung Pergola	Peakleistung Vordach	Peakleistung gesamt
PIGA1	149,3 kWp	13,2 kWp	0,0 kWp	162,5 kWp
PIGA2	150,9 kWp	0,0 kWp	0,0 kWp	150,9 kWp
EHG	182,4 kWp	6,3 kWp	68,4 kWp	257,1 kWp
Gesamt	482,6 kWp	19,5 kWp	68,4 kWp	570,5 kWp

In der nachfolgenden Grafik werden die installierten Peakleistungen [kWp] (unterschieden nach Installationsort: Dach, Vordach, Pergola) den simulierten Erträgen [MWh] gegenübergestellt. Daraus kann der spezifische PV Ertrag [kWh/kWp] bestimmt werden, der auch bereits in Tabelle 22 aufgelistet ist. Es wird deutlich, dass die Montage auf der Pergola den höchsten leistungsspezifischen Ertrag liefert, gefolgt von der Auf-Dach-Montage der Standard-Module. Aufgrund der Montage an vertikalen Flächen bzw. auch in niedrigeren Höhen liefert die Vordach-PV niedrigere leistungsspezifische Werte. Dies wird auch aus dem Verhältnis zwischen dem Ertrag und der installierten Leistung deutlich (siehe Abbildung 24).

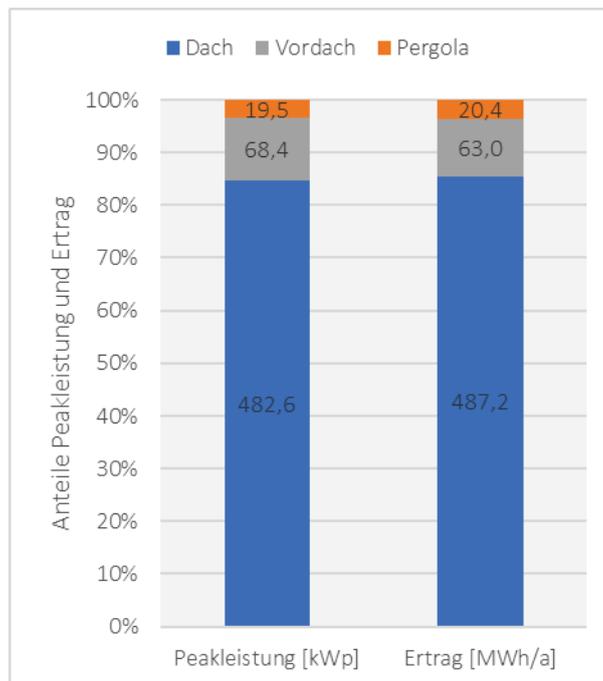


Abbildung 24: Ertrag und Peakleistung PV-Anlage Pilzgasse (eigene Darstellung)

7.1.2 Variante nach OIB-Richtlinie und Passivhaus-Standard (Var_OIB und Var_PH)

Die beiden Varianten Var_OIB und Var_PH unterscheiden sich zur Variante Var_Einreichung primär durch die Qualität der thermischen Hülle. Dabei folgen die Anforderungen einerseits der OIB-Richtlinie 6 (siehe Kapitel 4.2) und andererseits den Anforderungen an Passivhäuser (PH).

Neben den energetischen Anforderungen an Passivhäuser (Jahresheizwärmebedarf <15 kWh/m²a und erneuerbarer Primärenergiebedarf <60 kWh/m²a) sind im vorliegenden Kontext vor allem die Bauteilqualitäten wesentlich, welche sich durch Einhaltung von Behaglichkeitskriterien ergeben:

Tabelle 24: Anforderungen/Qualitäten an/von Bauteilen im Passivhaus

U-Werte oparker Außenbauteile	< 15 W/m ² K
U-Werte Fenster	< 0,8 W/m ² K

Weiters wird in der Variante Var_PH durchgehend Komfortlüftung angewandt – für die Variante Var_OIB bleibt das Lüftungskonzept gleich der Einreichungsvariante.

Hinsichtlich der PV orientiert sich die OIB-Variante an der Wiener Bauordnung (siehe Kapitel 4.3), also einer wesentlich kleineren PV-Anlage, verglichen zur plus-energie-optimierten PV-Anlage des Planungsprojektes.

Tabelle 25: PV-Verpflichtung nach WBO der drei Baukörper

	<i>kWp</i>
Pilzgasse 33/1	64,1
Pilzgasse 33/2	6,8
Engelhorngasse 2	126,0
Gesamtquartier	196,8

In der OIB-Variante werden energetisch die Mindestanforderungen nach Bauordnung, bzw. OIB RL 6 eingehalten. Das Gebäude wird mit Fernwärme versorgt, die Lüftungsanlagen sind konventionell ausgeführt, im Gewerbeteil ohne hochwertige Feuchterückgewinnung (daraus resultiert ein höherer Befeuchtungsaufwand im Bürotrakt). Planung und Komponenten richten sich weniger an die Energieeffizienz und hohen Komfort als vielmehr auf geringe Investkosten. Die Wärmeabgabe wird über Radiatoren gewährleistet, in den Dachgeschossen wird eine konventionelle Kühlung über fancoils und Rückkühler am Dach realisiert.

In der Passivhausvariante wird im Unterschied zur Variante Einreichung auch im Wohnbau eine hochwertige Komfortlüftung mit sehr guter Wärmerückgewinnung ausgeführt. Hochwertige Komponenten und Verteilung von Wärme, Kälte und Frischluft führt zu moderaten Hilfsstrombedarf. Qualität der Wärmepumpen, PV-Anlage und Erdwärmesonden entsprechen der Einreichvariante.

Bezüglich Mobilitätsmaßnahmen sind alle Varianten gleich und können für den elektrischen Teil direkt von der PV Anlage geladen werden. Die sehr gute Lage in Hinsicht auf den öffentlichen Verkehr, der reduzierte Stellplatzschlüssel, 60 e-Ladestationen und weitere Maßnahmen zur Förderung von Rad- und Fußverkehr reduzieren den Bedarf von fossilem Individualverkehr drastisch.

7.1.3 Varianten zur Warmwasserbereitung und -verteilung

Im Laufe des Planungsprozesses wurden unterschiedliche Möglichkeiten zur Warmwasserbereitung und -verteilung angedacht und untersucht. Neben der geplanten und nach Nutzung differenzierten Variante, sind nachstehend weitere betrachtete Varianten dargestellt, welche jeweils für alle Nutzungen des Quartiers gelten:

- **Var_WW2 – Zentrale WW-Bereitung über W/W-Wärmepumpen, Zirkulation**
Analog zur Einreichvariante für Wohnen und Kindergarten erfolgt die WW-Bereitung und -Verteilung in dieser Variante für das gesamte Quartier. Die WW-Bereitung erfolgt über eine zentrale Wasser/Wasser-Wärmepumpe, welche auf Quellseite die Energie des Pufferspeichers

nutzt. Von dieser zentralen Stelle aus, wird das Warmwasser (WW) in die Einheiten verteilt und zirkuliert.

- **Var_WW3 – Dezentrale Frischwasserstationen**

Bei dezentralen Frischwasserstationen bzw. Wohnungsstationen entfällt die Verteilung von Warmwasser von einer zentralen Bereitung. Die Heizungs- bzw. Kühlleitungen werden zu den Stationen verteilt, welche sich direkt in den Einheiten befinden. Bei WW-Bedarf wird das Trinkwasser über das Heizungswasser im Durchlaufprinzip erwärmt.

- **Var_WW4 – Dezentrale Elektro-Speicher (160 l)**

Durch die Nutzung von dezentraler WW-Bereitung und Speichern entfällt auch hier die Verteilung von WW aus einer zentralen Stelle. In diesem Fall wird nicht die Heizungsenergie zur WW-Bereitung, sondern elektrische Energie, genutzt. Die Bereitung kann auch an Zeitpunkten ohne WW-Bedarf erfolgen, beispielsweise bei vorhandenem PV-Strom, da durch den Speicher ein WW-Vorhaltevolumen besteht.

- **Var_WW5 – Dezentrale Speicher (mit E-Patrone)**

Wie auch bei Var_WW3 dient die Energie, welche über die Heizungsleitungen verteilt wird, auch für die WW-Bereitung. Im konkreten Fall wird jedoch primär das Rohrsystem im Niedertemperatursystem betrieben und nur während der Beladung der Speicher kurzzeitig auf ein höheres Niveau angehoben.

- **Var_WW6 – Dezentrale Abluft-WP (250 l)**

Bei dieser Variante ist die WW-Bereitung vollständig vom Heiz- und Kühlbetrieb entkoppelt. Dezentrale Wärmepumpen mit WW-Vorhaltevolumen bereiten das Warmwasser durch Nutzung der Abluft als Quelle.

- **Var_WW7 – Dezentrale W/W-WP**

Diese Variante stellt die dezentrale Variante zur zentralen Variante Var_WW2 dar. Auch hier werden W/W-Wärmepumpen zur WW-Bereitung genutzt – diese befinden sich dezentral in den einzelnen Einheiten und nutzen das Heizungswasser als Quelle.

7.1.4 Varianten der PV-Anlage

Zusätzlich zur eingereichten PV-Variante, bei welcher die Dachfläche optimiert genutzt wird und außerdem auskragende Vordächer und Pergolas mit PV-Modulen belegt werden (Kapitel 7.1.1), werden zwei zusätzliche Varianten definiert:

- **Var_PV2**

Diese Variante unterscheidet sich in von der Einreichungsvariante nicht durch die Belegung, sondern durch die Module. Es werden hier 400 Wp-Module verwendet. Diese Module weisen noch die selbe Modulfläche/-größe, wie die 380 Wp-Module auf, welche im Planungsprojekt verwendet und eingereicht wurden.

- **Var_PV3**

Basierend auf der Einreichungsvariante werden in dieser Variante die südseitigen Brüstungsflächen von PIGA1 und PIGA2 mit 380 Wp-Modulen genutzt.

Tabelle 26: PV-Varianten im Vergleich zur Einreich-Variante

Peakleistung Aufdach	Peakleistung Vordach	Peakleistung Pergola	Peakleistung Brüstung	Peakleistung gesamt
-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------

	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp
Var_Einreich	482,6	68,4	19,5	0,0	570,5
Var_PV2	508,0	72,0	19,5	0,0	599,5
Var_PV3	482,6	68,4	19,5	11,5	582,0

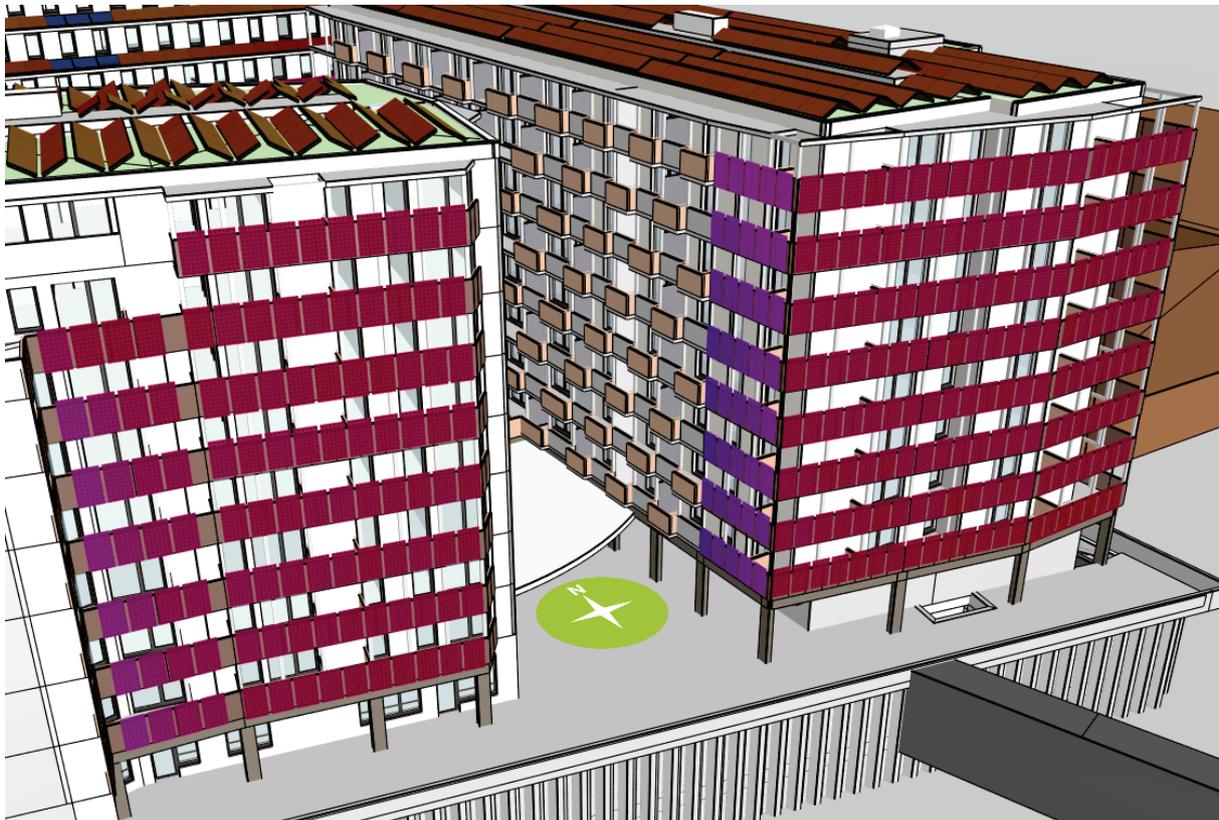


Abbildung 25: Var_PV3 – Brüstungs-PV

7.1.5 Varianten der Nutzungen

Ein wesentlicher Faktor für die (wirtschaftliche) Umsetzung von Plus-Energie-Quartieren ist die Unterbringung unterschiedlicher Nutzungen mit gegenläufigen Nutzungsprofilen. Dies erhöht den Eigenverbrauchsanteil des durch die PV-Anlage erzeugten Stromes und somit deren Wirtschaftlichkeit. Durch die Nutzung von Synergiepotentialen unterschiedlicher Nutzungen können Gleichzeitigkeiten verringert und somit auch Spitzenlastkapazitäten verkleinert werden (Schöfmann et al. 2019). Solch eine Nutzungsmischung findet auch im Quartier der Pilzgasse Anwendung.

Als Vergleich dazu werden bei den hier betrachteten Varianten monovalente Nutzungen für das gesamte Quartier von den in der Pilzgasse vorkommenden Nutzungen Wohnen, Büro und Handel (Non-Food) untersucht. Dabei werden neben den differenzierten Nutzungsbedarfen (Warmwasserwärmebedarf, Beleuchtung, Nutzerstrom, ...) und Lasten (Personen, innere Wärmen, ...) die energetischen Rahmenbedingungen der Nutzungen (primär WW-Bereitung und -Verteilung) von der Einreichungsvariante übernommen.

Es ergeben sich folgende Varianten:

- Var_Wohnen
- Var_Büro
- Var_Kiga
- Var_Handel

7.2 Energetische Kennwerte aus Simulationen

In diesem Kapitel werden die energetischen Ergebnisse der oben vorgestellten Varianten (die WW-Varianten ausgenommen) dargestellt. Die Ergebnisse liegen in Form von Nutz-, End- und Primärenergie sowie Treibhausgasemissionen vor. Die Indikatoren Primärenergie gesamt dienen der Bewertung der Systemgrenzen PEQ Alpha und Beta während die umfassendste Schale PEQ Omega mit dem Treibhauspotential bewertet werden. Berechnungsmethodik und Grenzwerte sind im Detail in der Anlage *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung* dargestellt.

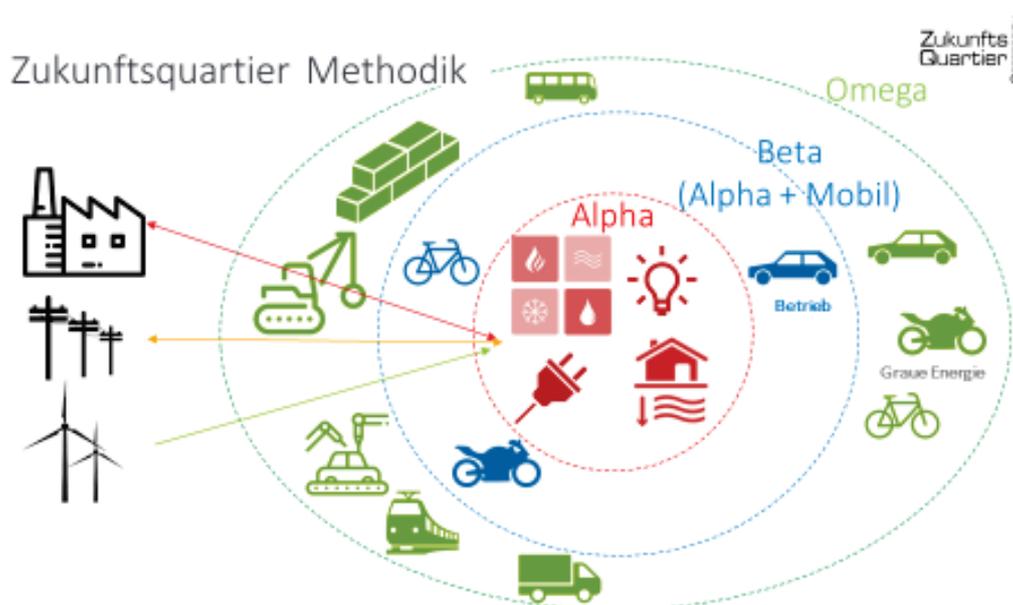


Abbildung 26: Schematische Darstellung der drei Systemgrenzen PEQ Alpha, PEQ Beta und PEQ Omega als Schalen. Die Icons symbolisieren die jeweils bilanziell berücksichtigten Energiedienstleistungen. Nicht dargestellt sind dynamische Zielwerte bzw. Gut/Lastschrift.

Nutzenergie

Die Wärmebilanz in der Heizsaison wird durch Verluste (Lüftungswärmeverluste, Transmissionswärmeverluste) und Gewinne (Solare Gewinne, innere Wärmen, Heizwärmebedarf) definiert. Um die Wärmebilanz aufrecht zu erhalten muss der Heizwärmebedarf aufgewendet werden, um die Raumtemperatur zu halten. Folgendes Diagramm zeigt die Einreich-Variante, welche das Gesamtquartier mit gemischter Nutzung beschreibt, und die im Quartier vorhandenen Nutzungen separat. Für die Wohnnutzung muss relativ zur Nettogeschosßfläche die meiste Energie aufgewendet werden, gefolgt von der Büronutzung.

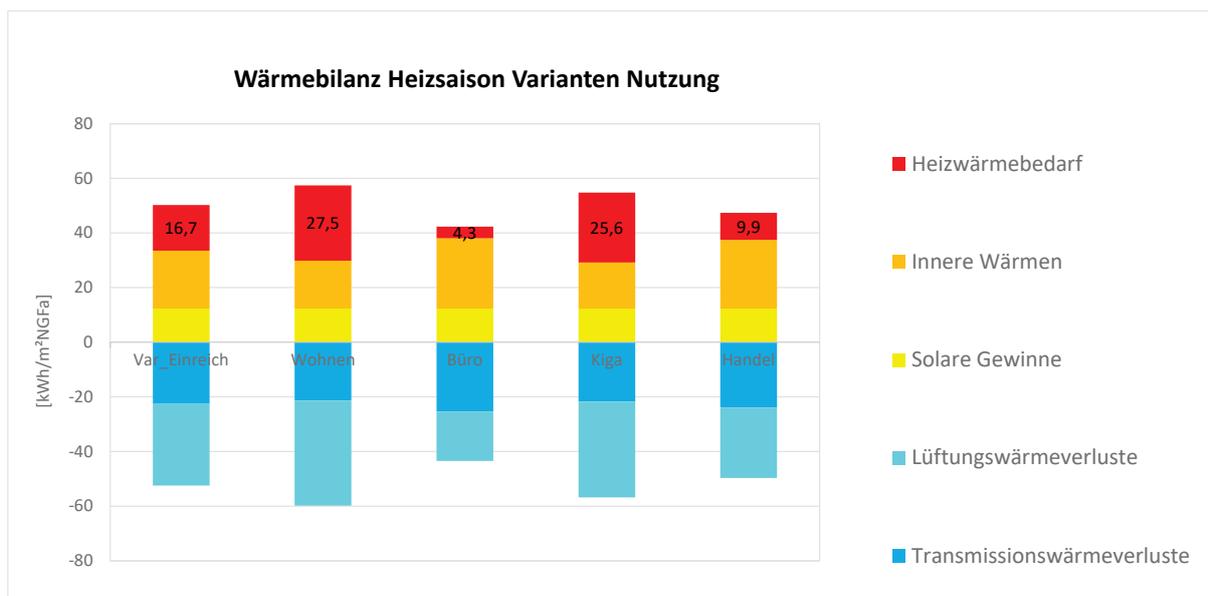


Abbildung 27: Wärmebilanz der Heizsaison für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen

Für die beschriebene Einreich-Variante wird Demand Side Management (DSM) durch Energiespeicherung in der Gebäudemasse angewandt. Zusätzlich dazu wird in Abbildung 28 ohne der Anwendung von DSM (konstante Raum-Temperaturregelung) verglichen. Bei gleichbleibenden Gewinnen ergibt sich mit DSM ein höherer Heizwärmebedarf. Dies ist auf die vermehrte Speicherung von Energie bei Freigabesignalen durch PV oder WPS (Wind-Peak-Shaving) in der Gebäudemasse zurückzuführen, wobei im Winterfall höhere Raumtemperaturen aktiv zugelassen werden. Dies wirkt sich auch auf erhöhte Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste aus, da höhere Temperaturdifferenzen zur Außenluft bestehen.

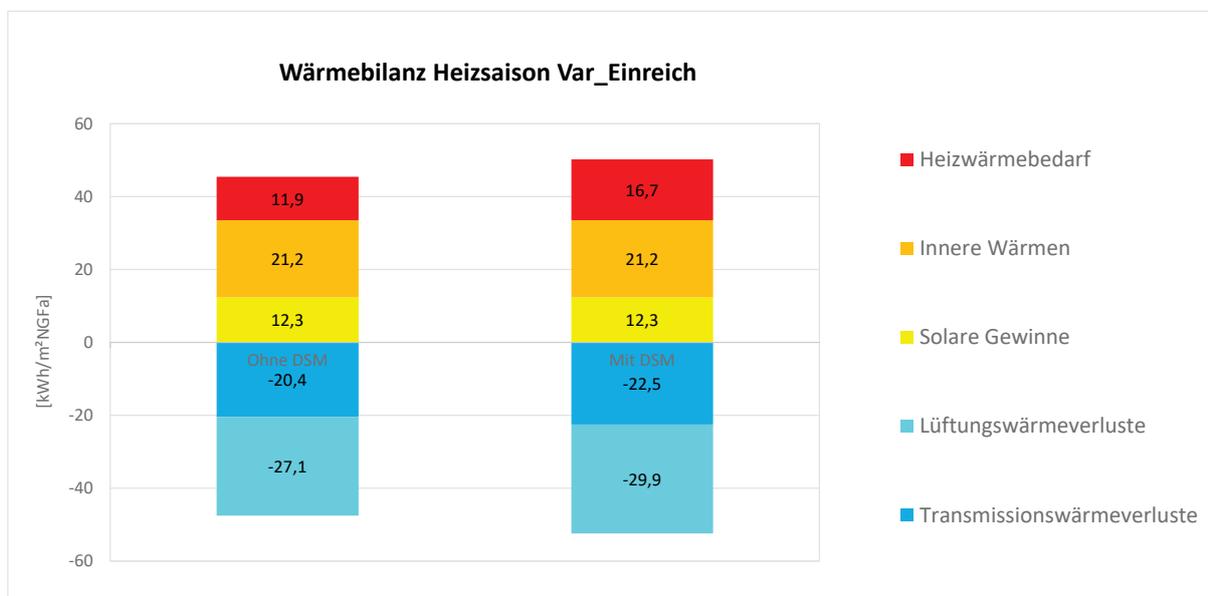


Abbildung 28: Var_Einreichung - Wärmebilanz der Heizsaison für die Varianten ohne und mit DSM

Das geplante Bauvorhaben, welche durch die Einreich-Variante abgebildet wird, zeichnet sich durch eine qualitativ hochwertige thermische Hülle aus, wobei die Mindestanforderungen übermäßig erfüllt werden. Die OIB-Variante (Anforderungen der Bauteile der thermischen Hülle durch die OIB-

Richtlinie 6) benötigt im Jahr dabei den höchsten Heizwärmebedarf, die Passivhaus-Variante (PH) den niedrigsten. Dazwischen ist die Einreich-Variante angesiedelt.

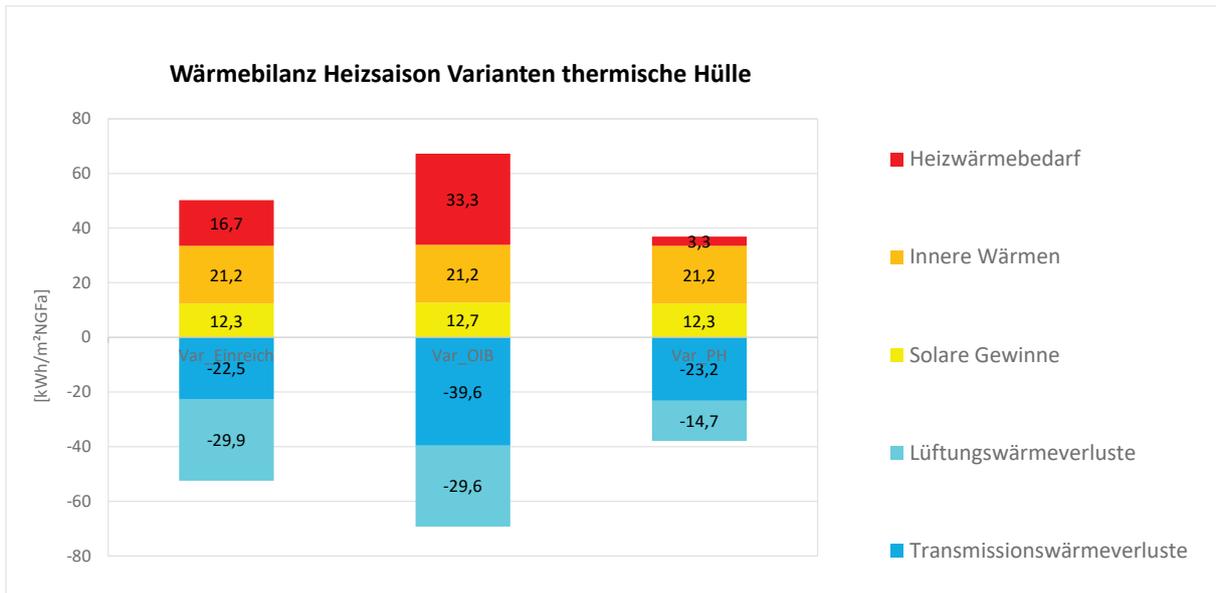


Abbildung 29: Wärmebilanz der Heizsaison der Varianten betreffend der thermischen Hülle (Var_Einreich, Var_OIB und Var_PH)

Im Sommerfall, wenn gekühlt werden muss, ist den Lasten aus inneren Wärmen (Personen, Geräte, Beleuchtung, usw.) und solarer Einstrahlung durch die verglasten Flächen durch die Einbringung von Kühlenergie gegenzuwirken (Abbildung 30). Hier zeigen sich geringere Unterschiede in verschiedenen Nutzungen, im Vergleich zum Heizwärmebedarf, wobei der höchste Kühlbedarf für die Handelsnutzung besteht.

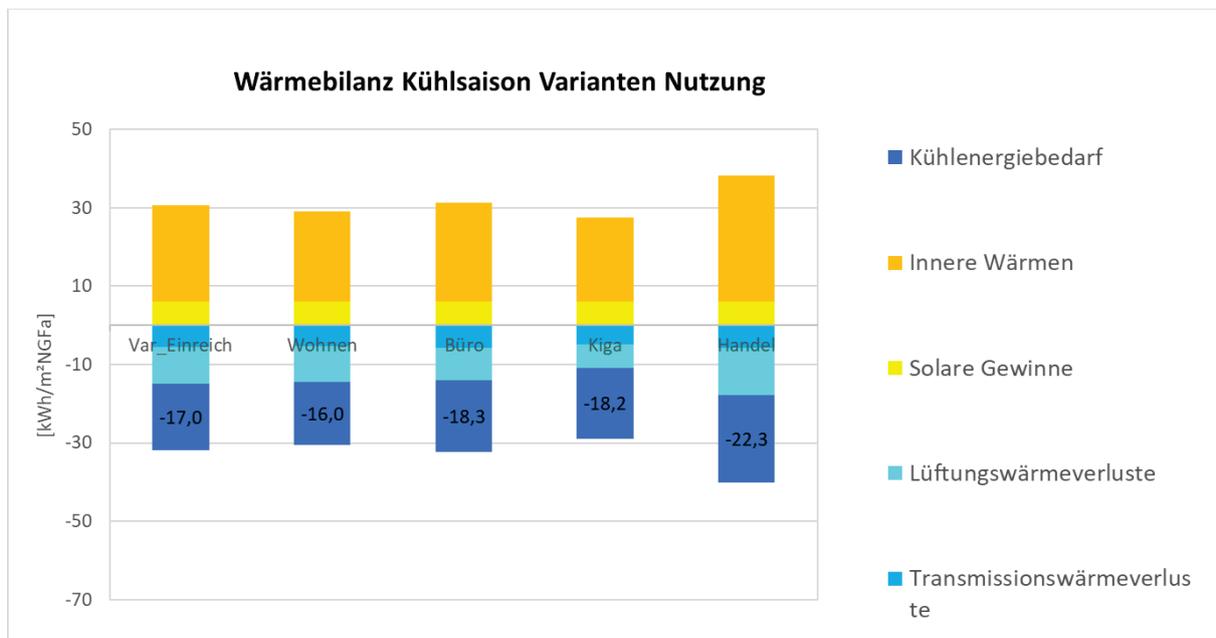


Abbildung 30: Wärmebilanz der Kühlsaison für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen

Wie auch für die Heizsaison, wird in der Kühleisaison bei Freigabesignalen von der PV-Anlage oder Netzdienlichkeit (durch WPS) vermehrt Kühleisnergie in den Raum abgegeben, wodurch auch in der Kühleisaison eine Speicherung in der Gebäudemasse (Betondecken) stattfindet. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste. Verglichen zur Variante ohne DSM wird deshalb ein höherer Kühlbedarf benötigt.

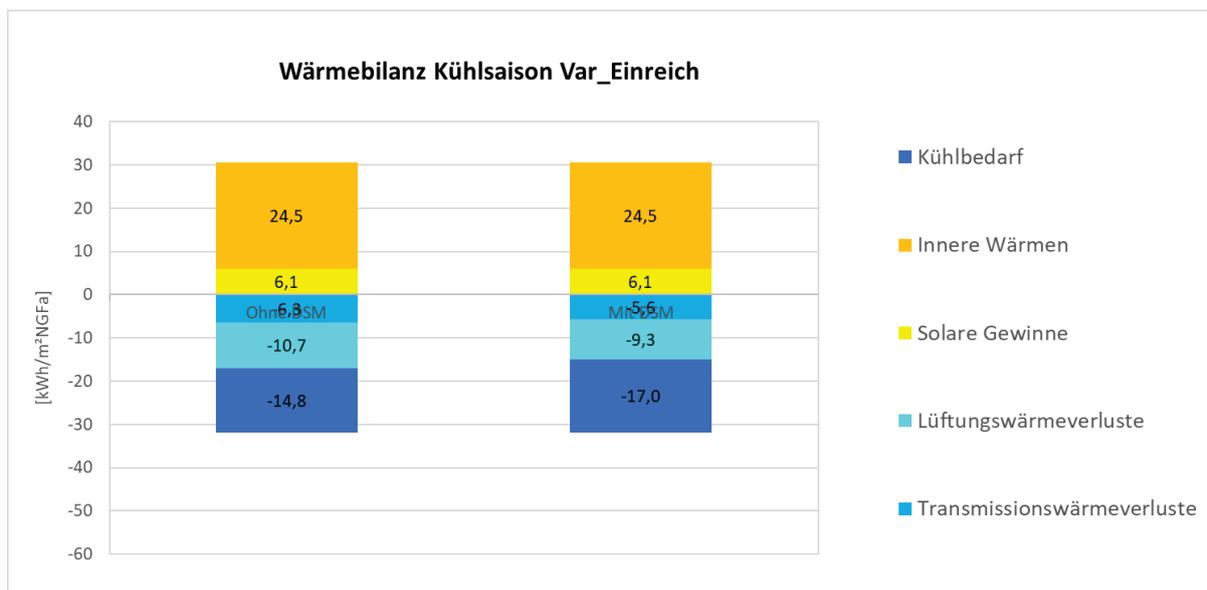


Abbildung 31: Var_Einreichung - Wärmebilanz der Kühleisaison für die Varianten ohne und mit DSM

Abbildung 32 zeigt den gesamtheitlichen Nutzenergiebedarf des Quartiers, für die Einreichvariante mit Nutzungsmischung und den monovalenten Nutzungsvarianten. Der hohe Wohnanteil im Quartier begründet die Nähe zum Bedarf der monovalenten Wohnnutzung.

Zu beachten ist hier, dass für die Wohnnutzung der Beleuchtungsenergiebedarf bereits im Nutzerstrombedarf enthalten ist. Für Wohnnutzung bestehen hier die höchsten Bedarfe, da einerseits ein höherer Heizenergiebedarf notwendig ist und andererseits auch ein erhöhter Warmwasserwärmebedarf besteht.

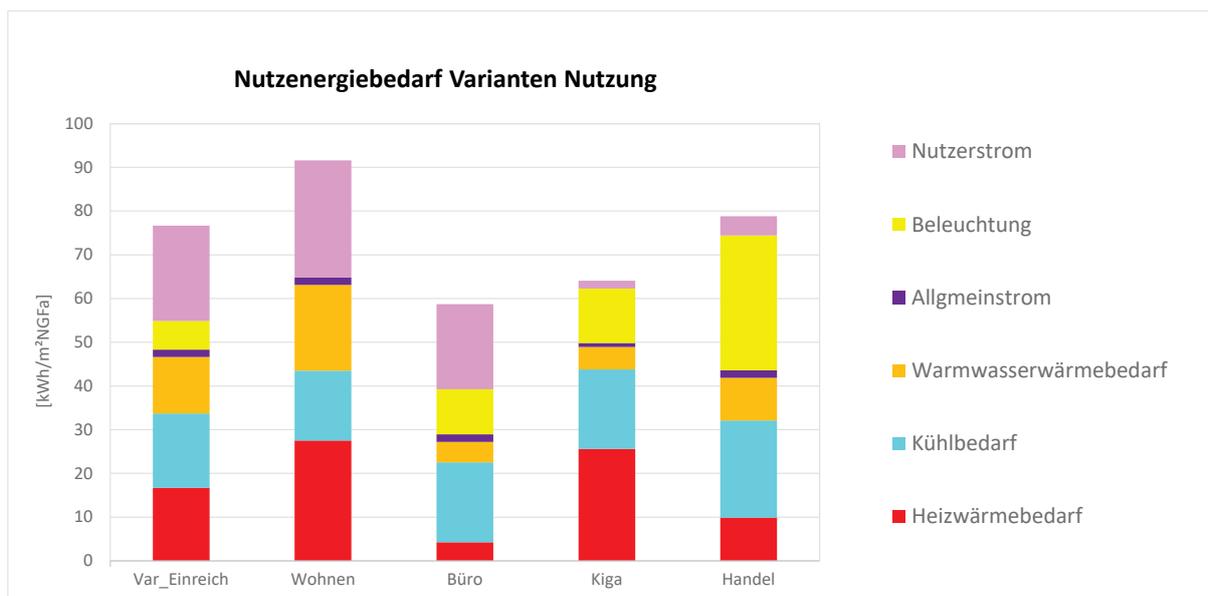


Abbildung 32: Nutzenergiebedarf für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen. Für die Nutzung Wohnen ist der Nutzenergiebedarf für Beleuchtung im Nutzerstrom enthalten. Die Nutzung Handel beschreibt eine Non-Food-Nutzung

Endenergie

Hinsichtlich Endenergie ergibt sich ein Gesamtbedarf von ca. 50 kWh/m²_{NGFa}. Hier besteht ein marginaler Unterschied zwischen den Bedarfen mit und ohne DSM (Abbildung 33). Dieser ist darauf zurückzuführen, dass die DSM Maßnahmen für Heizen und Kühlen greifen, wobei gleichzeitig der Haushalts- bzw. Betriebsstrombedarf mit 67% den mächtigsten Anteil am gesamten Endenergiebedarf einnimmt (Abbildung 34). Weiters ist zu erkennen, dass trotz Nutzung von Netzdienlichkeit, welche eine hemmende Wirkung auf die Nutzung von PV haben kann, dennoch mehr PV-Strom verwendet werden kann. Somit werden die PV-Überschüsse reduziert.

Dennoch wird der größte Anteil des Bedarfes durch konventionellen Netzstrom gedeckt. Dies ist ebenso auf den hohen Anteil des Haushalts- und Betriebsstrombedarfes (HHSB/BS) und dessen Nicht-Flexibilität zurückzuführen. Anders ist dies bei Betrachtung der Nutzungen Heizen und Kühlen. In der Heizsaison wird der Strombedarf der Wärmepumpe vorwiegend mit netzdienlichem Netzstrom gedeckt. In den Wintermonaten ist der Stromertrag durch die PV-Anlage weitaus geringer, als in den Sommermonaten, wodurch der dennoch vorhandene Stromertrag im Winter aufgrund der definierten Deckungsreihenfolge hauptsächlich für die Deckung von HHSB/BSB verwendet wird. Parallel besteht die meiste Erzeugung aus Windkraftanlagen in den Wintermonaten, wodurch es in diesen Monaten vermehrt zu Freigabesignalen kommt und netzdienlicher Netzstrom durch DSM genutzt werden kann. Im Sommerfall ist der Stromertrag aus der PV-Anlage hoch genug, dass nach der Deckung des HHSB/BSB immer noch PV-Strom für die Kühlung über die Wärmepumpe zur Verfügung steht. Aus diesem Grund wird bei der Kühl-Nutzung hauptsächlich PV-Strom, sekundär auch Netzdienlichkeitsstrom, verwendet (Abbildung 34).

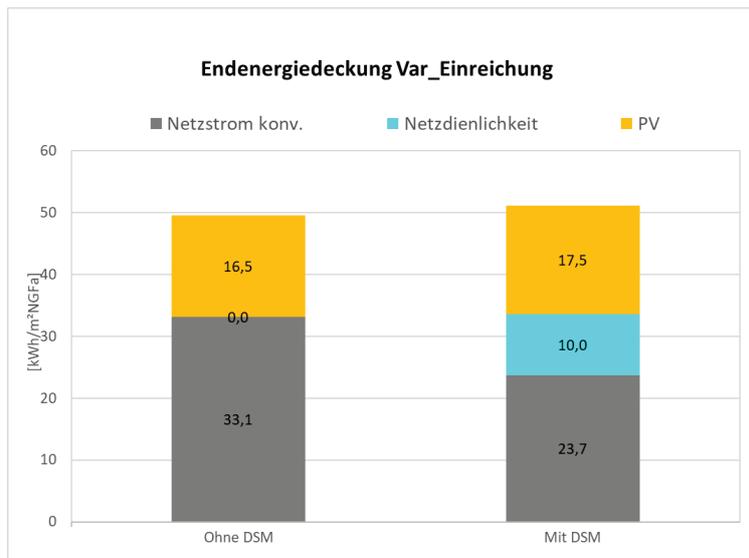


Abbildung 33: Endenergiedeckung Var_Einreichung

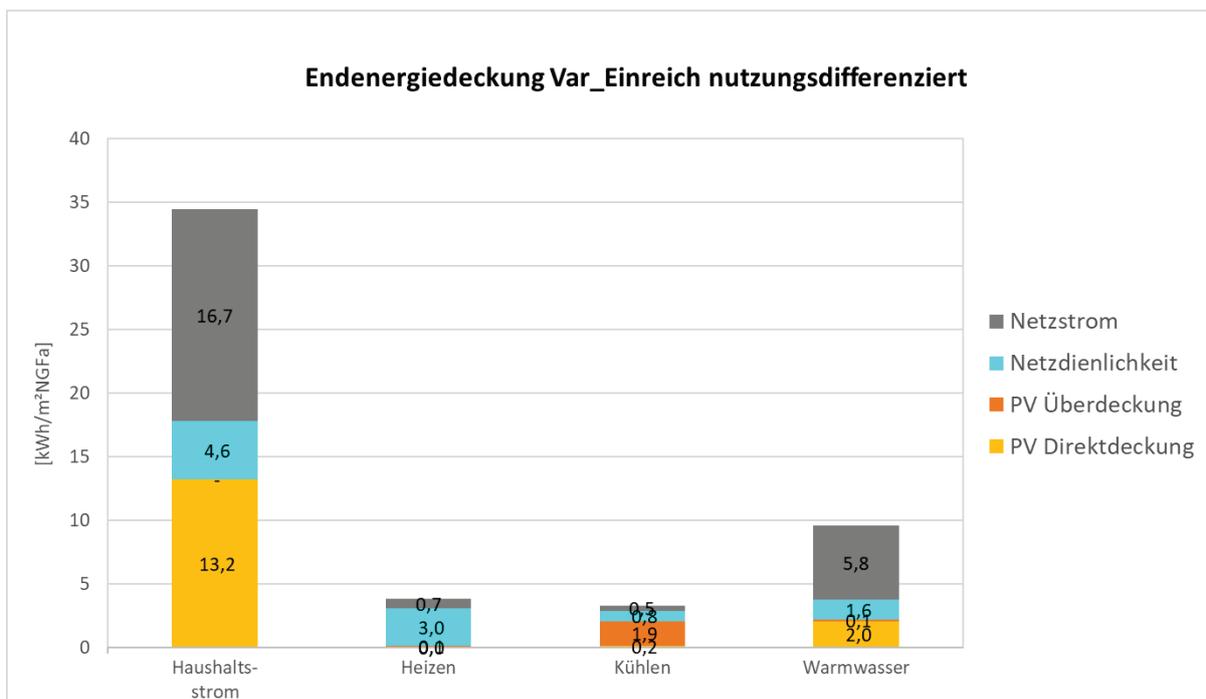


Abbildung 34: Endenergiedeckung Var_Einreich nutzungs-differenziert

Die dynamische Deckung in einem typischen Übergangsmontat ist in Abbildung 35 dargestellt. Deutlich wird der energieflexible Betrieb bei Wind Peak Shaving. Die PV Erträge können zu 100% im Gebäude und für Elektromobilität genutzt werden.

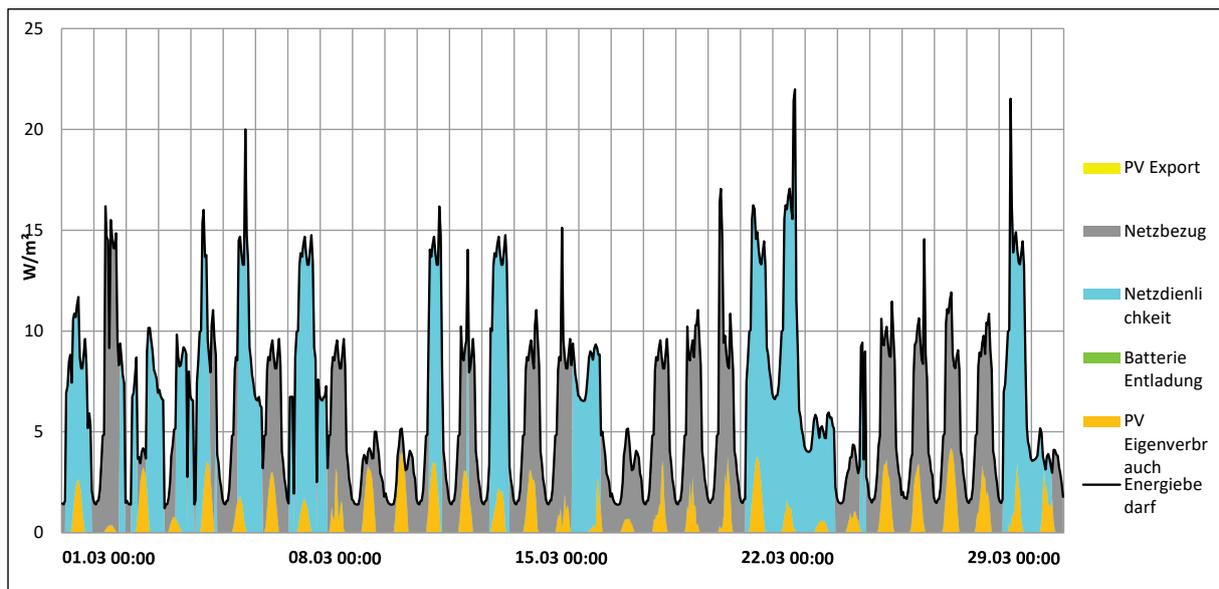


Abbildung 35: Darstellung der dynamischen Deckung der Einreichvariante Beta für den Monat März

Die in Abbildung 36 dargestellten Varianten der verschiedenen Nutzungen zeigen höhere spezifische Gesamtbedarfe bei Wohnen, Büro und Handel im Vergleich zur Mischnutzung der Einreich-Variante, da für diese Varianten ebenso DSM aktiviert ist. Im Vergleich dazu stehen die Ergebnisse aus Abbildung 37, in welchem die Bedarfe ohne DSM dargestellt sind.

Der höchste Anteil der genutzten Energie aus der PV-Anlage ergibt sich bei der Nutzungsvariante Wohnen, was durch die, im Vergleich zu den anderen Varianten, höheren Anteile der flexiblen Nutzungen Heizen und Kühlen entsteht.

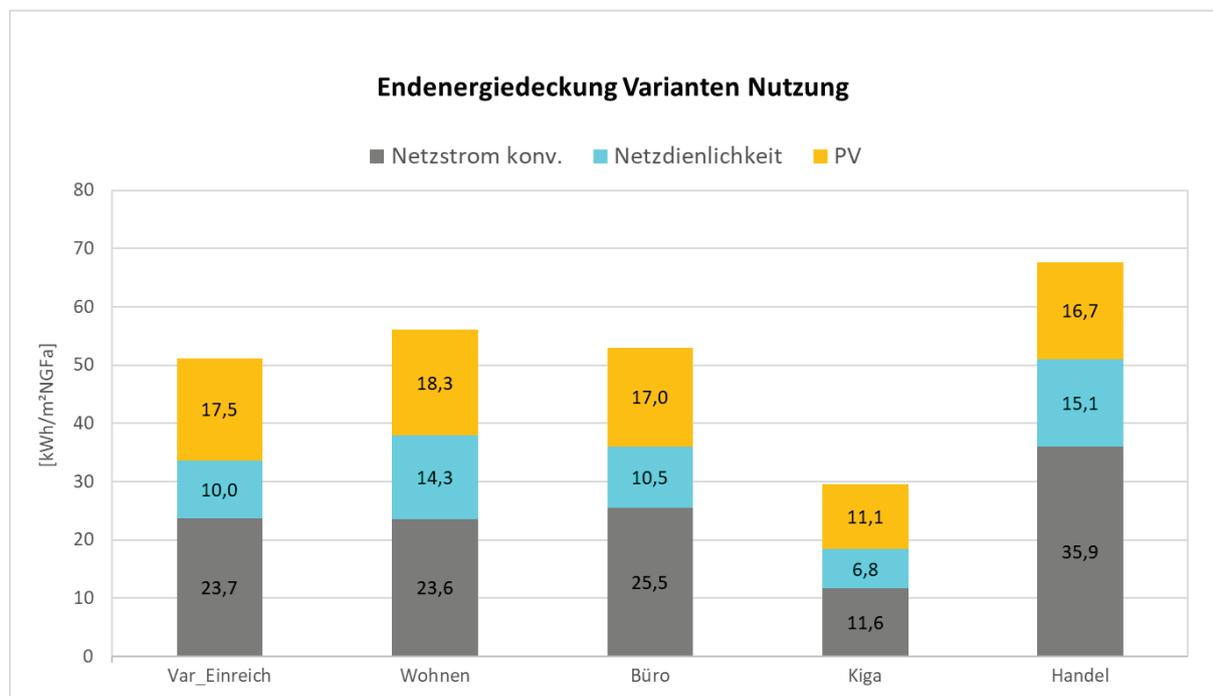


Abbildung 36: Endenergiedeckung Varianten der Nutzungen

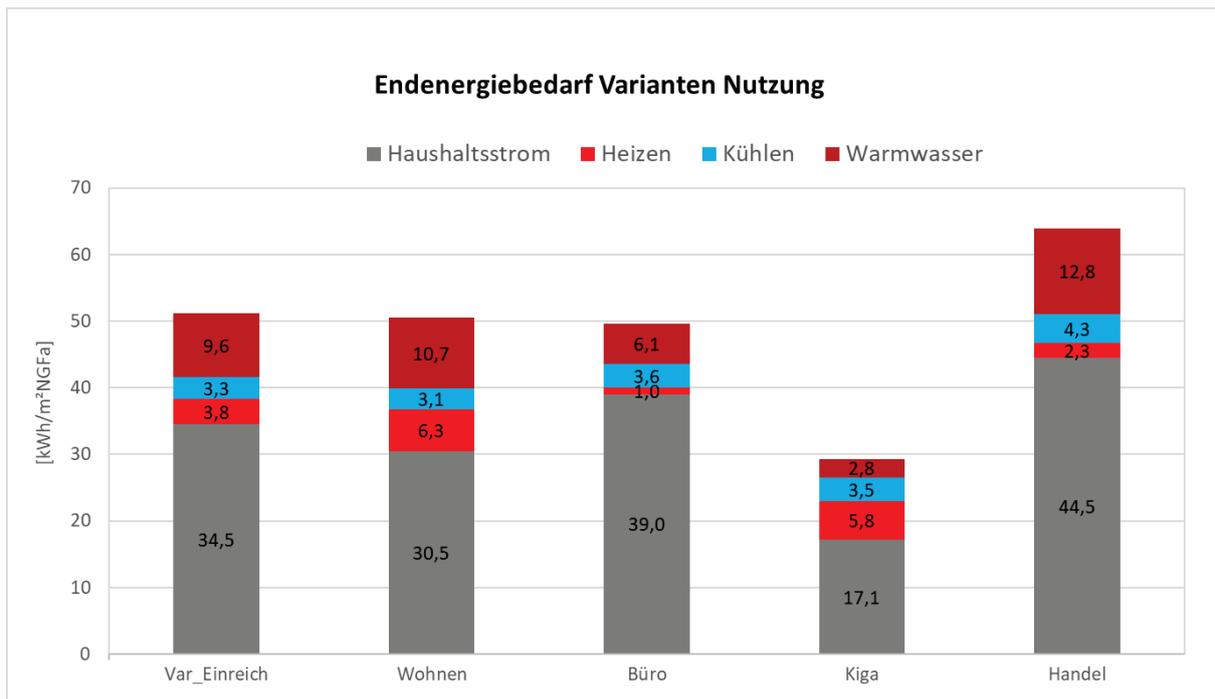


Abbildung 37: Endenergiebedarf Varianten der Nutzungen

Für die Varianten der thermischen Hülle fallen ebenso geringe Unterschiede im Gesamtendenergiebedarf auf, währenddessen jedoch bei der OIB-Variante ein deutlicher Unterschied der Endenergiedeckung auffällt (Abbildung 38) – es besteht ein geringerer Kühlbedarf und ein höherer Heizbedarf, als bei der Einreich-Variante (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Aus diesen Gründen wird bei der OIB-Variante vermehrt mit netzdienlichem Netzstrom (höherer Heizbedarf und gleichzeitig höhere Winderträge im Winter) und in geringeren Maßen mit PV-Strom (geringerer Kühlbedarf und gleichzeitig höhere Solarerträge im Sommer) gedeckt.

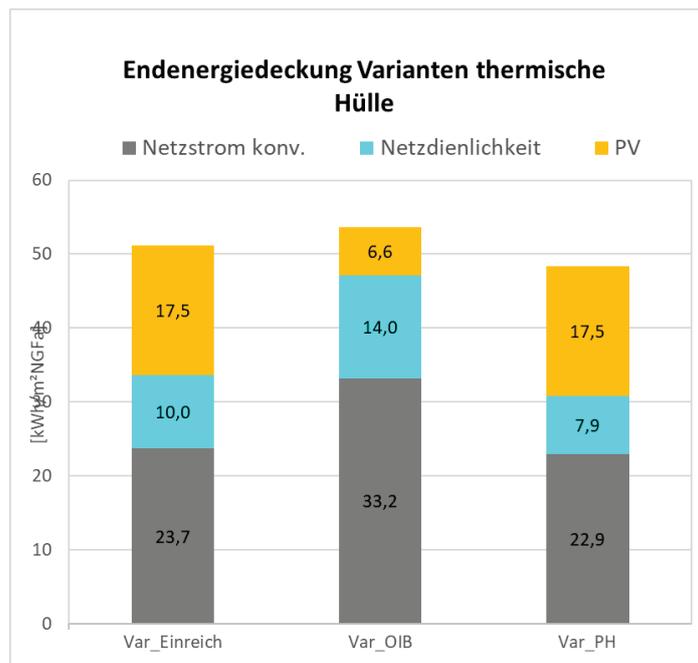


Abbildung 38: Endenergiedeckung Varianten der thermischen Hülle

Der Vergleich der monovalenten Warmwasser-Varianten in Abbildung 39 macht Unterschiede in der Erzeugung und Verteilung deutlich. Mit $12,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$ benötigt die Variante mit dezentralen Elektro-Speichern den höchsten Endenergiebedarf, da das Warmwasser zwar dezentral, jedoch rein mit Strom bereitet wird. Varianten mit zwischengeschalteten Wärmeeerzeugungsmaschinen (Wärmepumpe), ob dezentral oder zentral, haben hier energetische Vorteile. Vor allem bei der Variante der dezentralen Frischwasserstationen können endenergetische Einsparungen mit einem Wert von $3,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{NGF}\cdot\text{a})$ erzielt werden. Allgemein entfällt bei dezentralen Varianten die Energieaufbringung der Verteilung (und ggf. der Zirkulation). Gleichzeitig sind geringere Temperaturanforderungen notwendig, da in diesen Fällen mildere hygienische Rahmenbedingungen notwendig und einzuhalten sind.

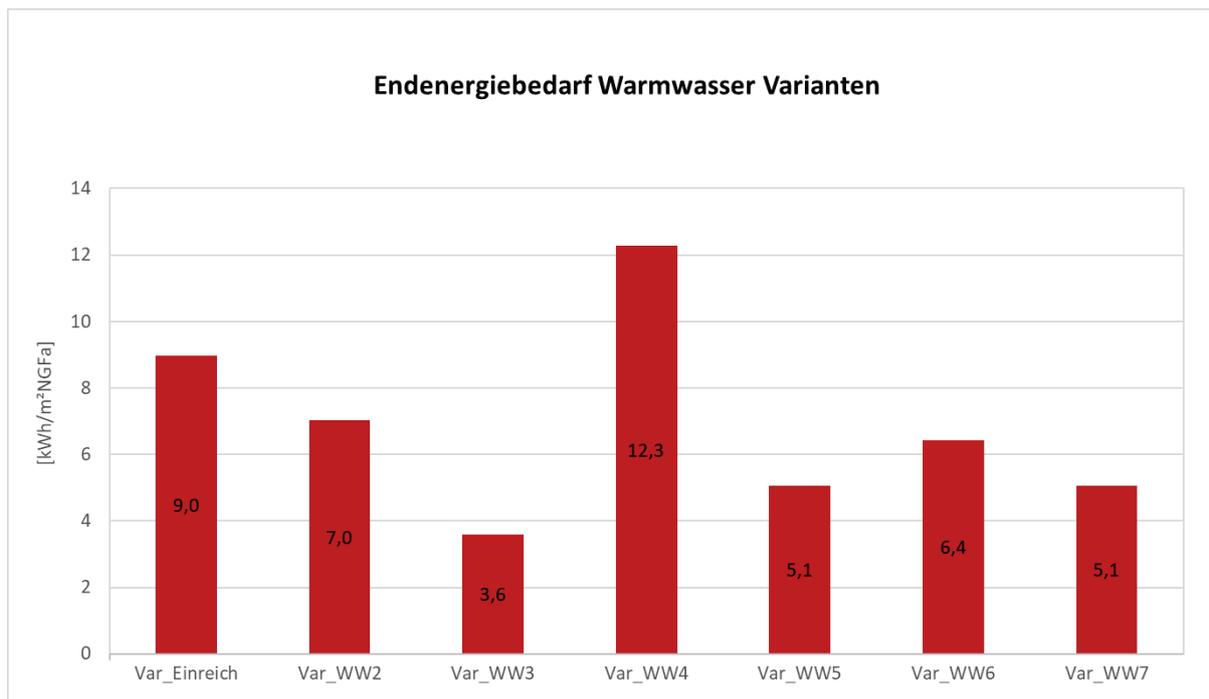


Abbildung 39: Endenergiebedarf Warmwasser-Varianten

Die PV-Varianten unterscheiden sich in ihren installierten Leistungen nur gering, dementsprechend ergeben sich auch geringe, aber dennoch ersichtliche, Unterschiede in der Endenergiedeckung – durch höhere PV-Leistungen kann absolut gesehen mehr PV-Energie verwendet werden. Trotzdem können höhere Überschüsse in das elektrische Netz entstehen. Im Gegensatz fällt die Deckung durch Netzdienstleistungsstrom bei größeren PV-Anlagen.

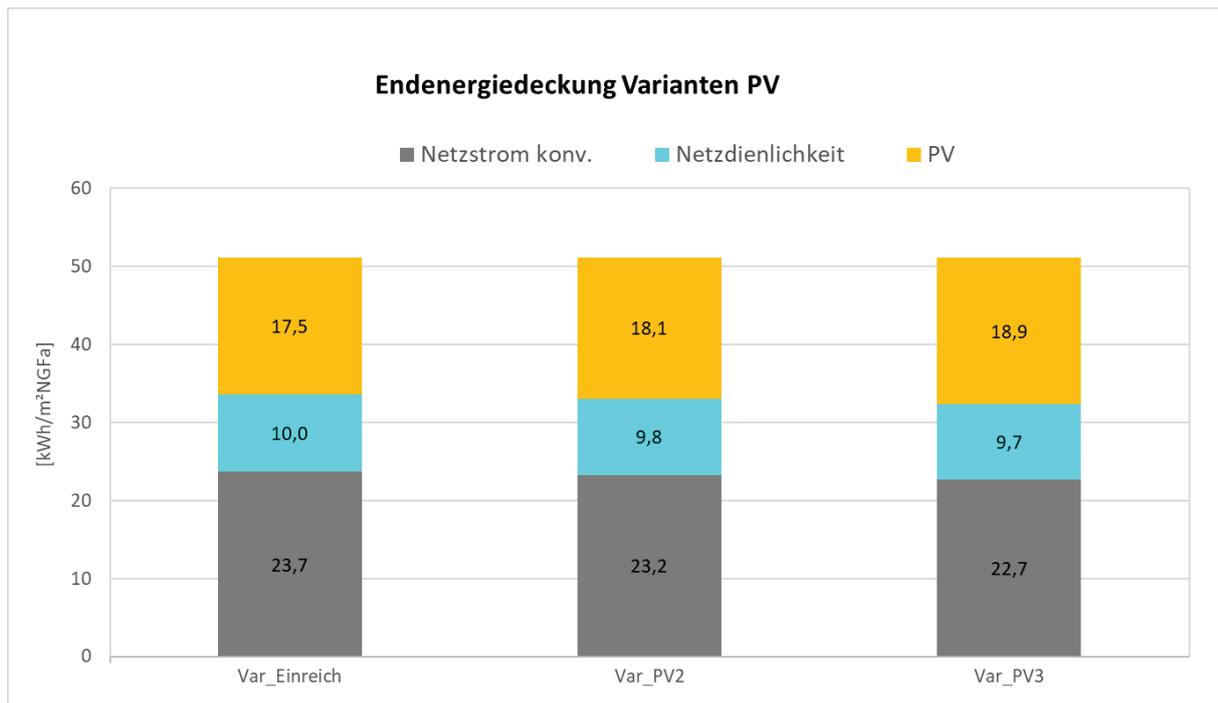


Abbildung 40: Endenergiedeckung der PV-Varianten

Die entwickelte Einreichvariante kann den PEQ Alpha Standard deutlich erfüllen, wie Abbildung 41 dargestellt. Durch die hocheffiziente Bauweise mit intelligenter Nutzung der lokalen erneuerbaren

Quellen kann der Bedarf gedeckt werden. In der OIB Variante muss ein relativ hoher Anteil durch konventionellen Netzstrom und Fernwärme gedeckt werden.

In der Passivhausvariante ist die Unterschreitung noch deutlicher. Deutlich ist auch, dass der PV Überschuss sehr gering ist, was für die Qualitäten des energieflexiblen Betriebs des Quartiers spricht.

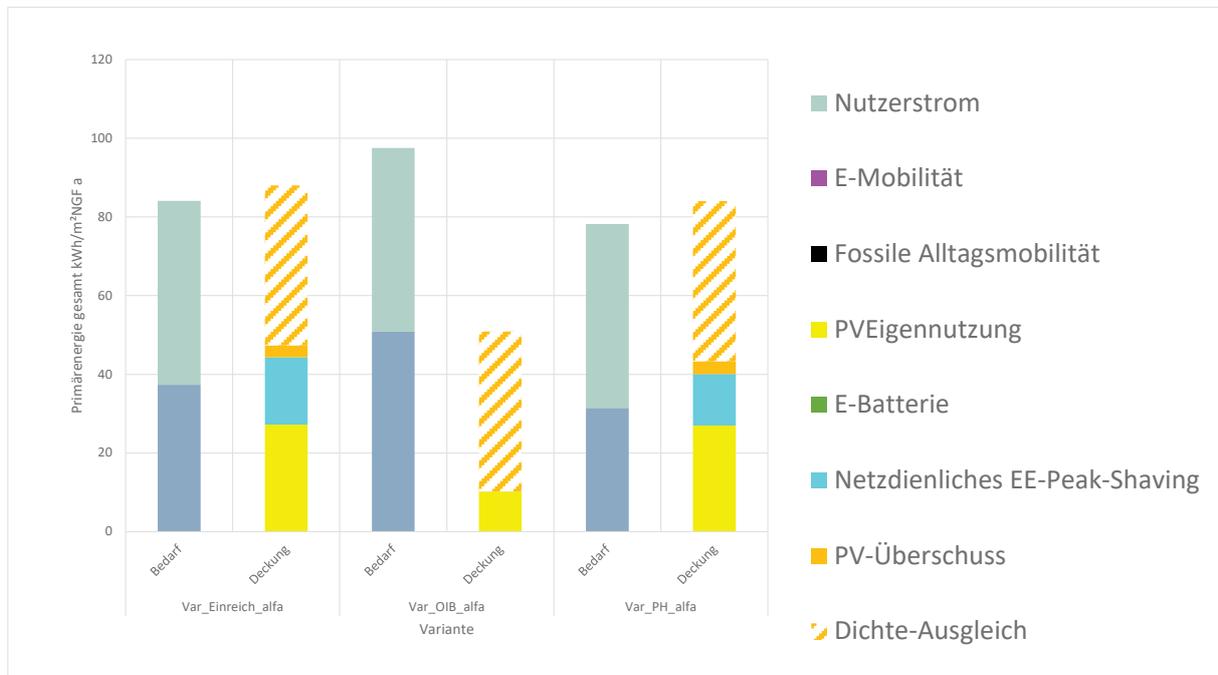


Abbildung 41: Primärenergiebedarf gesamt für die Systemgrenze Alpha (energetische Gebäudedienstleistungen inkl. Nutzer*innenstrom). Der Bedarf wird mit konventionellen Energieträgern berechnet.

Wird auch die private motorisierte Alltagsmobilität mitberücksichtigt (Systemgrenze PEQ Beta), so ist durch die Mobilitätsmaßnahmen wie Stellplatzreduktion etc., aber auch durch die durch die Ladestationen angenommenen e-Mobilitätsanteil ein insgesamt niedriger Gesamtbedarf an MIV möglich. Eine PV Einspeisung ist nunmehr auch in den effizienten Varianten deutlich niedriger, da durch den energieflexiblen Betrieb auch im Sommer annähernd der gesamte Strom im Quartier selbst verbraucht wird. Dies erhöht zudem die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

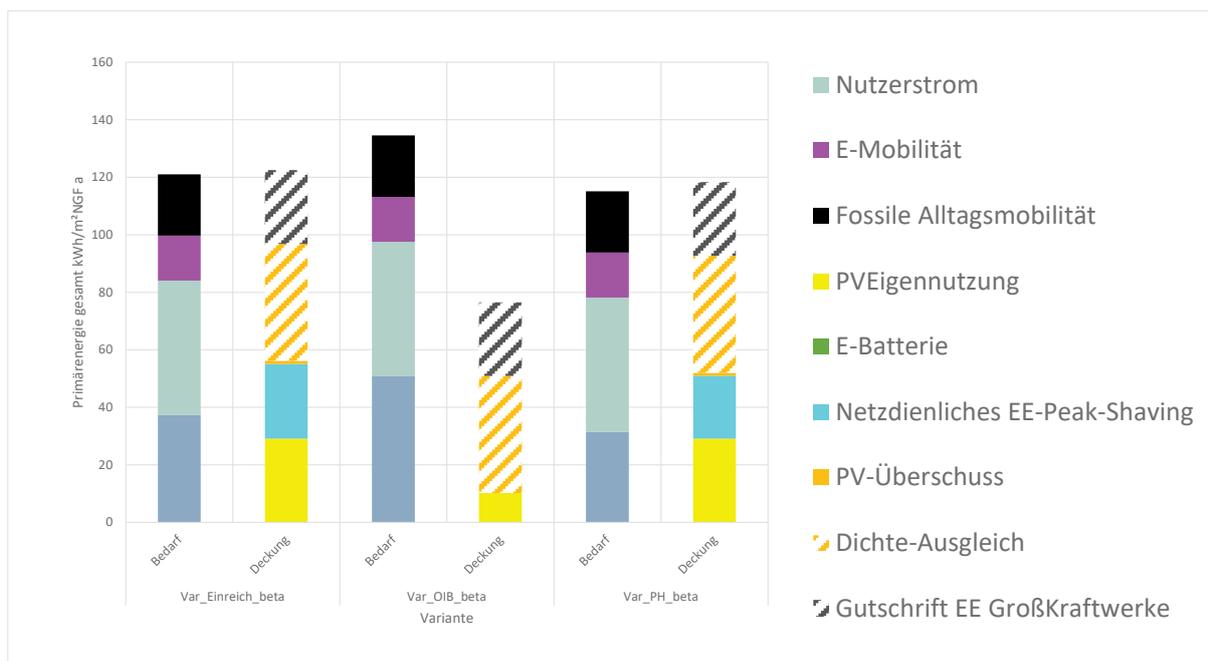


Abbildung 42: Primärenergiebedarf gesamt für die Systemgrenze Beta (inkl. motorisierte individuelle Alltagsmobilität)

Die Einhaltung der PEQ Qualitätsanforderungen für die Systemgrenzen Alpha und Beta ist für die Einreichvariante deutlich erfüllt. Die Ergebnisse für die Schale PEQ Omega inkl. wird im Kapitel dargestellt.

7.3 (Mögliche) Batteriespeicher Pilzgasse

7.3.1 Speicherdimensionierung nach energietechnischen Kennzahlen

Im Zuge der Planungsunterstützung für das Projekt Pilzgasse wurde die Speicherung von Windstromüberschüssen aus wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen. Grund ist die geringe Ersparnis von 2cent/kWh auf den Energiearbeitspreis, welche den Speicherkosten¹⁹ gegenüberstehen. Die Speicherung von PV-Überschüssen erzielt deutlich höhere Ersparnisse von 11 Cent/kWh (Stand 2021: 15 Cent/kWh Strompreis – 4 Cent/kWh Einspeisevergütung), weshalb diese zur Dimensionierung des Batteriespeichers herangezogen werden - also Beladung des Batteriespeichers ausschließlich durch PV-Überschüsse. Aufgrund des ohnehin hohen Eigenverbrauchs durch die Nutzung der Gebäudemasse als thermischer Speicher, ergibt sich eine geringe jährliche PV-Überschusseinspeisung.

Aus einer im Vorfeld durchgeführten Sensitivitätsanalyse verschiedener Speicherkapazitäten konnte festgestellt werden, dass Kapazitäten von 300, 500 und 700 kWh obgleich ihrer guten durchschnittlichen Vollzyklen pro Tag (FEC/d) unwirtschaftlich sind (Schindler et al. 2021). Seitens der Planung wurde dennoch vorgeschlagen einen Speicher mit ca. 60 kWh vorzusehen, um Erfahrungen im Betrieb sammeln zu können. Demnach wurden die in Tabelle 27 und Tabelle 28 angegebenen Speicherkapazitäten gewählt. Die Auswahl der LFP- und Na-Ion-Technologie wurde auf Basis der in

¹⁹ Die **Speicherkosten** geben an, wie viel eine gespeicherte Kilowattstunde über einen Lebenszyklus kosten.

Kapitel 5.4.2 beschriebenen technologischen Charakteristiken getroffen. Die energietechnische Auslegung basiert ebenso auf den in Kapitel 5.5.1 erläuterten Kennzahlen: Eigenverbrauch und durchschnittliche Vollzyklen pro Tag (FEC/d), weswegen auch über die von Seiten der Planung vorgeschlagenen Speicherkapazität hinausgehende Kapazitäten mitberücksichtigt wurden.

Tabelle 27: Allgemeine Angaben zu LFP Zellen (Hellpower 2021)

	LFP				
Kapazität in kWh	60	90	120	150	180
Ladeleistung in kW	10	15	20	20	35
Entladeleistung in kW	10	15	20	20	35
Systemeffizienz in %	85	85	85	85	85
Zyklusfestigkeit in FEC20	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
Lebensdauer in Jahre	15	15	15	15	15

Tabelle 28: Allgemeine Angaben zu Na-Ion Zellen (Bluesky-Energy 2021)

	Na-Ion				
Kapazität in kWh	60	90	120	150	180
Ladeleistung in kW	11,2	19,2	22,4	22,4	32,1
Entladeleistung in kW	11,4	17,1	22,8	24	34,2
Systemeffizienz in %	80	80	80	80	80
Zyklusfestigkeit in FEC	3.750	3.750	3.750	3.750	3.750
Lebensdauer in Jahre	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5

Folglich wurde das Plus-Energie-Excel-Tool anhand der gewählten Batteriespeichergrößen kalibriert. Die mit den Simulationsergebnissen berechneten Kennwerte sind in Abbildung dargestellt und liefern nachstehende Erkenntnisse:

- Je größer der Batteriespeicher, desto höher der Eigenverbrauch. Demnach ist der 180 kWh Batteriespeicher zu empfehlen.
- Je höher der FEC/d-Wert, desto besser ist die Speichernutzung bzw. Zyklierung, demnach 90 kWh.

Allerdings werden in allen Varianten nur sehr niedrige Werte an durchschnittlichen Vollzyklen pro Tag erzielt (Zielwert ist ca. 1 FEC/d). Das bedeutet, dass die gewählten Speicher nicht ausreichend zyklisiert werden und dadurch einen hohen Anteil an kalendarischer Degradation aufweisen. Dies könnte auf folgende Gründe zurückzuführen sein:

1. Das Stromprofil des Verbrauchs fällt gut mit jenem der Erzeugung zusammen. Daraus ergeben sich ein ohnehin hoher Eigenverbrauch und wenig PV-Überschüsse zur Speicherung.
2. Ein Großteil der PV-Überschüsse kann nicht gespeichert werden, da die Ladeleistung des Batteriespeichers zu gering ist.

²⁰ FEC = „Full-Equivalent-Cycles“ oder auch Vollzyklen

Wie könnte ein Optimum bzgl. FEC/Tag ermittelt werden?

- Durch eine erneute Sensitivitätsanalyse (Variation der Leistung zu den gewählten Kapazitäten).
- Für die Salzwasserbatterien von Bluesky-Energy ist eine Variation nicht möglich, da es sich um ein Komplettsystem handelt – die maximale C-Rate²¹ meist unter 0,2 liegt, da die Leistungsfähigkeit der Na-Ion-Technologie gering ist.
- Für die LFP-Batterien von Hellpower ist eine Variation möglich, da hier kein Komplettsystem vorliegt und es im Allgemeinen sehr leistungsfähige Technologie ist – Leistungsbegrenzung erfolgt aber durch den Wechselrichter.

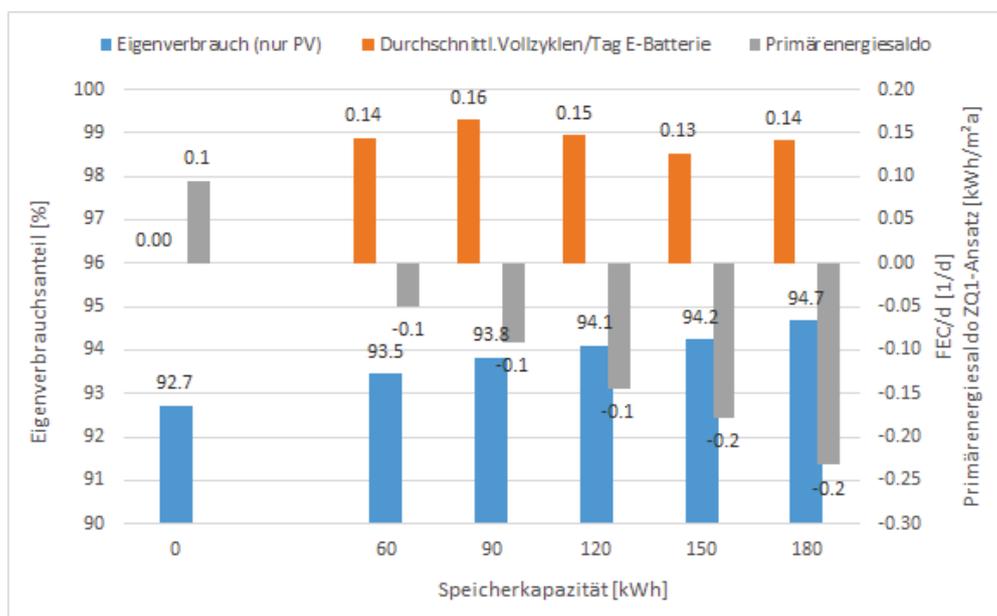


Abbildung 43: Simulationsergebnisse der gewählten Speicherkapazitäten aus Plus-Energie-Excel-Tool

7.3.2 Speicherdimensionierung nach Wirtschaftlichkeit

Die Basis der Speicherdimensionierung nach Wirtschaftlichkeit bildet eine Life-Cycle-Costing-Analyse (LCC). Diese werden den Ersparnissen aus den jährlichen Stromkosten gegenübergestellt.

Für die LCC-Analyse wurden auf Empfehlung des Pilzgassen-Planungsteams (aus wirtschaftlichen Gründen) 60 kWh und 90 kWh auf Basis der Dimensionierung nach FEC/d herangezogen. Grund sind die niedrigen FEC/d-Werte, welche auch bei höheren Kapazitäten auf nur geringe Ersparnisse im Betrieb schließen lassen. Um einen Batteriespeicher dennoch wirtschaftlich darzustellen, bedarf es möglichst geringer LCC. Für die LCC-Analyse wurden folgende Annahmen getroffen:

- Betrachtungszeitraum 30 Jahre
- Investitionskosten ohne-, mit OEMAG- und mit Demo-Projekt-Förderung
- Zelltausch am Ende der Lebensdauer mit reduzierten Zellkosten durch Prognosen

²¹ C-Rate = Lade- bzw. Entladeleistung zu Kapazität

Durch die OEMAG-Förderung werden die ersten 50 kWh mit 200 €/kWh bzw. max. 30% der Investitionskosten gefördert. Dies entspricht einer Fördersumme von 10.000 €, welche von den Investitionskosten abgezogen werden.

Die Demo-Projekt Förderung wurde im Antrag „ZQ3Demo“ mit 50% von 60.000 € angegeben, sprich 30.000 €. Liegen die Investitionskosten über oder unter 60.000€ wird ebenfalls mit 50% Investitionskostenförderung gerechnet.

Für den Zelltausch am Ende der Lebensdauer wurde eine prognostizierte Reduktion der Zellkosten berücksichtigt. In Abbildung werden dazu Zellkosten der NMC-Technologie aus der Vergangenheit den Prognostizierten (Statista 2020 und Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI 2020) gegenübergestellt. Auffällig ist die massive Preisreduktion von 600 €/kWh auf unter 200 €/kWh zwischen 2010 und 2020, die Großteils auf die Elektromobilität zurückzuführen ist.

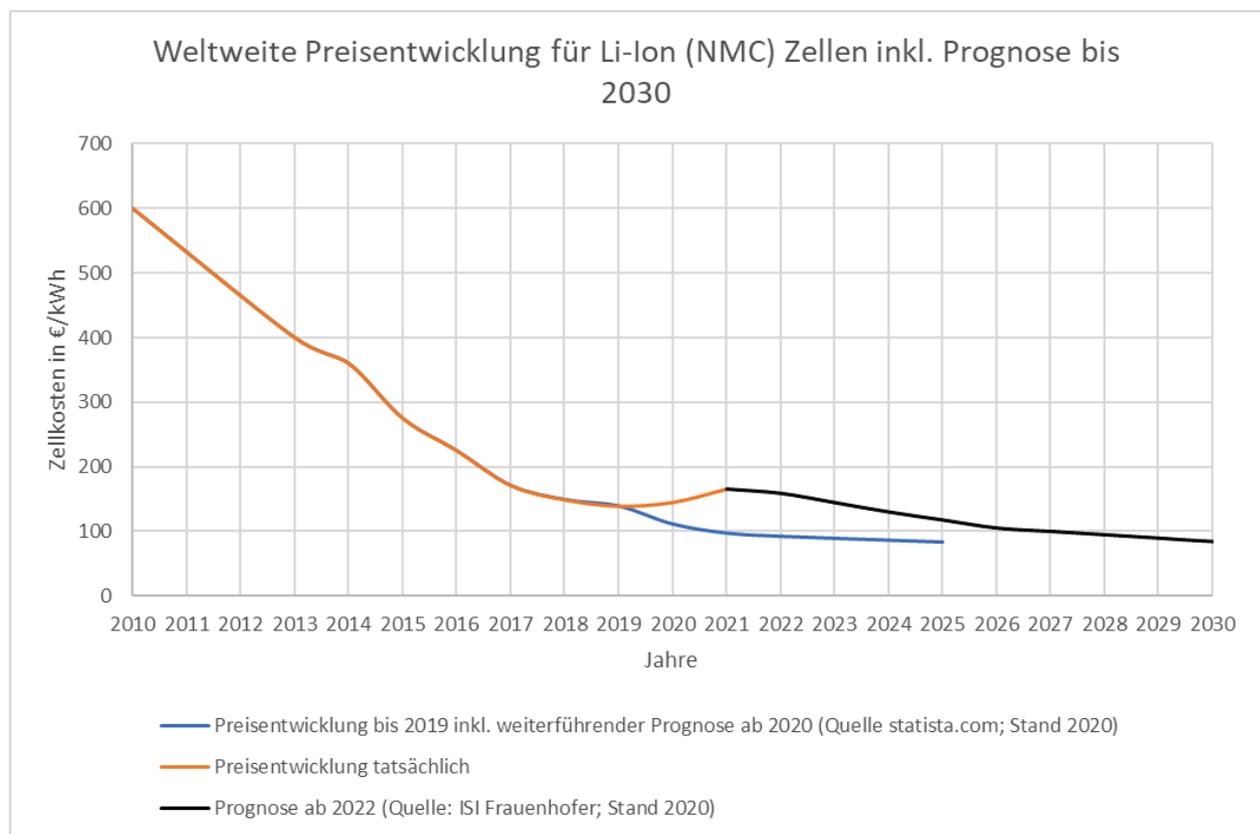


Abbildung 44: Weltweite Preisentwicklung für Li-Ion (NMC) Zellen inkl. Prognose bis 2030 (Eigene Darstellung basierend auf Statista 2020, Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI 2020)

Laut dem Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI (2020) wird eine ähnliche Reduktion der Zellkosten für die LFP-Technologie erwartet, siehe Abbildung 44. Eine etwas geringere Reduktion wurde für die Na-Ion Batterien, in Absprache mit einem Hersteller angenommen (Bluesky-Energy 2021).

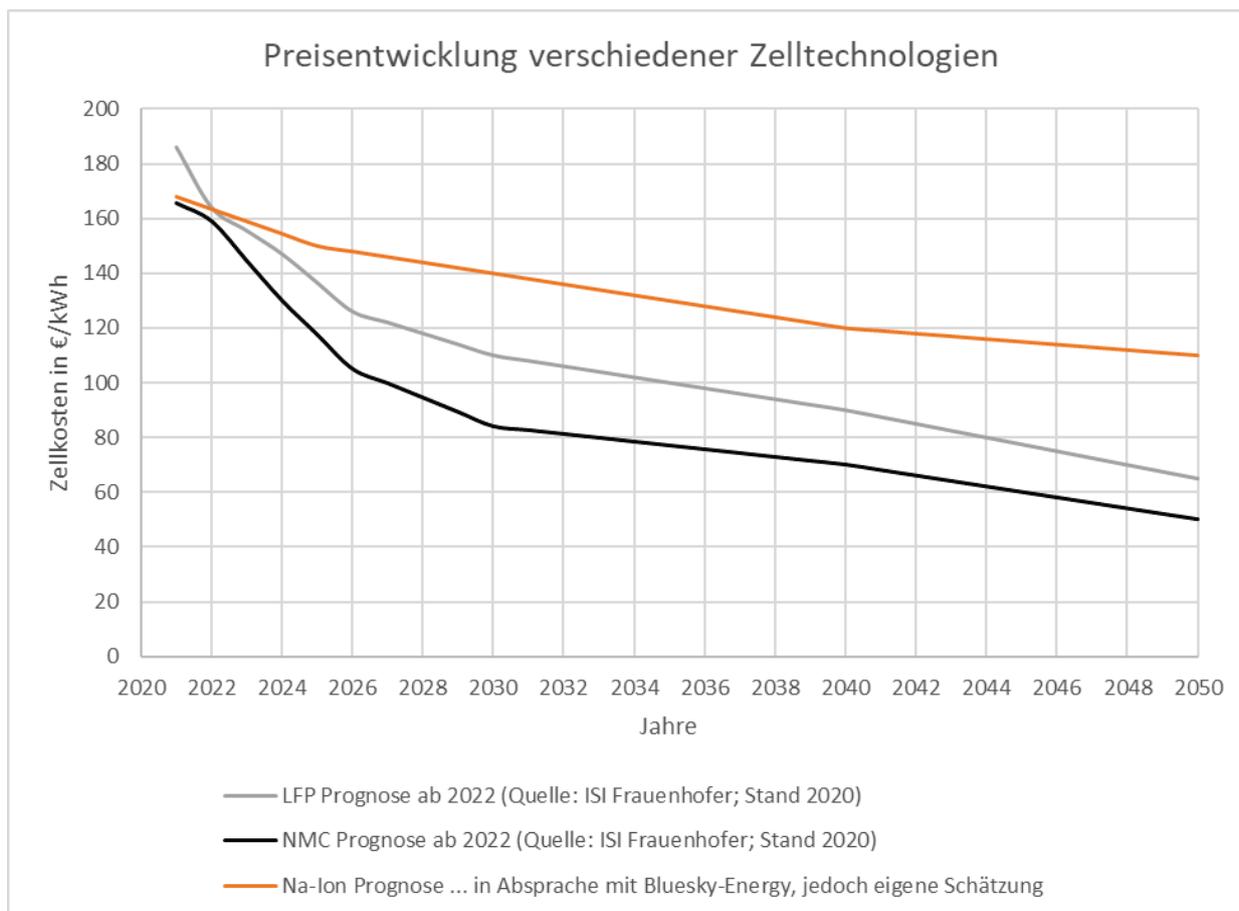


Abbildung 45: Prognostizierte Zellkostenreduktion verschiedener Technologien (Eigene Darstellung basierend auf Statista 2020, Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI 2020)

In Abbildung 46, Abbildung 47 und Abbildung 48 werden die LCC-Analysen für die gewählten Speicherkapazitäten (60 kWh und 90 kWh) ohne, mit OEMAG- und mit DEMO-Projekt-Förderung dargestellt. Dabei wurden folgende Kosten berücksichtigt:

1. Investitionskosten
 - a) Speichersystem (Zellmodule, Wechselrichter & Steuermodul)
 - b) Transport
 - c) Installation und Inbetriebnahme
 - d) Abzüglich Förderung
2. Wartungs- und Reparaturkosten
3. Anfallende Kosten durch den Tausch des Speichersystems am Ende der Lebensdauer
4. Entsorgungskosten bzw. Erlöse (laut österreichischer Batterieverordnung (2021) sind Hersteller verpflichtet die Batterien kostenlos zurückzunehmen)

Aus den dargestellten LCCA's lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Die niedrigeren Investitionskosten des LFP Systems werden durch Wartungs- und Reparaturkosten kompensiert.
- Das Na-Ion-System ist frei von Wartungs- und Reparaturkosten, jedoch weist es eine geringere erwartete Lebensdauer auf, daher ist ein früherer Zelltausch erforderlich.

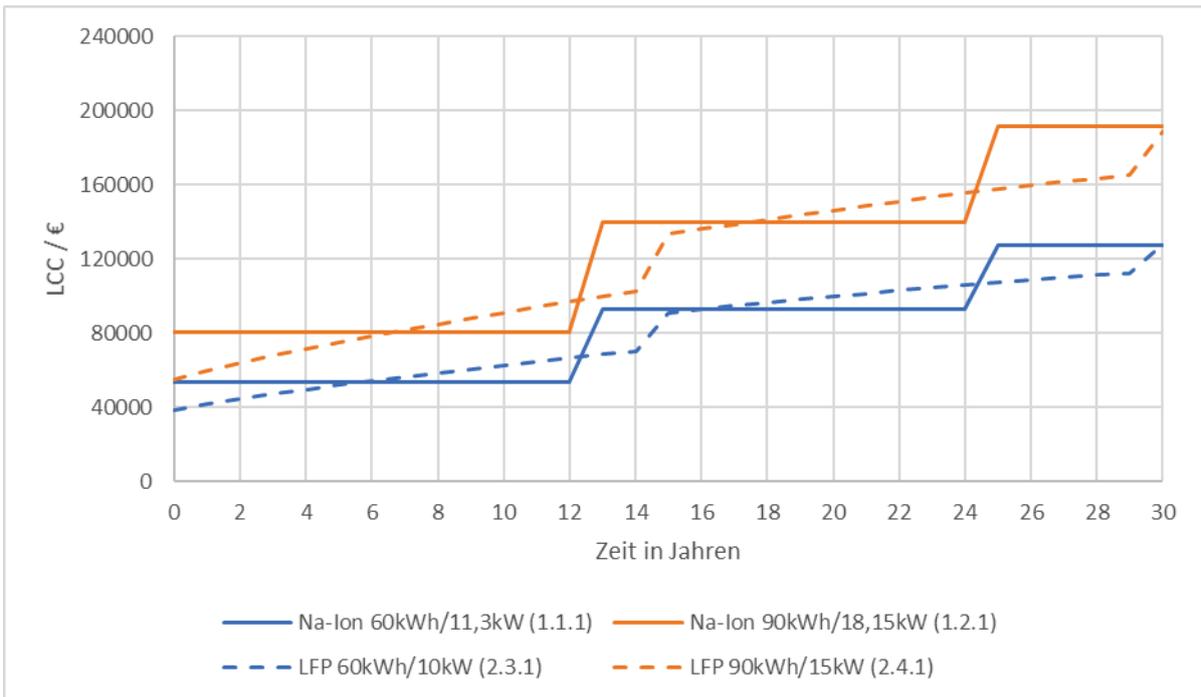


Abbildung 46: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP); ohne Förderung

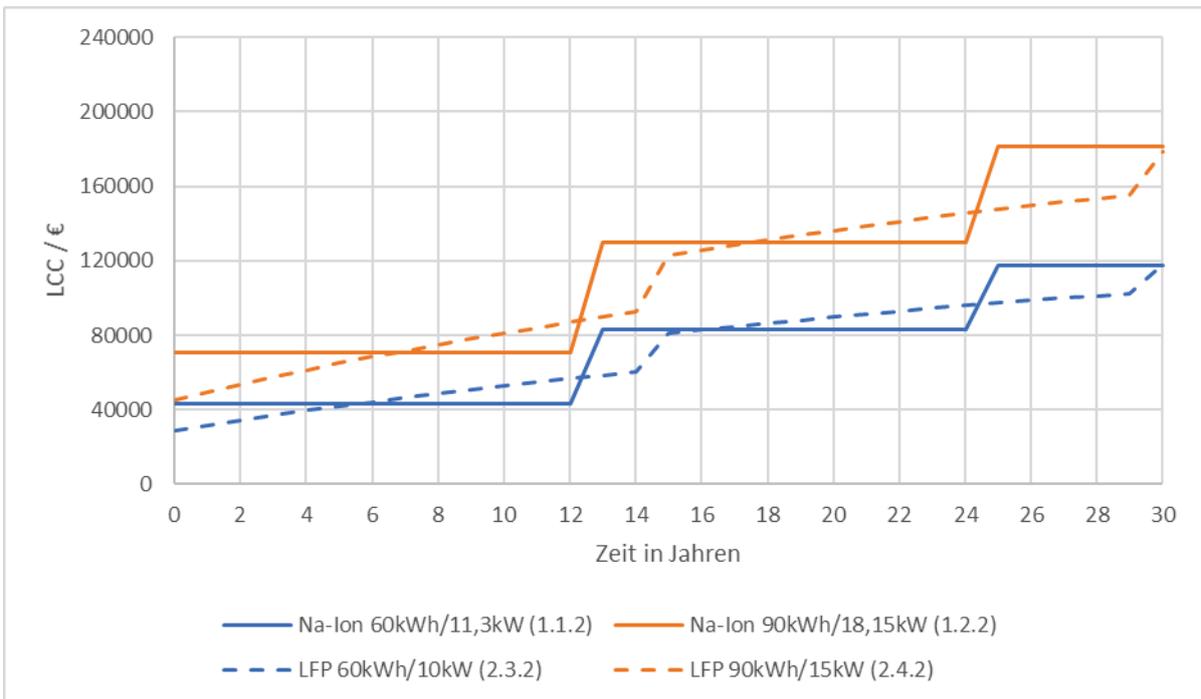


Abbildung 47: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP) inkl. OEMAG Förderung

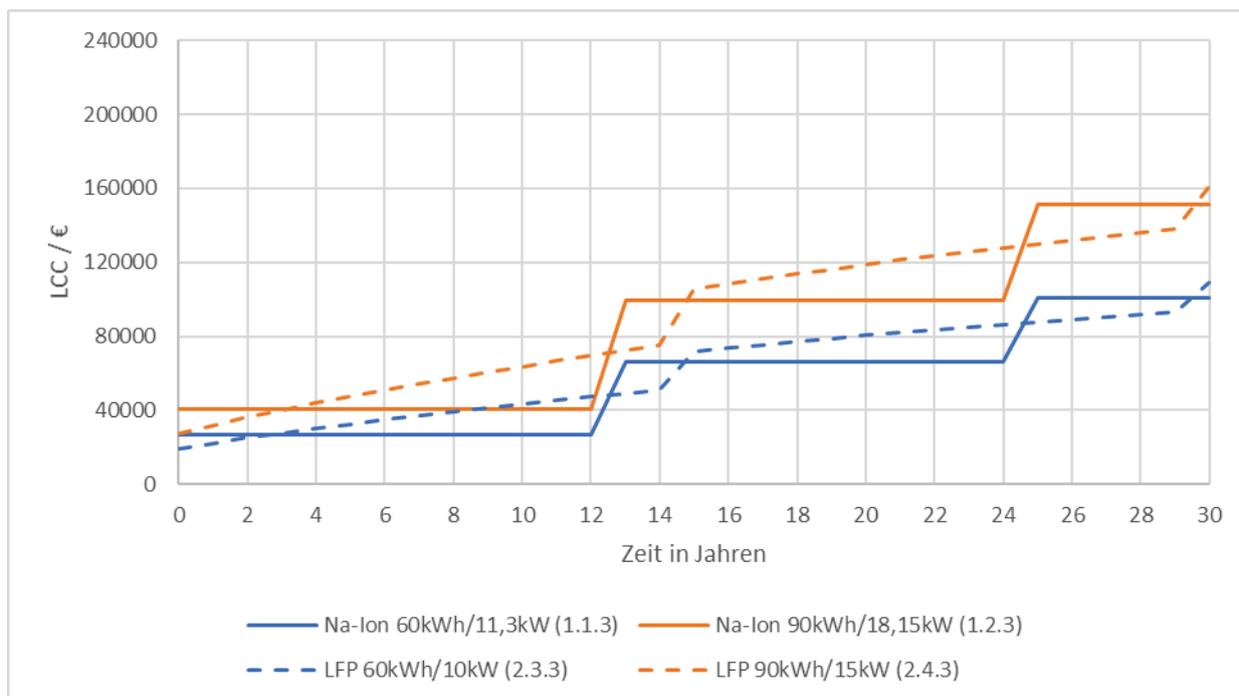


Abbildung 48: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP); DEMO-PROJEKT Förderung

7.3.3 Wirtschaftlichkeit anhand kumulierten Cashflows

Die Investition in einen Batteriespeicher ist wirtschaftlich, wenn die innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens erwirtschafteten Ersparnisse aus jährlichen Stromkosten die LCC überwiegen. Die Höhe der möglichen Ersparnisse ist dabei stark vom Geschäftsmodell, und vor allem vom Vorhandensein eines Tarifs mit Einspeisevergütung für PV-Überschüsse, abhängig. Mögliche Ersparnisse können unter anderen anhand folgender Anwendungsfälle erwirtschaftet werden:

1. Speicherung von PV-Überschüssen (ca. 0,11 €/kWh, mit Annahme 0,15 €/kWh Strompreis und 0,04 €/kWh Einspeisevergütung)
2. Peak-Shaving zu Spitzenlastzeiten, zur Reduktion des Leistungspreises (Netznutzungsentgelt): Relevant für Stromzähler mit Leistungsmessung (ab jährlichem Verbrauch > 25.000 kWh). Gemessen werden 15min Mittelwerte, aus den höchsten 15min Mittelwerten jedes Monats wird ein jährlicher Mittelwert gebildet, welcher mit dem Leistungspreis multipliziert wird.
3. Im Falle eines flexiblen Stromtarifes kann der Speicher zu günstigen Zeiten mit Netzstrom beladen und zu ungünstigen Zeiten (an Quartiersverbraucher) entladen werden.

Tarifmodelle, welche auf Basis von Gesprächen mit einem österreichischen Windparkbetreiber und Stromanbieter im Planungsprozess diskutiert wurden, werden im Folgenden für die Berechnung der jährlichen Ersparnisse, unter Berücksichtigung arbeits- und leistungsbezogener (wenn Zähler mit Leistungsmessung) Stromkosten (€/kWh und €/kW), herangezogen.

Die jährlichen Ersparnisse berechnen sich aus der Differenz der jährlichen Stromkosten zwischen der Variante „ohne Batteriespeicher“ und „mit gewählter Batteriespeichergröße“. Diese wurden mit einer Sensitivität von 3% jährlicher Inflation beaufschlagt, welche eine Strompreiserhöhung berücksichtigt.

In Abbildung ist der kumulierte Cashflow der gewählten Speichervarianten abgebildet. Demnach ist keine Investition wirtschaftlich. Bei den LFP-Varianten überwiegen sogar die laufenden jährlichen Wartungskosten die jährlichen Ersparnisse. Da bei den Na-Ionen-Varianten keine Wartungskosten anfallen scheinen diese am wenigsten unwirtschaftlich.

Als Ergebnis der Speicherdimensionierung nach Wirtschaftlichkeit lässt sich festhalten, dass keiner der gewählten Batteriespeicher wirtschaftlich dargestellt werden kann und der 60 kWh Na-Ion-Speicher den höchsten kumulierten Cashflow aufweist.

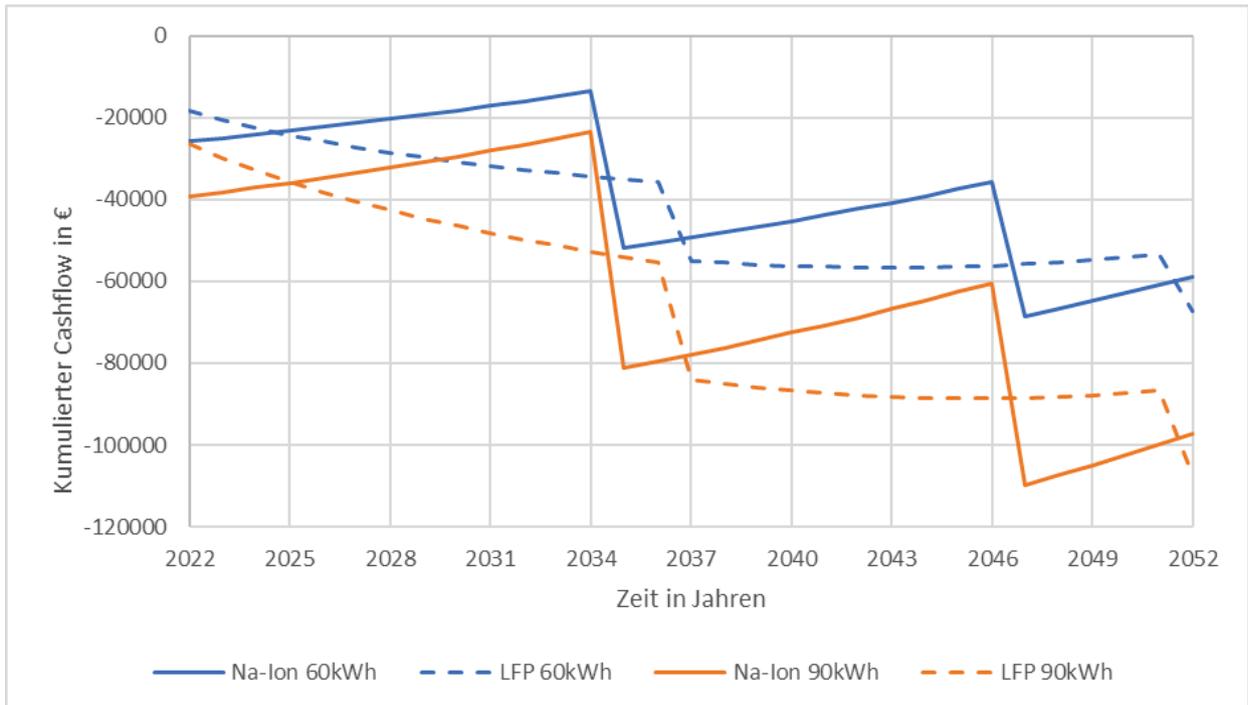


Abbildung 49: Kumulierter Cashflow; Vergleich der ausgewählten Batteriespeicher

In Abbildung wird die Zusammensetzung des kumulierten Cashflows für die 60 kWh Na-Ion-Batterie detaillierter dargestellt (in schwarz). In Grün die jährlichen Ersparnisse inkl. Strompreisentwicklung anhand jährlicher Inflation von 3%. In Rot die Investitionskosten zu Beginn und bei Zelltausch am Ende der Lebensdauer. Der kumulierte Cashflow nimmt zu keinem Zeitpunkt einen positiven Wert an.

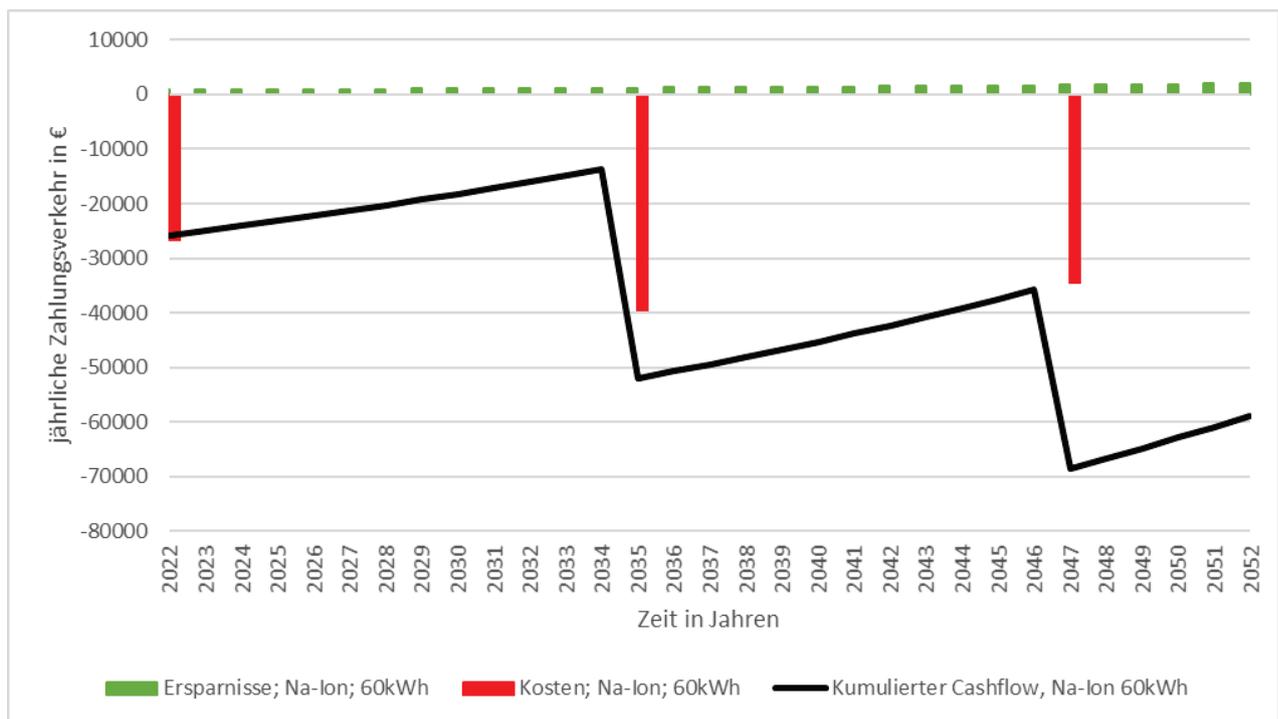


Abbildung 50: Projekt-Cashflow des 60kWh Na-Ion Batteriespeichers

Ebenfalls wurde eine mögliche Reduktion der Zellkosten durch den Einsatz von Second-Life-Zellen untersucht.

Ein Gespräch mit Reinhard Ungerböck (Leiter des laufenden Projektes „SecondLifeBatteries4Storage“) lieferte folgende Erkenntnisse dazu:

- SecondLife-Batterien für LCA-Analyse vorteilhaft
- SecondLife-Batterien für LCC-Analyse ungeeignet, weil:
 1. erhöhte laufende Kosten
 2. geringere Leistungsfähigkeit und erhöhte Wärmeentwicklung, weil mindestens doppelt so hoher Innenwiderstand der Zellen
 3. Geringere Lebensdauer

7.3.4 Exkurs: Nutzung von Wasserstoff als Kurz- und Langzeitspeicher

Im Zuge der Betrachtung eines netzdienlichen Verhaltens des Pilzgassen-Quartiers wurde auch der Einsatz von Wasserstoff untersucht. Die Simulationen und Variantenuntersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit Fronius in enger Zusammenarbeit mit der FH TW durchgeführt.

In Esslingen in Deutschland gibt es bereits ein Projekt, wo Wasserstoff lokal mit PV- Überschüssen produziert wird, wobei hier nicht die Netzdienlichkeit im Vordergrund steht und aus Kostengründen nur ein Elektrolyseur und keine Brennstoffzelle eingesetzt wird. Der produzierte Wasserstoff soll teils in das Gasnetz eingespeist, teils für die Mobilität zur Verfügung stehen. Die deutsche Wasserstoffstrategie zielt vor allem auf die Erzeugung von CO₂ freiem Wasserstoff ab, der als Kraftstoff der Zukunft im Verkehr und zur Versorgung der Industrie zum Einsatz kommen soll (Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2020).

Energiebilanz

Die stromseitige Energiebilanz ist wegen der Umwandlungsverluste des Elektrolyseurs (ca. 60%) und gegebenenfalls der Rückverstromung der Brennstoffzelle (35-50%) im Vergleich zu einer Batterie als schlecht einzustufen. Wird jedoch in beiden Prozessen die Abwärme genutzt, verbessert sich die Bilanz in Abhängigkeit der Anlagengröße und des Wärmebedarfs.

Einfluss auf Energiesystem

Der Eigenverbrauch für die dimensionierte PV-Anlage lässt sich je nach Skalierung der Wasserstoffsystem- Komponenten von ca. 70% auf über 90% steigern. Bei Einsatz von H₂ zur saisonalen Speicherung ist eine optimierte Regelstrategie vor allem des Wind-Peakshavings sowie eine Leistungsbandregelung notwendig. Die Nutzung der Abwärme aus der Elektrolyse und Brennstoffzelle für die Bereitung von Warmwasser und Gebäudeheizwecken, in Kombination mit einer optionalen Wasserstofftankstelle ermöglicht eine umfassende Sektorkopplung. Bei entsprechenden Leistungen des Elektrolyseurs und Wasserstoffspeichergrößen können die Einspeisespitzen des untersuchten Plus-Energie-Quartiers stark reduziert werden. Auf der Strom- Bezugsseite ist der Effekt weniger deutlich zu sehen. Hier müssten große Leistungen der Brennstoffzellen und hohe Speicherkapazitäten für den Ausgleich der saisonalen Effekte sorgen, welche schwer wirtschaftlich zu rechtfertigen sein werden.

Platzbedarf

Der Platzbedarf ist stark von der Wasserstoff Lagerung und den dabei benutzten Drücken abhängig. Je nach Ziel der Dauer der Speicherung, von Kurzzeit von wenigen Stunden, über Langzeit von Tagen, Wochen bis hin zu saisonaler Speicherung. Der Elektrolyseur und die Brennstoffzelle können als modulare Systeme je nach Erfordernissen skaliert werden.

Kosten

Die Kosten der untersuchten Varianten bewegen sich für den Elektrolyseur und Verdichter zwischen 270 und 370 Tausend Euro. Es ist davon auszugehen, dass die Brennstoffzelle zur Rückverstromung nochmals mindestens dieselben Investkosten verursacht. Der angesetzte Wasserstoffspeicher kostet 115 TEur. und die zusätzliche Infrastruktur für eine H₂ Tankstelle rund 250 Tausend Euro. Damit würde die Nutzung von Wasserstoff in unterschiedlichen Ausbaustufen zwischen 650 Tausend Euro. bis über eine Million kosten. Diese Kosten beruhen auf Erfahrungswerten von Fronius und sind noch nicht konkurrenzfähig. Da aber die Kapazitäten der Hersteller im Einklang mit den Zielen der Klimaneutralität ausgebaut werden ist davon auszugehen, dass die Kosten in naher Zukunft sinken werden.

7.4 Aufteilung PV auf Sammelschienen

Die Durchmischung verschiedener Nutzungen in einem Quartier bringt neben standortaufwertenden Aspekten und Stadtentwicklungsaspekten auch Vorteile für die Nutzung von Energie aus der PV-Anlage. So ergibt sich durch die Nutzungsmischung und das Zusammentreffen verschiedener tageszeitabhängiger Strom-Bedarfsprofile eine geglättete gesamte Strom-Bedarfskurve für das gesamte Quartier. Dadurch können höhere Eigenverbrauchsanteile der Stromerträge aus der PV-Anlage erreicht werden. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass weniger Überschussstrom in das elektrische Netz eingespeist und weniger Strom aus dem elektrischen Netz genutzt werden muss. Die Folge sind

wirtschaftliche (z.B. geringere Strombezugskosten) und technische Vorteile (z.B. geringere Anschlussleistungen).

Im speziellen Fall des Planungsprojektes der Pilzgasse erfolgt der direkte Stromanschluss an einen Transformator (Netzebene 5/7). Da die maximalen Leistungen der einzelnen Abgänge durch Sicherungen limitiert sind, kann nicht das gesamte Quartier an einen Abgang angeschlossen werden, da dies zu einer überhöhten Leistung führen würde. Aus diesem Grund wird das Quartier auf verschiedene separate Sammelschienen aufgeteilt, welche dann wiederum an einen Abgang des Transformators angeschlossen werden. Diese Aufteilung auf Sammelschienen hat zur Folge, dass auch die PV-Anlage aufgeteilt werden muss (vier Einspeisepunkte: EHG, PIGA 1, PIGA 2, TGA), um Strom aus der PV Anlage für alle Gebäude nutzbar zu machen (siehe Abbildung 51). Strom aus jenem Teil der PV Anlage, der sich am EHG Gebäude befindet, kann dann auch direkt zur Deckung des Nutzerstroms innerhalb dieses Gebäudes genutzt werden. Dasselbe gilt für die Gebäude PIGA 1, PIGA 2 und die technische Gebäudeausrüstung, die über einen separaten Einspeisepunkt an den vierten Teil der PV Anlage gekoppelt ist. Dabei sind nicht alle Nutzungen zur Versorgung mit PV-Strom ausgewählt – größere Verbrauchergruppen, abgesehen von der HKLS-Zentrale (Strombedarf für Wärmepumpen, Umwälzpumpen, usw.), sind von der Direktversorgung mit PV Strom ausgenommen. Die hier auftretenden Leistungen hätten eigene separate Einspeisepunkte erforderlich gemacht und damit zu einer weiteren Teilung der PV Anlage geführt. Die verbleibende größere Verbrauchergruppe der HKLS-Zentrale (TGA) erhält einen eigenen Einspeisepunkt und wird nicht, wie die restlichen Nutzungen, auf Netzebene (NE) 7 sondern aus wirtschaftlichen Gründen auf NE 6 angeschlossen.

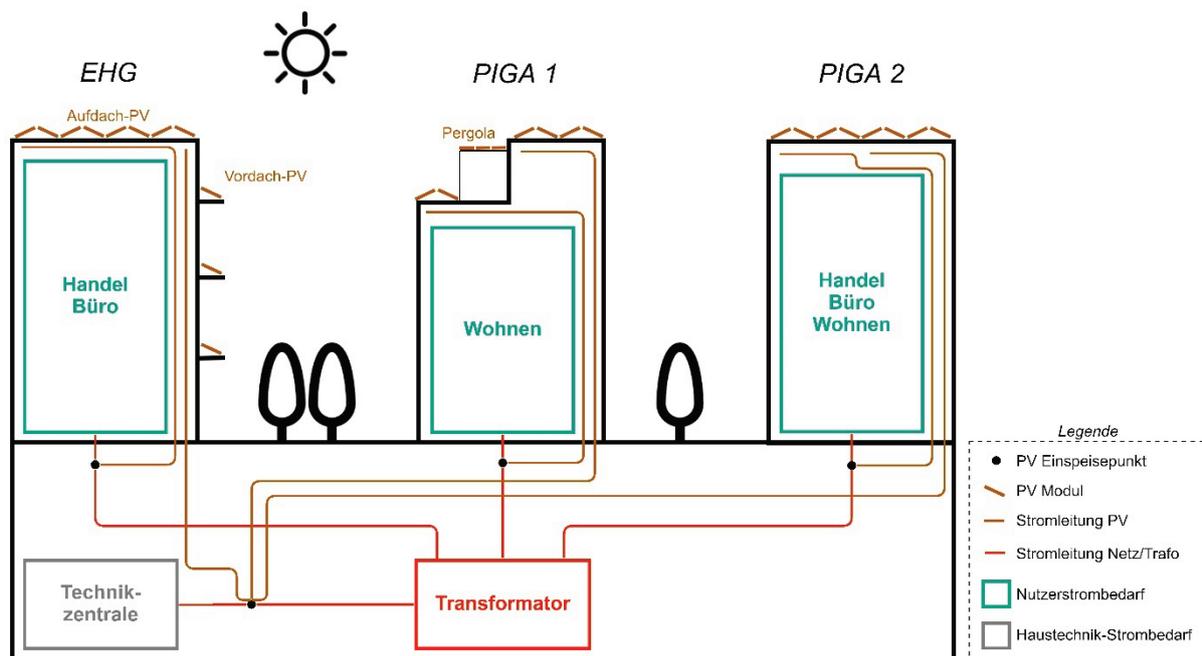


Abbildung 51: Schema der Nutzungs- und PV-Teilung (eigene Darstellung)

So ergeben sich folgende Teilungen (ausgenommen der separaten größeren Verbrauchergruppen) mit je einem eigenen PV Einspeisepunkt:

- Stiege Engelhorngasse (NE 7, Mieterstrommodell)
- Stiege Pilzgasse 1 (NE 7, Mieterstrommodell)

- Stiege Pilzgasse 2 (NE 7, Mieterstrommodell)
- HKLS-Zentrale (NE 6)

Die drei PV-Anlagen, welche den Nutzerstrom der einzelnen Bauteile versorgen, befinden sich jeweils auf dem jeweiligen Bauteil, während die PV-Anlage für die HKLS-Zentrale auf die drei Bauteile aufgeteilt ist.

Die quantitative Aufteilung der PV-Anlagen auf die definierten Nutzungen geschieht mit dem Ziel gleicher oder ähnlicher Eigenverbrauchsanteile, um faire Bedingungen für die Nutzer*innen zu schaffen. Diese Anteile werden durch Simulationen der beschriebenen Teilungen erhoben. Die resultierenden Eigenverbrauchsanteile der gewählten PV-Teilungen, inkl. der NGF-spezifischen Ergebnisse hinsichtlich PV-Ertrag, sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 29: Simulationsergebnisse der Nutzungs- und PV-Teilung (Stand: 15.03.2022)

	PV Direkt- nutzung	PV Speicherung	PV- Überschuss	PV Produktion	Peak- leistung	Eigenverbrauchs- anteil
	<i>kWh/m²_{NGFA}</i>	<i>kWh/m²_{NGFA}</i>	<i>kWh/m²_{NGFA}</i>	<i>kWh/m²_{NGFA}</i>	<i>kWp</i>	-
EHG (inkl. E-Mob.)	9,35	1,07	2,19	12,61	99,8	0,83
PIGA 2	10,28	0,00	2,80	13,07	102,2	0,79
PIGA 1	9,77	0,00	2,86	12,63	107,8	0,77
HKLS-Zentrale	4,71	2,50	1,53	8,75	250,4	0,82

Für die gesamte PV-Anlage des Quartiers mit 560,3 kWp (Stand: 15.03.2022) ergibt sich dadurch ein Eigenverbrauchsanteil von 81%. Hier wird die Auswirkung der im konkreten Fall notwendigen Teilung deutlich: die Simulation eines fiktiven Gesamtquartiers mit einer PV-Anlage, welche alle Strombedarfe des Quartiers versorgen kann, ergibt einen Eigenverbrauchswert von 90% da mehr Synergien durch das Zusammentreffen verschiedener tageszeitabhängiger Strom-Bedarfsprofile genutzt werden können als bei der geteilten Anlage.

7.5 Demand Side Management und Netzdienlichkeit Pilzgasse

Das Demand Side Management (DSM) Konzept des Quartiers Pilzgasse sieht vor allem die Nutzung und Verwaltung der Flexibilität der Gebäudemasse vor. Dabei wird zu Überschusszeiten aus der der PV-Anlage des Quartiers oder aus regionalem Überschussstrom (beispielsweise aus Windkraftanlagen → Wind Peak Shaving) vermehrt Energie, über den eigentlichen Bedarf hinaus, in der Gebäudemasse zwischengespeichert. Dies geschieht durch einen Temperaturhub der Vorlauftemperatur der Bauteilaktivierung (BTA) über die Wärmepumpen. Damit einher gehen auch von der Solltemperatur abweichende annehmbare bzw. akzeptable Raumlufttemperaturen – beispielsweise kann während Überschusszeiten im Winter der Raum auf bis zu 26 °C aufgeheizt werden. Die Energie wird über die BTA an die massiven Betondecken abgegeben und dort gespeichert. An die Überschusszeiten folgenden Perioden ohne PV-Erträge oder ohne die Möglichkeit für WPS können so überbrückt werden, da die in der Gebäudemasse gespeicherte Energie bei Bedarf (Selbstregulierungseffekt) an den Raum abgegeben wird.

Durch die erhöhte Nutzung von PV-Strom oder WPS entsteht ein höherer Strombedarf als ohne DSM, wobei sich Vorteile beim Eigenverbrauch der PV-Anlage, bei den CO₂-Emissionen des Strombezuges

oder auch beim Primärenergiesaldo hinsichtlich Plus-Energie ergeben können. Abbildung 52 zeigt den Endenergiebedarf und wie dieser gedeckt wird. Da auch die Freigabesignale eines Netzdienstlichkeitsmodells (in diesem Fall WPS) Auswirkungen auf den Endenergiebedarf haben, wird eine Variante mit DSM, aber ohne Netzdienstlichkeit (ND) dargestellt. Die Unterschiede für den gesamten Endenergiebedarf fallen marginal aus und liegen bei ca. 3%. Zurückzuführen ist dies auf den vergleichsweise hohen Anteil des (nicht flexiblen) Haushaltsstrombedarfes, wobei die flexiblen Bedarfe Heizen und Kühlen einen geringen Anteil am Gesamtendenergiebedarf ausmachen (siehe Abbildung 34). Die Netzdienstlichkeitsnutzung hat ebenfalls Einfluss auf den Bedarf, da im Vergleich zu ausschließlich PV-DSM vermehrte Freigabesignale vorkommen und somit mehr Energie in der Gebäudemasse gespeichert wird.

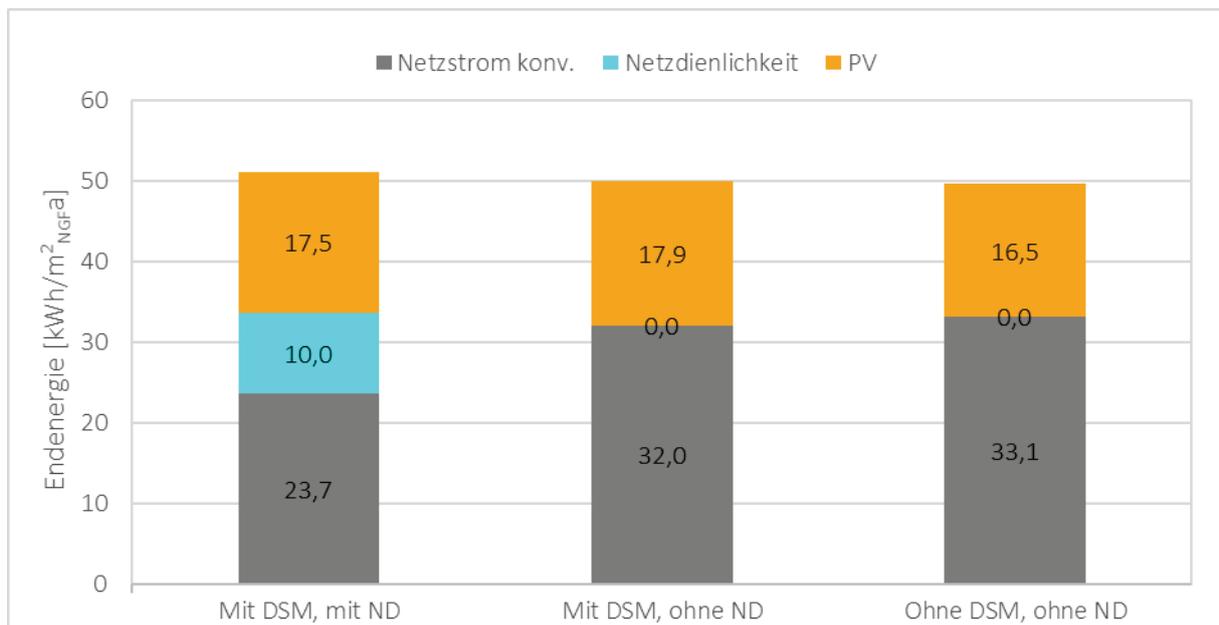


Abbildung 52: Endenergiedeckung mit/ohne DSM und mit/ohne ND

Solche DSM-Maßnahmen haben in weiterer Folge auch Einfluss auf den Eigenverbrauchsanteil der PV. Der durch die Nutzungsmischung und die dadurch mögliche optimale Energieverteilung resultierende Eigenverbrauchsanteil erreicht einen Wert von ca. 85%. Durch DSM kann dieser Wert um über 7% auf 92% gesteigert werden. Durch die Einbindung eines Netzdienstlichkeitsmodells kann die Eigenverbrauchsquote geschmälert werden – werden bei DSM durch WPS die Raumlufttemperatur-Grenzen erreicht, können in darauffolgenden Zeitschritten auftretende PV-Überschüsse nicht mehr genutzt werden und werden so in das elektrische Netz eingespeist.

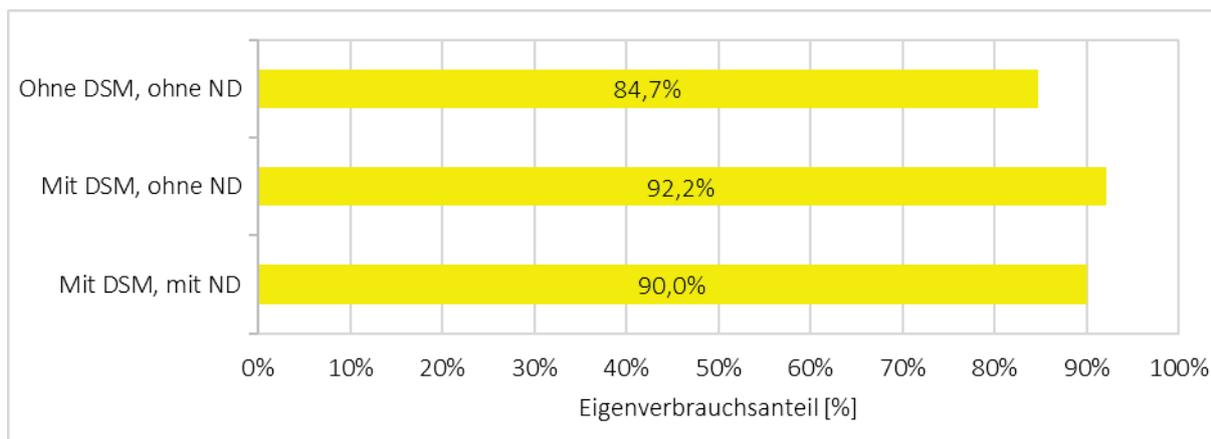


Abbildung 53: Eigenverbrauchsanteil mit/ohne DSM und mit/ohne ND (WPS)

Welchen Teil jedoch die Netzdienlichkeit in der Plus-Energie-Bewertung einnehmen kann, ist in Abbildung 54 ersichtlich. Ausschließlich die Variante mit DSM und mit Netzdienlichkeit (hier WPS) kann eine positive Primärenergiebilanz für das Bewertungslevel Alpha aufweisen.

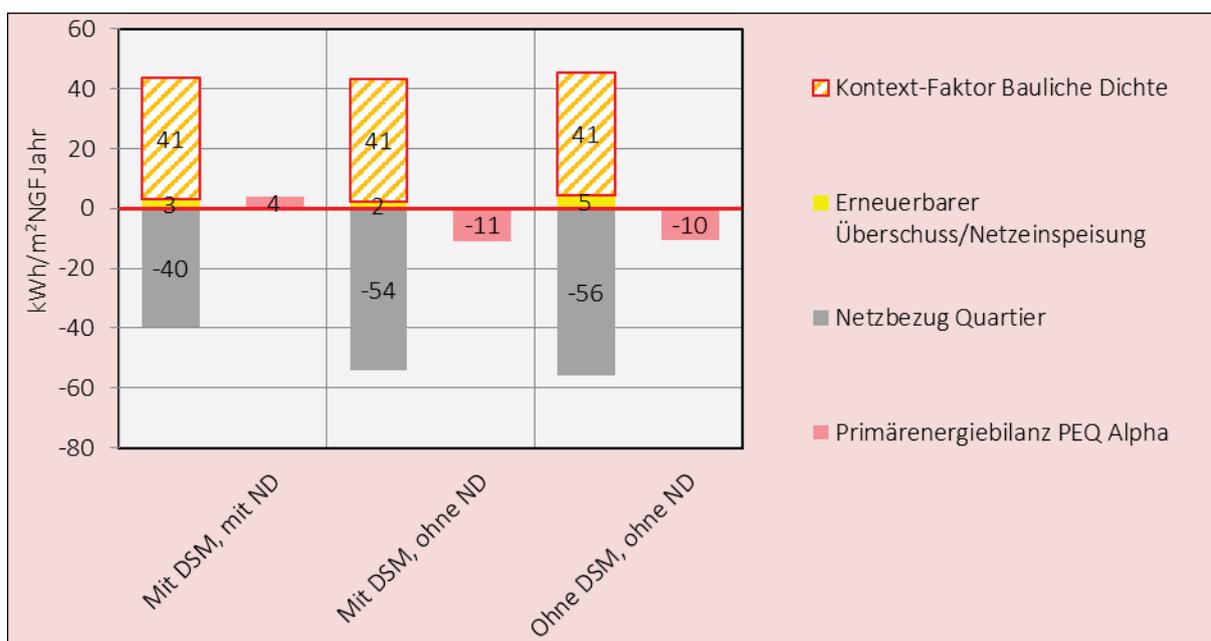


Abbildung 54: Primärenergiebilanz PEQ Alpha (Gebäude Betrieb und Nutzung); mit/ohne Netzdienlichkeit (ND); mit/ohne DSM

Netzdienlichkeit(-sbewertung)

Um die Netzdienlichkeit zu quantifizieren werden mithilfe der in Kapitel 5.2 beschriebenen Bewertungsmethode die dynamischen Netzbezugsprofile (Stundenwerte) der Varianten analysiert. Die Lastverschiebungen betreffen immer ausschließlich die flexiblen Anteile des Netzbezugsprofils innerhalb eines Tages (24 h) und sind als gemittelte Jahreswerte (Betrachtungszeitraum 8760 h) für die Bewertungszielgröße des Import/Export-Saldos von Österreich 2020 in Abbildung 55 zu sehen.

Ohne eine aktive Steuerung der (flexiblen) Lasten anhand einer spezifischen externen Führungsgröße sind in diesem Fall (für die Bewertungszielgröße des Import/Export-Saldos) keine netzdienlichen Werte erreichbar (-34,5). Detaillierter ist dies in Abbildung 57 ersichtlich – die bewerteten Tage befinden sich

vorwiegend in netzadversen Bereichen, wobei auch netzdienliche Tageswerte erzielt werden können. Die Wochen-Mittelwerte liegen in netzadversen oder netzneutralen Bereichen.

Der GSC_{rel} -Jahreswert für die Variante mit DSM aus PV-Überschüssen und WPS (Windproduktion Österreichs 2020; Freibewert 50%) liegt mit 13,3 in niedriger Netzdienlichkeit, führt also zu einer Verbesserung hinsichtlich Netzdienlichkeit im Vergleich zur DSM-PV Variante. Dies ist auf den indirekten Zusammenhang der Windproduktion mit dem Import/Export-Saldo zurückzuführen. Dennoch erreicht die prognosebasierte Netzdienlichkeitsvariante, welche die Intraday-Prognose des Import/Export-Saldos Österreichs aus 2020 als Führungsgröße für die Lastverschiebung nutzt, einen höheren Netzdienlichkeitswert (70). Aufgrund von Abweichungen des prognostizierten zum tatsächlichen Import/Export-Saldos und simulationstechnischen Eigenschaften (beispielsweise das thermische Verhalten der Speichermasse des Gebäudes – Aufheizen und Auskühlen) wird kein GSC_{rel} -Wert von 100 erreicht.

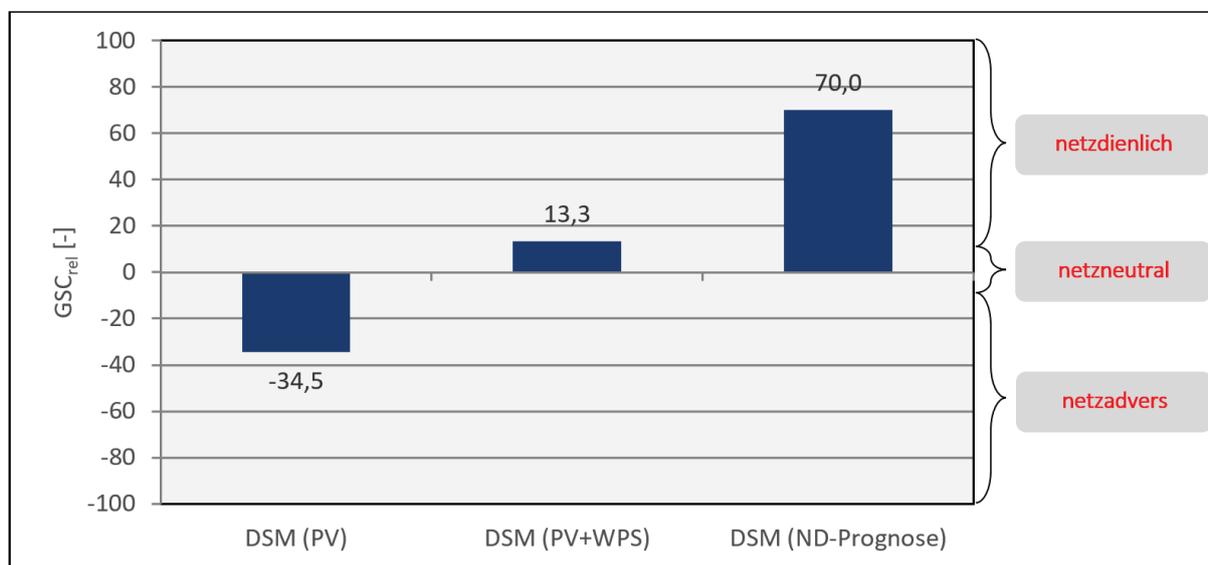


Abbildung 55: GSC_{rel} Jahreswerte (Betrachtungszeitraum 8760 h) für die DSM-Varianten PV, PV+WPS (Windproduktion AT 2020) und ND-Prognose (Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020; Lastverschiebungszeitraum 24 h); Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich)

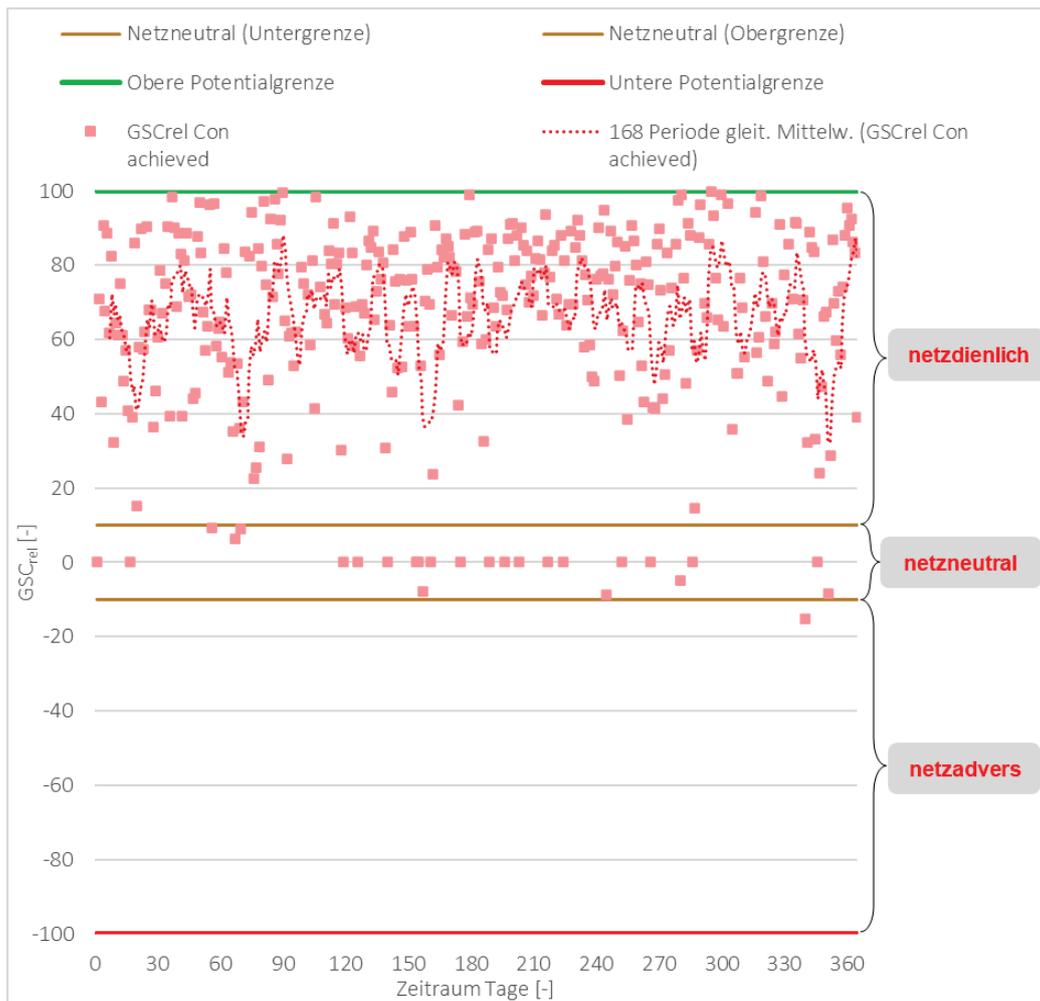


Abbildung 56: GSC_{rel} Tageswerte (Betrachtungszeitraum 24 h) für die DSM-Variante ND-Prognose; Lastverschiebungszeitraum 24 h; Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich)

Dennoch zeigt Abbildung 56, dass nur ein geringer Anteil der Tages-Bewertungswerte in netzneutralen oder netzadversen Sektionen liegt. Netzneutrale Werte sind nicht unbedingt als negativ zu betrachten, da es sich um Tage ohne eine Möglichkeit oder um nur geringe Möglichkeit zur Lastverschiebung handeln könnte (beispielsweise ein Netzbezugsprofil eines Tages ohne flexible Anteile).

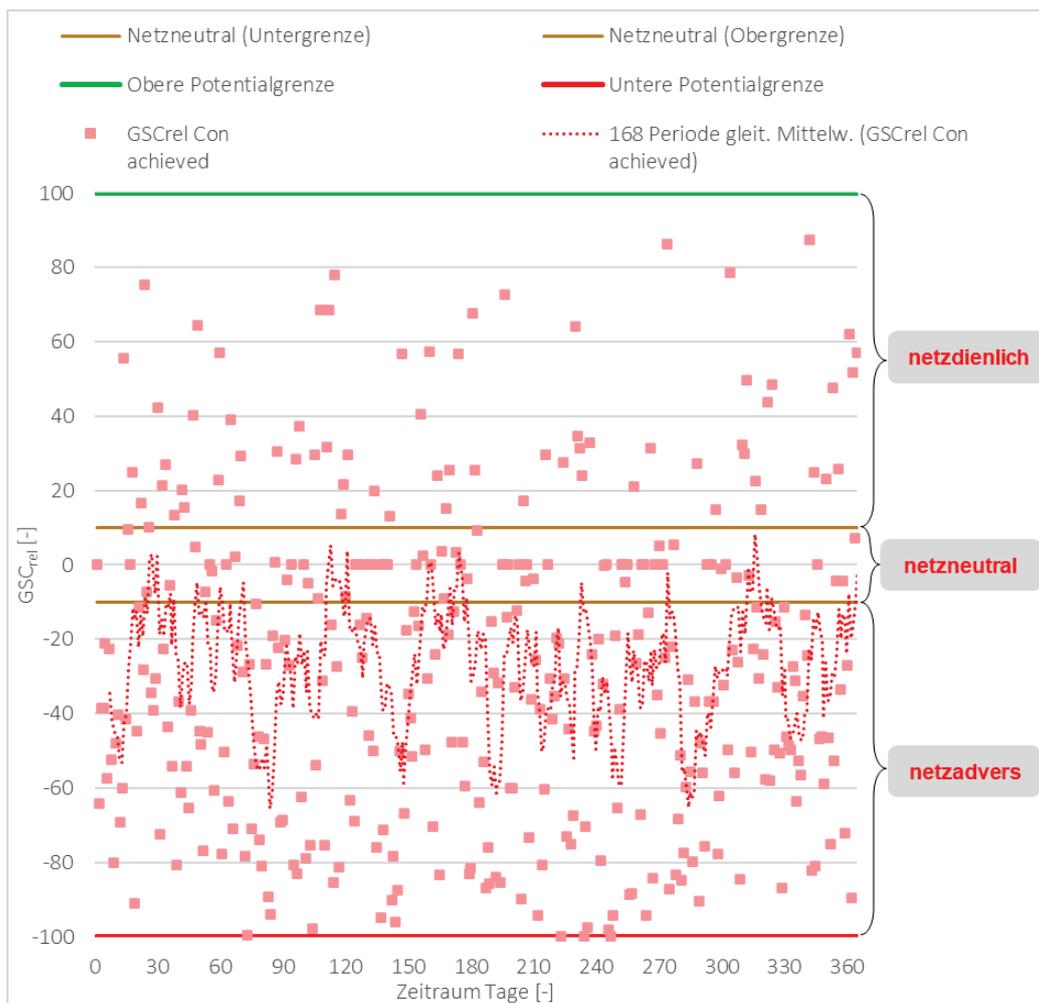


Abbildung 57: GSC_{rel} Tageswerte (Betrachtungszeitraum 24 h) für die DSM-Variante PV; Lastverschiebungszeitraum 24 h; Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich)

Generell zeigen die Ergebnisse, dass für einen netzdienlichen Betrieb externe Führungsgrößen des elektrischen Netzes notwendig sind. Idealerweise wird die Gebäudesteuerung mit Prognosedaten gespeist, um flexible Maschinen und Geräte zu netzdienlichen Zeiten zu betreiben.

Durch den prognosebasierten Netzdienlichkeitsbetrieb ist ein geringerer Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage die Folge – im Vergleich zur eigenverbrauchsoptimierten Variante PV-DSM mit 92,1%, erreicht diese einen Wert von 78,8%, also Eigenverbrauchsanteil-Einbußen von ca. 13%.

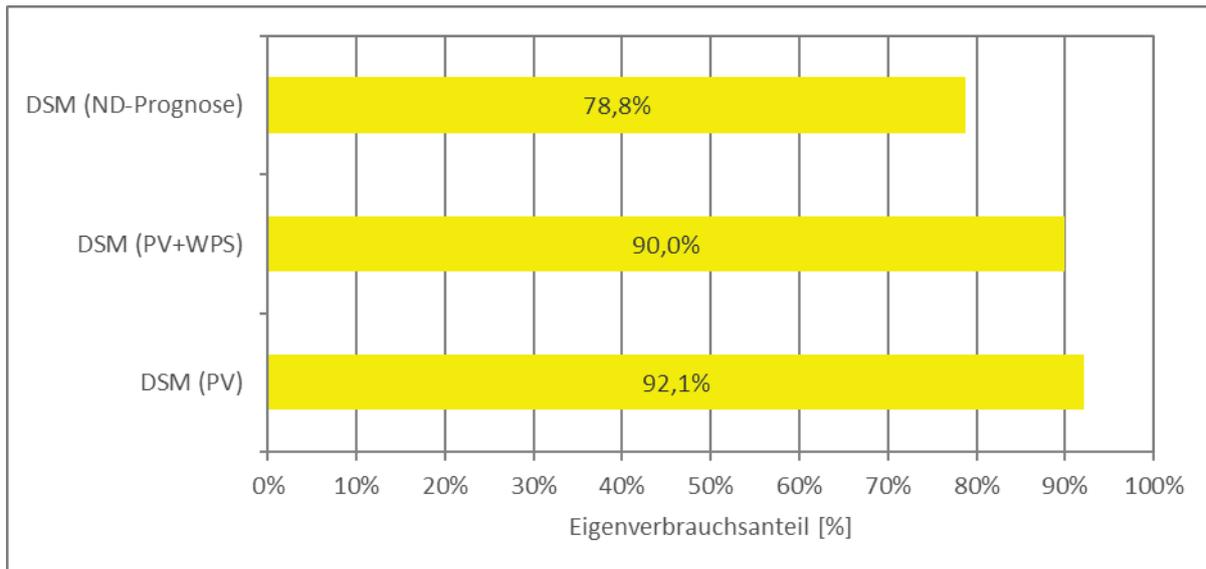


Abbildung 58: Eigenverbrauchsanteile der DSM-Varianten PV, PV+WPS (Windproduktion AT 2020) und ND-Prognose (Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020; Lastverschiebungszeitraum 24 h)

7.6 Lebenszykluskosten LCC

Für die Lebenszykluskosten-Analyse (engl.: Life-Cycle-Cost-Analysis, LCC) wurden die Differenzkosten der Einreich-, OIB- und Passivhausvariante herausgearbeitet (siehe Kapitel 7.1.1 f). Da der Fokus auf der Umsetzung des PEQ liegt, wurde in Anlehnung an die Lebenszykluskostenberechnung aus dem Vorgängerprojekt Zukunftsquartier 1.0 die Berechnung nach „Bauträgermethodik“ durchgeführt. Im Unterschied zur Betrachtung der vollständigen Nutzungsdauer werden alle Komponenten nur bis zum maximalen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren betrachtet, d.h. Komponenten, die länger als 30 Jahre genutzt werden können wie Dämmstoffe, Erdwärmesonden etc. werden trotzdem in 30 Jahren finanziert. Daher liegen die Ergebnisse näher an üblichen Finanzierungsrechnungen von Projektentwicklern und Bauträger, da das Projekt nach 30 Jahren ausfinanziert ist.

Berücksichtigt wurden die Kostenanteile der Investitions-, Wartungs- und Energiekosten, innerhalb eines Betrachtungszeitraums von 30 Jahren. Die Berechnung basiert auf der vereinfachten Annuitätenmethode, wonach alle Kosten als jährlich anfallende Annuitäten dargestellt werden, auch die Investitionskosten. Die zugrunde liegende Annahme besagt, dass eine Investition mit einem fixen realen Zinssatz fremdfinanziert wird und über deren kalkulatorische Nutzungsdauern über gleichbleibende Raten gänzlich abgeschrieben wird. Die Berücksichtigung der Investitions- und Wartungskosten geschehen ohne Umsatzsteuer (netto), da diese auch in der Praxis von gewerblichen Marktteilnehmern abgesetzt werden können. Die Energiekosten werden ohne Umsatzsteuern angegeben, da sie in der Regel von Endkund*innen bezahlt werden.

Den Berechnungen wurde des Weiteren die Annahme zugrunde gelegt, dass Energie- und Wartungskosten im selben Ausmaß steigen wie der Verbraucherpreisindex. Etwaige Förderungen wurden nicht berücksichtigt.

Systemgrenzen

Der Zweck der Kostenermittlung ist die vergleichende Differenzkostenbetrachtung zwischen den Varianten. Somit orientiert sich die Systemgrenze an den Unterscheidungsmerkmalen der einzelnen Varianten. Hierbei werden sowohl haustechnische als auch gebäudetechnische Komponenten berücksichtigt.

Herstellungs- und Instandsetzungskosten

Die Investitionskosten wurden nach der Annuitätenmethode ermittelt. Die berücksichtigten kalkulatorischen Nutzungsdauern sind in Tabelle 31 abgebildet. Es wurde ein kalkulatorischer realer Zinssatz von 2% p.a. angenommen.

Als Grundlage für die verwendeten Kostenkennwerte dienen die Baukostendatenbank des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI)²², eigene Erfahrungswerte, sowie Erfahrungswerte anderer spezialisierter Planungsbüros und Bauträger, sowie Herstellerangaben. Dem BKI entnommene Kostenkennwerte wurden anhand der Regionalfaktoren dem regionalen Preisniveau angepasst (Wien).

Wartungskosten

Die Wartungskosten wurden entsprechend Tabelle 31 in % der Herstellungskosten angenommen. Deren Spannbereite liegt zwischen 1-2% der Herstellungskosten.

Energiekosten

Die Energiekosten basieren auf einer dynamischen Simulation aus dem Forschungsprojekt, in der der jährliche Verbrauch ermittelt wird. Dieser wird mittels Kostenfaktoren für die Energiearbeitspreise basierend auf multipliziert. Für die Darstellung der Gesamtkosten wurden die

Tabelle 30: Laufende Energiekosten

	Energiekosten gesamt
Fernwärme	8,7 Cent/kWh
Netzstrom konv. TGA	11,5 Cent/kWh
Netzstrom konv. Nutzer*innen	19 Cent/kWh
PV Eigenstromnutzung	0 Cent/kWh
PV Überschuss-Einspeisung	5 Cent/kWh
Wind Peak Shaving TGA	9,5 Cent/kWh
Wind Peak Shaving Nutzer*innen	17 Cent/kWh

²² wobei hier auf das Exemplar Technische Gebäudeausrüstung, aus dem Jahr 2018 zurückgegriffen wurde und die Kostenkennwerte anhand des Baukostenindex auf das Jahr 2021 (4. Quartal) angepasst wurden (BKI, 2018).

Nutzungsdauern und Wartungskostenanteile

In folgender Tabelle sind die kalkulatorischen Nutzungsdauern und Wartungskosten Kennwerte der zentralen Komponenten der Varianten dargestellt:

Tabelle 31: Nutzungsdauern und Wartungskostenanteile zentraler gebäude- und anlagentechnischer Komponenten.

Anlagenkomponente	Nutzungsdauer	Aufwand für Wartung
Bezeichnung	a	% der Herstellungskosten pro Jahr
Fernwärme	30	0
Heiz-Wärmepumpe	20	1,5
Erdsondenanlage	30	0,5
Raumkühlung Freecooling	30	1
Raumkühlung reversible Heiz-Wärmepumpe	20	1,5
Raumkühlung konventionelle Kältemaschine (Rückkühler)	20	1,5
Wärmeabgabesystem	30	1
Lüftungsanlage	30	2
PV-Anlage	20	1
E-Auto-Ladestation	15	0
Aufbauten der Gebäudehülle	30	0
Warmwasser Varianten	30	1

In der Abbildung 59 werden die Differenzkosten der Einreichvariante im Vergleich zur gesetzlichen Mindestvariante dargestellt.

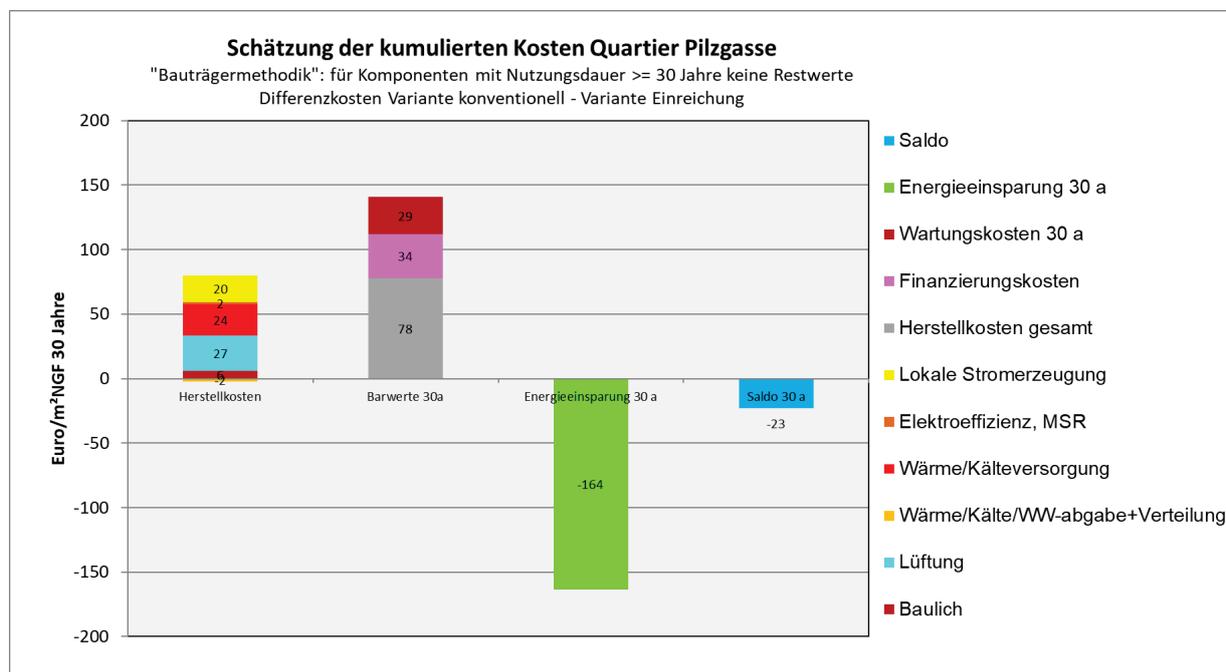


Abbildung 59: Lebenszykluskosten dargestellt als Differenzkosten für die Variante Einreichung im Vergleich zur Referenzvariante Var_OIB

Durch die sehr effiziente Umsetzung und multifunktionale Nutzung von Einzelkomponenten (z.B. Bauteilaktivierung für Heizen und Kühlen) sind die Gesamtkosten der Variante Einreichung über 30 Jahre günstiger als der gesetzliche Mindeststandard (ohne Berücksichtigung von Restwerten von Gebäudekomponenten, die länger als 30 Jahre nutzbar wären).

Förderungen für die PV oder die Betonkernaktivierung sind in dieser Aufstellung noch nicht enthalten, d.h. die tatsächlichen Ergebnisse sind noch deutlich günstiger. Die wesentlichen Mehrkosten liegen in der PV, der effizienteren Lüftung inkl. PV freundlichem Dach und der thermischen Deckung mittels Erdwärmesonden und hocheffizienter Gebäudetechnik mit Wärmepumpen.

Der Vergleich der Referenzvariante mit der Passivhausvarianten wird in dargestellt.

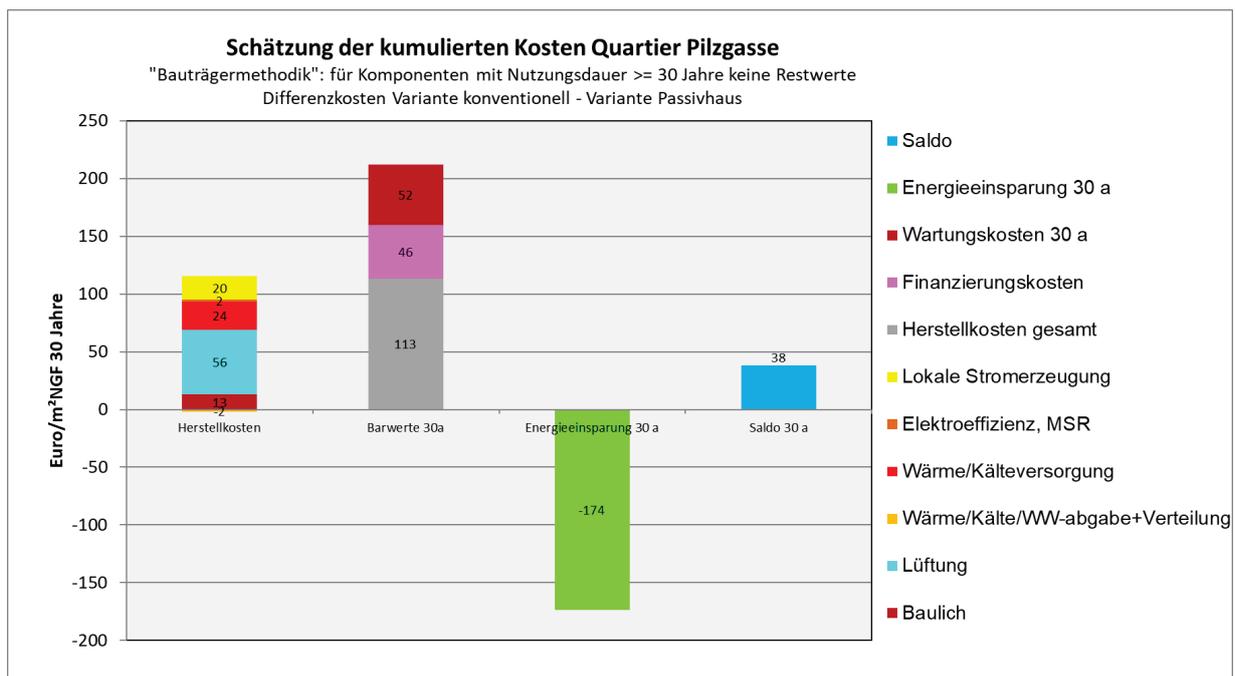


Abbildung 60: Lebenszykluskosten dargestellt als Differenzkosten für die Variante Passivhaus im Vergleich zur Referenzvariante Var_OIB

Die Kosten für die laufenden Energieaufbringung können weiter gesenkt werden, allerdings steigen die Gesamtkosten für bauliche Maßnahmen (hohe Luftdichtigkeit, wärmebrückenarme Details wie Fenster in der Dämmebene etc.) und vor allem für die Umsetzung einer Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung im Wohnbau deutlich an. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass vor allem im Wohnbereich der thermische Komfort durch die Zuluft einbringung über die Lüftungsanlage höher ist als in Varianten Einreichung und OIB.

7.7 Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse LCA

Für die Lebenszyklusanalyse (engl. Life-Cycle-Assessment, LCA) und wurden die oben beschriebenen Varianten (Einreich-, OIB- und Passivhausvariante) aus ökologischer Perspektive untersucht. Des Weiteren wurden 7 Warmwasservarianten und 3 PV-Varianten vergleichend betrachtet (siehe Kapitel 7.1.1 f).

Die ökologische Lebenszyklusanalyse wurde in Form einer ganzheitlichen Betrachtung der Varianten entsprechend BG6 (Bilanzgrenze 6) durchgeführt. Als räumliche Systemgrenze wurde die Grundstücksgrenze definiert.

Die Lebenszyklusanalyse basiert auf den internationalen Standards zur Erstellung von Ökobilanzen ISO 14040 und ISO 14044 (IBO 2022). Der Betrachtungszeitraum beträgt 100 Jahre. Es wird angenommen, dass die Komponenten entsprechend ihrer kalkulatorischen Nutzungsdauern innerhalb dieses Zeitraumes gegebenenfalls ersetzt werden müssen (siehe Tabelle 31).

Ökologische Kennwerte

Für die Lebenszyklusanalyse (LCA) werden die folgenden Parameter betrachtet:

- Erneuerbare Primärenergie – total (PERT) MJ//m²
- Nicht erneuerbare Primärenergie – total (PENRT) MJ//m²
- Globales Erwärmungspotenzial – total (GWP-total) kg CO₂ equ./m²
- Globales Erwärmungspotenzial – fossil (GWP-fossil) in kg CO₂ equ./m²
- Globales Erwärmungspotenzial – biogen (GWP-biogenic) kg CO₂ equ./m²
- Versauerungspotential von Boden und Wasser (AP) MJ//m²

Betrachtet wurde zunächst die *Herstellung* (Bilanzgrenze: A1 - Rohstoffbereitstellung bis A3 - Herstellung) sowie *Herstellung und Instandsetzung* (Bilanzgrenze: A1 - Rohstoffbereitstellung bis A3 – Herstellung + B4 Ersatz + B6 Betrieblicher Energieeinsatz) nach DIN EN 15804.

Komponenten

Als Grundlage für die LCA werden die Datenbanken „eco2soft“ sowie „ökobaudat“ herangezogen. Verschiedene Varianten von Bauteilaufbauten wurden in eco2soft definiert und ausgegeben. Haustechnikkomponenten wurden größtenteils aus der Datenbank „eco2soft“, sowie ergänzend aus „ökobaudat“ bezogen. Ökologische Kennwerte zentraler Komponenten sind in Tabelle 32 zu sehen.

Sämtliche Bauteilaufbauten und Stärken für die Einreich-Variante stammen aus den bauphysikalischen Berechnungen für die Baueinreichung für den Bauplatz A (Stand 02.05.2021). Dämmstärken für die Varianten OIB- und Passivhaus wurden hinsichtlich der U-Werte in Tabelle 24 angepasst. Detaillierte Annahmen zu speziellen Komponenten sind im Anhang dargestellt.

In folgender Tabelle sind die ökologischen Kennwerte zentraler Komponenten der betrachteten Varianten dargestellt:

Tabelle 32: ökologische Kennwerte zentraler gebäude- und anlagentechnischer Komponenten.

	Parameter	PERT	PENRT	GWP-total	GWP-fossil	GWP-biogenic	AP
Anlagenkomponente	Einheit	MJ//m ²	MJ/m ²	kg CO ₂ equ./m ²	kg CO ₂ equ./m ²	kg CO ₂ equ./m ²	MJ//m ²
Fernwärme Übergabestation	kW	8,009	61,06	4,771	4,771	0	0,0243 4
Heiz-Wärmepumpe Sole	kW	1.411	34.686	3.965	3.966	-1	16
Raumkühlung konventionelle Kältemaschine (Rückkühler)	kW	2.279	52.671	6.184	6.186	-2	30
Wärmeabgabesystem (BTA bzw. FBH)	m ²	3 bzw. 12	157 bzw. 113	5 bzw. 6	5 bzw. 6	0	0
Lüftungsanlage (Abluft bzw. Optimiert)	m ³ /h	1.327 bzw. 4.230	17.126 bzw. 41.821	1.044 bzw. 2.921	1.045 bzw. 2.922	-1 bzw. -2	5 bzw. 16
PV-Anlage Flachdach Aufdach	m ²	1.338	17.429	1.049	1.049	0	5
Holzkonstruktion PV-Pergola	m ²	18	4	-1	0	-2	0

Wechselrichter	kW	1.114	13.489	868	868	0	7
E-Auto-Ladestation	Stk.	378	9.396	658	658	0	7
Aufbauten der Gebäudehülle (AW01)	m ²		2.111	193	193	0	
Frischwasserstation, e-Kleinspeicher, e-Durchlauferhitzer	Stk.	30,4	242,6	14,7	14,7	0	0,113
Pufferspeicher	l	1760	10.005	668	668	0	3,146

In den nachfolgenden Abbildungen sind die wesentlichen Ergebnisse der Lebenszyklusanalysen dargestellt. Zu beachten ist, dass im Bereich Mobilität und hinsichtlich Materialwahl der baulichen Struktur keine stärker abweichenden Varianten untersucht wurden. Während der Bereich Mobilität durch eine Reihe von Maßnahmen hervorragende Kennwerte im Vergleich zu anderen laufenden Projekten aufweist, ist die Bauweise hinsichtlich Materialwahl als konventionell einzustufen.

Dargestellt werden der nicht erneuerbaren Primärenergieressourcen und das Treibhauspotential. Der Fokus liegt auf letzterem, da in der Bilanzgrenze PEQ Omega das Treibhauspotential als maßgeblicher Indikator mit sehr herausfordernden Grenzwerten herangezogen wird.

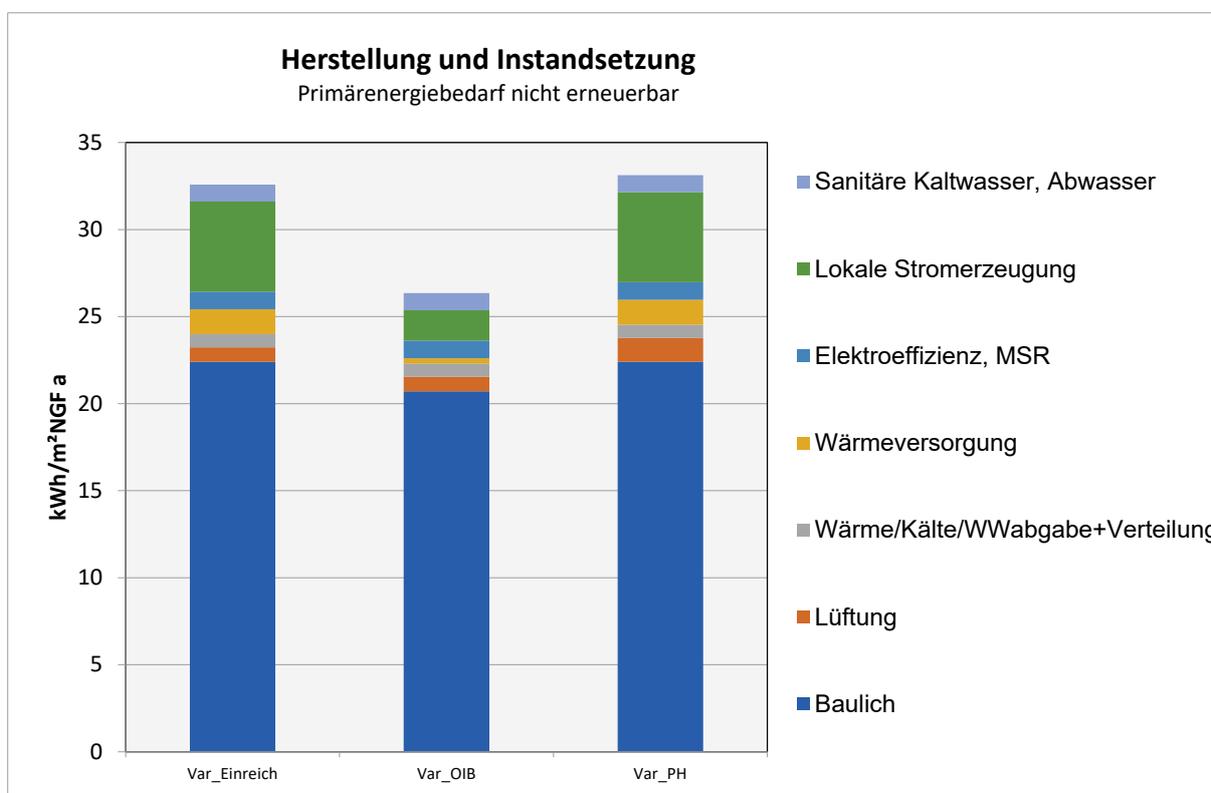


Abbildung 61: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar durch Herstellung und Instandsetzung

Der Bedarf an nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf für Herstellung und Instandsetzung über den Betrachtungszeitraum zeigt stärkere Unterschiede vor allem für die Herstellung und Instandsetzung der

PV-Anlagen. Dies ist neben dem relativ hohen Aufwand für die Herstellung der Module und Unterkonstruktionen vor allem mit der angesetzten Nutzungsdauer von 30 Jahren verbunden. Die Unterschiede in der baulichen Struktur sind vor allem auf geringere Dämmstärken und schlechtere Fensterqualitäten zurückzuführen. Insgesamt kann in der gesetzlichen Mindestvariante ca. 20% an nicht erneuerbaren Ressourcen eingespart werden. Die hocheffiziente Passivhausvariante führt nur zu einer geringen Erhöhung im Herstellungs- und Instandsetzungsaufwand für Gebäude und technische Gebäudeausrüstung inkl. lokaler Energieversorgung.

In den folgenden Grafiken, Abbildung 62 und Abbildung 63, ist das Treibhauspotential einmal für die Errichtung und einmal für Herstellung und Instandsetzung des Gebäudes dargestellt.

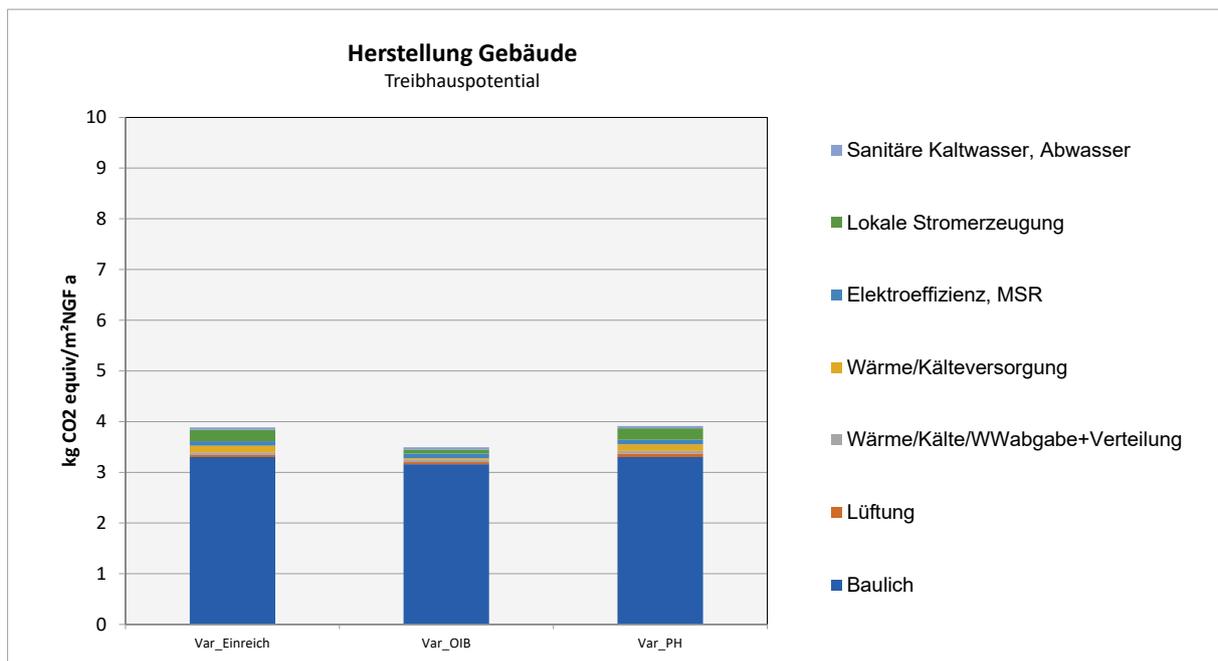


Abbildung 62: Treibhauspotential durch Herstellung und Instandsetzung

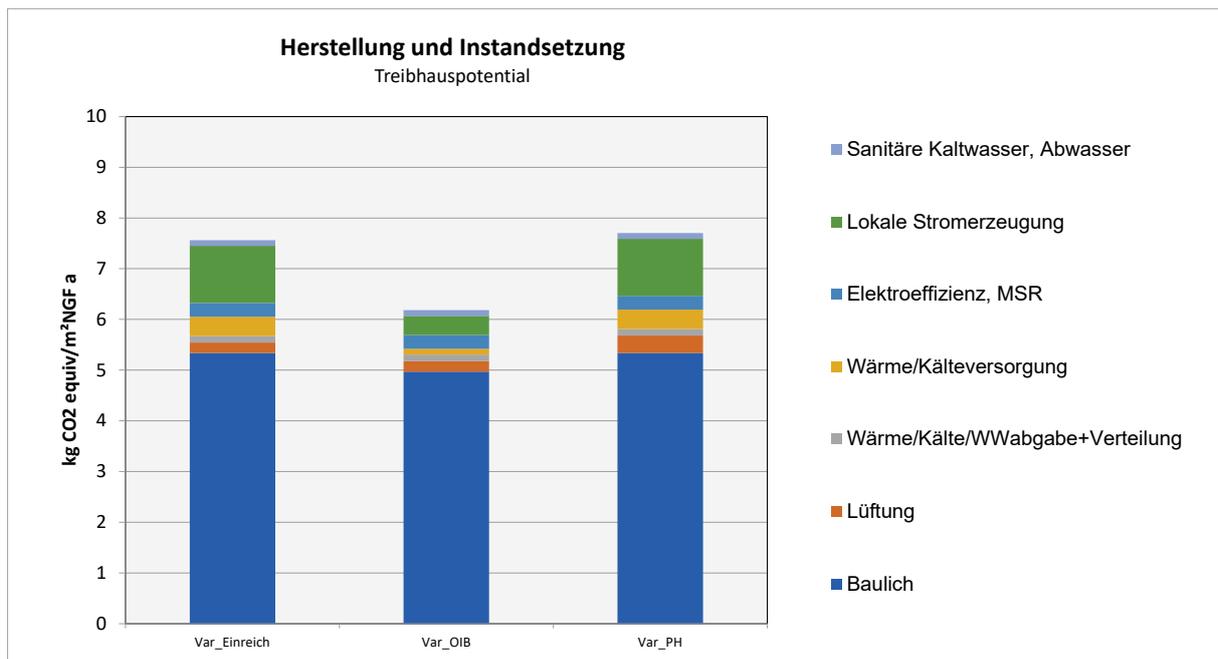


Abbildung 63: Treibhauspotential durch Herstellung und Instandsetzung

Deutlich wird der relativ steigende Anteil der Gebäudetechnik durch die deutlich geringeren Nutzungsdauern der technischen Komponenten im Vergleich zur baulichen Struktur. Insgesamt sind die Kennwerte trotz konventioneller Bauweise hinsichtlich Baumaterialien und dem vergleichsweise höheren Aufwand für effiziente Gebäudetechnik und lokale Energieversorgung mit Erdwärmesonden und Photovoltaik verhältnismäßig niedrig. In UAP, Heros und LCA liegen die angegebenen Kennwerte zwischen 5 und über 10 kWh/m²EBF a, wobei in diesen Fällen auch bauökologisch optimierte Gebäude mit betrachtet sind. Der Hauptgrund der verhältnismäßig moderaten Aufwände liegt in der sehr kompakten Gebäudehülle, i.e. die ökologisch aufwändige Gebäudehülle ist im Verhältnis zur Nutzfläche im Vergleich zu weniger kompakten Quartieren deutlich geringer: Dies bedeutet geringere Dämmstoffmengen, Abdichtungen, Verblechungen etc. in Bezug auf die Referenzfläche.

Die in einer ersten Projektentwicklungsphase angedachte „hybride“ Bauweise wurde aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiterverfolgt. Vor allem im Gewerberiegel wären die Rahmenbedingungen durch die umgesetzte architektonische Gestaltung günstig.

Abbildung 64 stellt die Treibhausgasemissionen für die Bilanzgrenze PEQ Omega für die 3 Hauptvarianten dar (Herstellung, Instandsetzung, Betrieb, Alltagsmobilität inkl. grauer Energie Transportmittel).

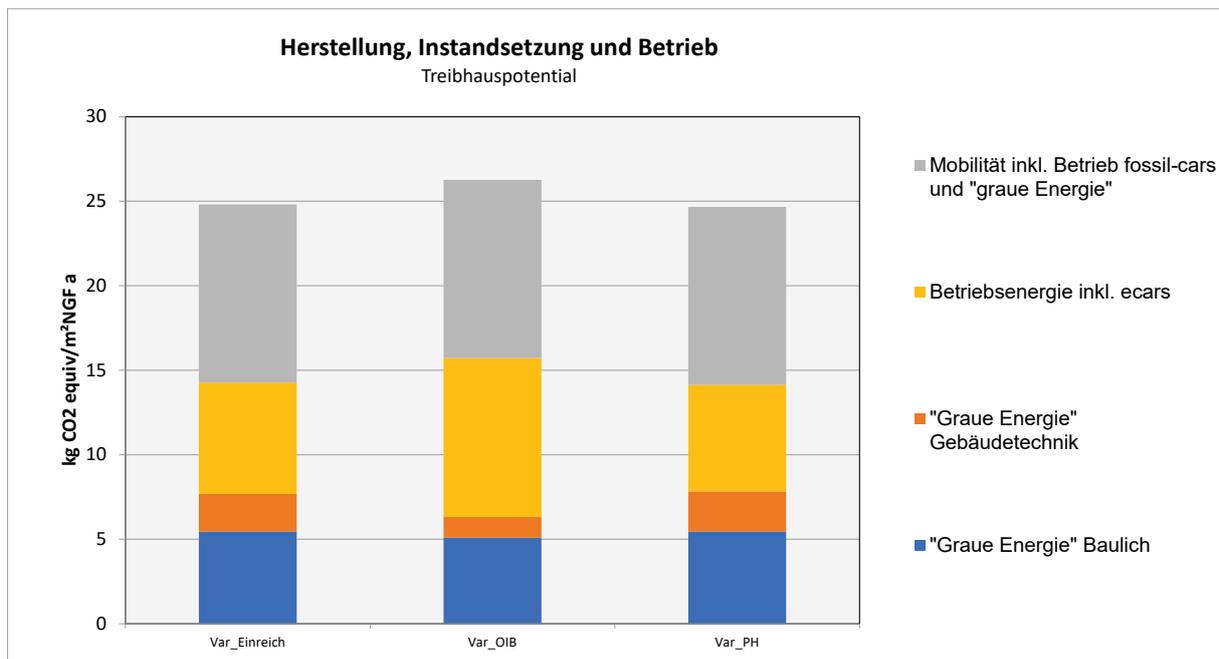


Abbildung 64: Gesamtbelastungen Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus für Bilanzgrenze PEQ Omega

Auch wenn der Grenzwert an PEQ Omega auch in der besten Variante nicht erreicht werden kann (siehe dazu Anlage *Whitepaper PEQ Definition und Operationalisierung*), liegt die Passivhausvariante weniger als 10% des Gesamtkennwertes darüber.

- Der Unterschied zwischen Einreich- und Passivhausvariante ist verhältnismäßig gering, da auch die Einreichvariante eine relativ gute Energieeffizienz aufweist.
- Durch die geplanten innovativen Mobilitätsmaßnahmen (reduzierter Stellplatzschlüssel, e-Ladestationen etc.) kann der sehr gut an den öffentlichen Verkehr angebundene Standort einen extrem niedrigen Kennwert für die Alltagsmobilität erzielen.
- Die OIB Variante liegt ca. 10% über den beiden effizienten Varianten, was vor allem mit dem sehr günstigen Konversionsfaktor der Fernwärme Wien zusammenhängt und den ebenso angesetzten innovativen Mobilitätsmaßnahmen

Durch Maßnahmen im Bereich der baulichen Konstruktion, der konkreten Baustoff- und PV-Wahl (Stichwort PV Module mit hohem erneuerbaren Energieverbrauch hergestellt), Erhöhung der Nutzungsdauern durch hochwertige Produktwahl oder durch eine weitere Verbesserung im Bereich Mobilität wäre auch der PEQ Omega Standard erreichbar.

7.8 Conclusio

Der Entwicklung der Einreichvariante liegen eine Reihe von Detailuntersuchungen zugrunde, die unter den Rahmenbedingungen des Plus-Energie-Quartier-Ansatzes nach Zukunftsquartier ein über den Lebenszyklus wirtschaftlich vertretbares Konzept darstellt.

- Die Systemgrenze PEQ Alfa kann eingehalten werden, wenn auch vorab auf einen Teil der Fassaden-PV verzichtet werden musste. Durch die hocheffiziente Dachausnutzung und die

kombinierten Fassaden PV Module am Gewerberiegel konnte aber insgesamt eine Leistung von fast 600 kWp installiert werden

- Durch den städtischen Kontext mit guter Anbindung an den öffentlichen Verkehr und einer Reihe von Mobilitätsmaßnahmen direkt am Grundstück kann auch der PEQ Grenzwert inkl. individueller motorisierter Alltagsmobilität erreicht werden.
- Die Systemgrenze PEQ Omega, in der auch die graue Energie für die Errichtung und Instandsetzung des Quartiers inkl. der Mobilität berücksichtigt wird, kann trotz konventioneller Bauweise fast eingehalten werden. Diese hat neben dem hocheffizienten Gebäudebetrieb und der erneuerbaren Energieversorgung vor Ort vor allem mit der kompakten Gebäudehülle zu tun.

Insgesamt konnte der Nachweis für das Einreichprojekt erbracht werden, dass der Standard Plus-Energie-Quartier auch im hochverdichteten urbanen Kontext mit verhältnismäßig geringen höheren Herstellungskosten, aber insgesamt geringeren Gesamt-Lebenszykluskosten erreicht werden kann.

8 Planungsbericht Pilzgasse – Ausgestaltung eines energierelevanten PEQ-Planungsprozesses

Im Folgenden werden die Eckpunkte des Planungsprozesses der Pilzgasse anknüpfend an die Ergebnisse des Vorläuferprojektes „Zukunftsquartier“ beschrieben (siehe auch Darstellung des Prozess-Ablaufes in Abbildung 66). Zunächst wird auf die Ausgangssituation für das aktuelle Forschungsprojekt eingegangen. Nachfolgend werden die Planungsphasen städtebaulicher Entwurf, Vorentwurf und Einreichplanung inklusive Änderungen im Einreichprozess abgehandelt.

8.1 Status Quo bei Projektbeginn (Zukunftsquartier 2.0)

Das Projekt Zukunftsquartier 2.0 startete im Sommer 2019 zunächst noch mit der P33 GmbH als Grundstückseigentümer bzw. Bauträger und somit Projektpartner. Für die Generalplanung wurde eingangs die Brandstätter GmbH beauftragt. Zu Beginn des Forschungsprojektes liegt ein erstes grobes Energiekonzept unter Berücksichtigung des Plus-Energie-Standards gemäß der im Vorgängerprojekt erarbeiteten Definition vor. Im Projekt ZQ2.0 wurde diese Definition sowie der hieraus erbrachte Plus-Energie-Nachweis verfeinert und nachgeschärft (siehe Kapitel 4.1). Eine dynamische Simulation des Quartiers lieferte eine erste Grobabschätzung des Energiebedarfs. Die Annahme des Baustandards basiert auf OIB RL6 2019, 16er Linie.

Eine Wärmeversorgung auf Basis von Grundwasser wird geprüft und auf Grund der örtlichen Rahmenbedingungen ausgeschlossen. Die Installation von Tiefensonden in Kombination mit einem Fernwärme-Anschluss wurde ebenso sondiert und als technisch möglich befunden. Eine Wärmeversorgung durch Biomasse und Solarthermie wurde von Anfang an ausgeschlossen und daher nicht geprüft. Die Fernwärme wurde zur Grundlastabdeckung vorgesehen, um die Kosten durch eine geringere Anschlussleistung niedrig zu halten. Die Tiefensonden sollten dementsprechend zur Spitzenlastabdeckung herangezogen werden. Für das gesamte Areal wurde eine zentrale Wärmepumpe angedacht. Als Abgabesysteme wird Bauteilaktivierung, ein System auf Niedertemperaturniveau, vorgesehen. Einzig im Kindergarten soll über eine Fußbodenheizung geheizt werden.

Die Stromversorgung soll durch PV-Eigendeckung und Wind-Peak Shaving erfolgen. Das Konzept zur Bedarfsdeckung ist in 5.7.1 ausgeführt. Auf Basis des Gebäudeentwurfs konnte bereits eine erste grobe PV-Belegung durchgeführt werden. Dabei konnte die (nach PEQ-Definition) notwendige Leistung erreicht werden.

Für die Warmwasserversorgung wurde eine Variantenanalyse durchgeführt. Die Lüftung wurde mit Ausnahme der Büros, für die eine kontrollierte Lüftung mit WRG avisiert wird, als Abluftsystem vorgesehen.

Zu diesem Zeitpunkt waren bereits diverse Workshops zum Thema Nutzer*innenintegration durchgeführt.

Eine erste Mehrkostenabschätzung auf Basis einer LCC wurde durchgeführt.

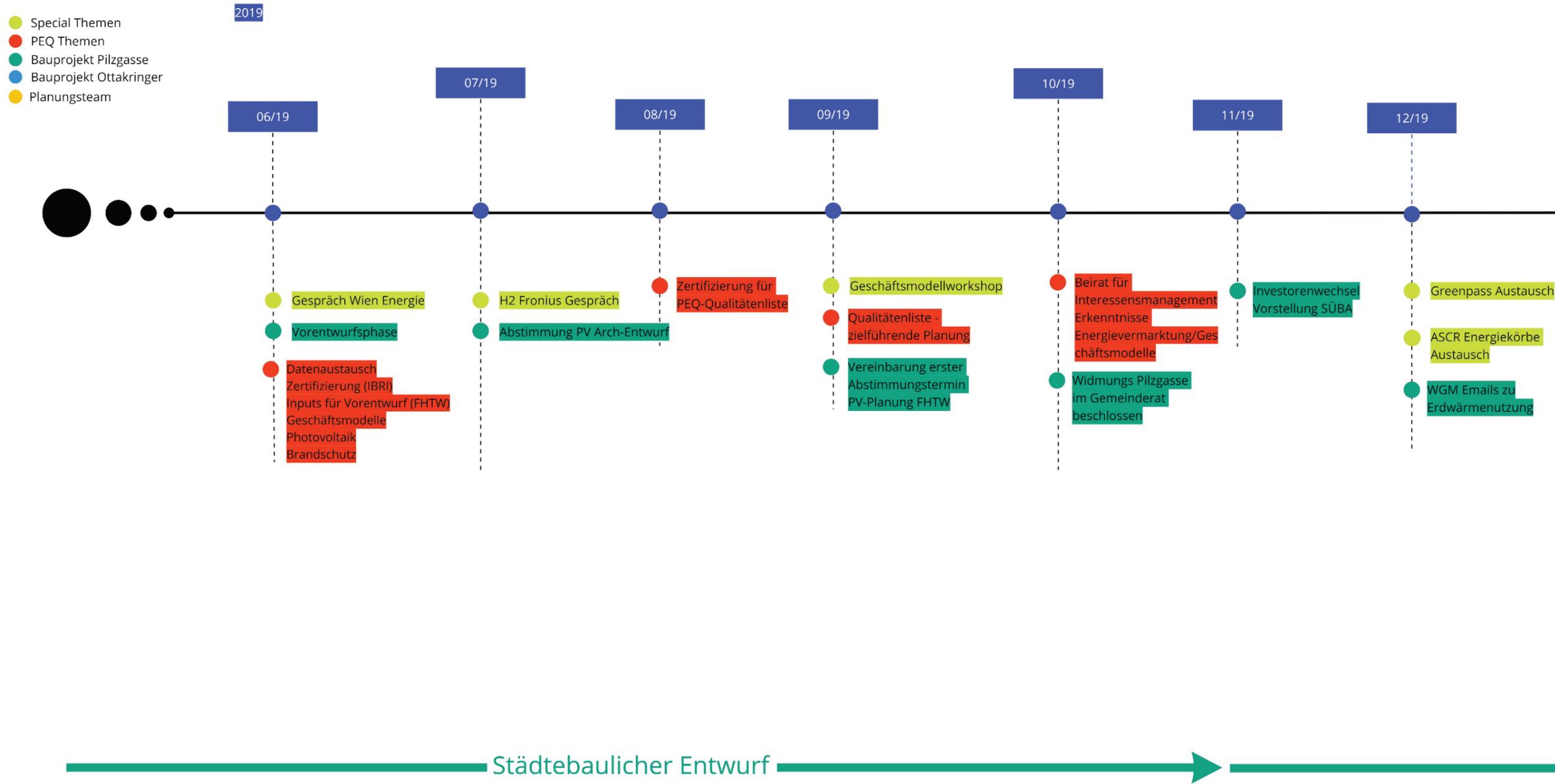


Abbildung 65: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2019.

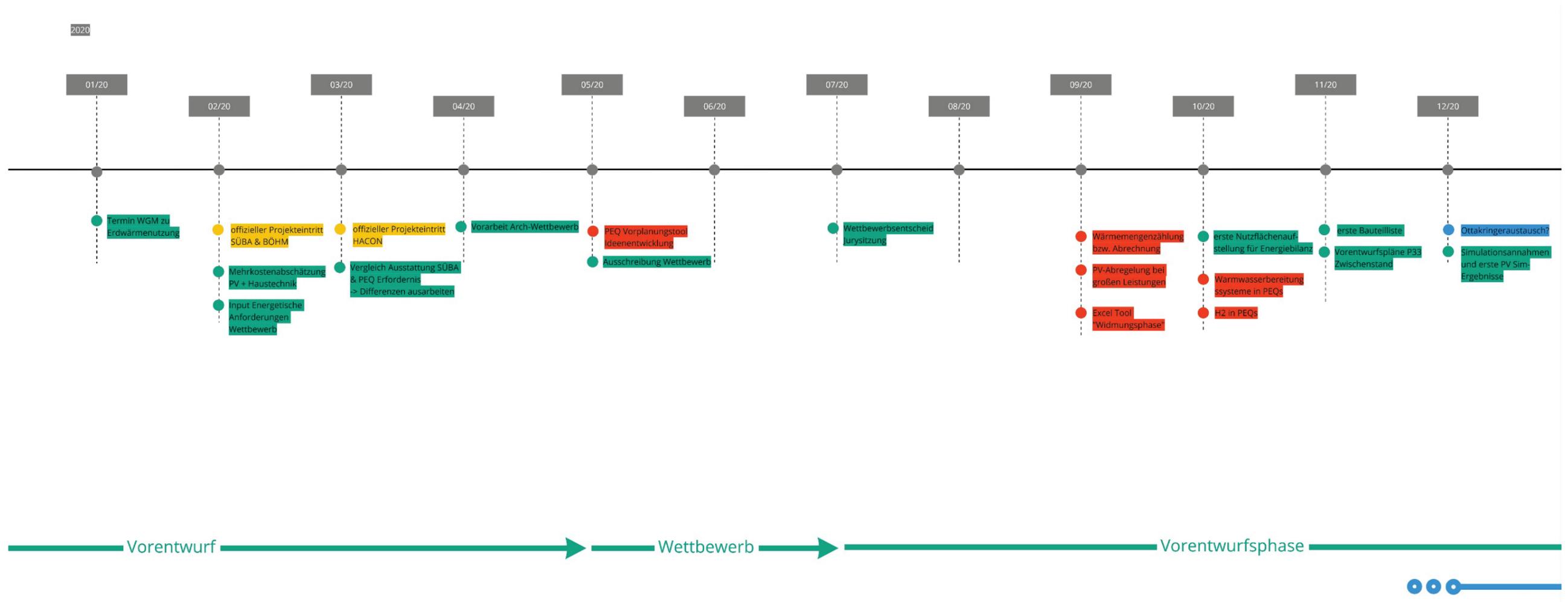


Abbildung 66: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2020.

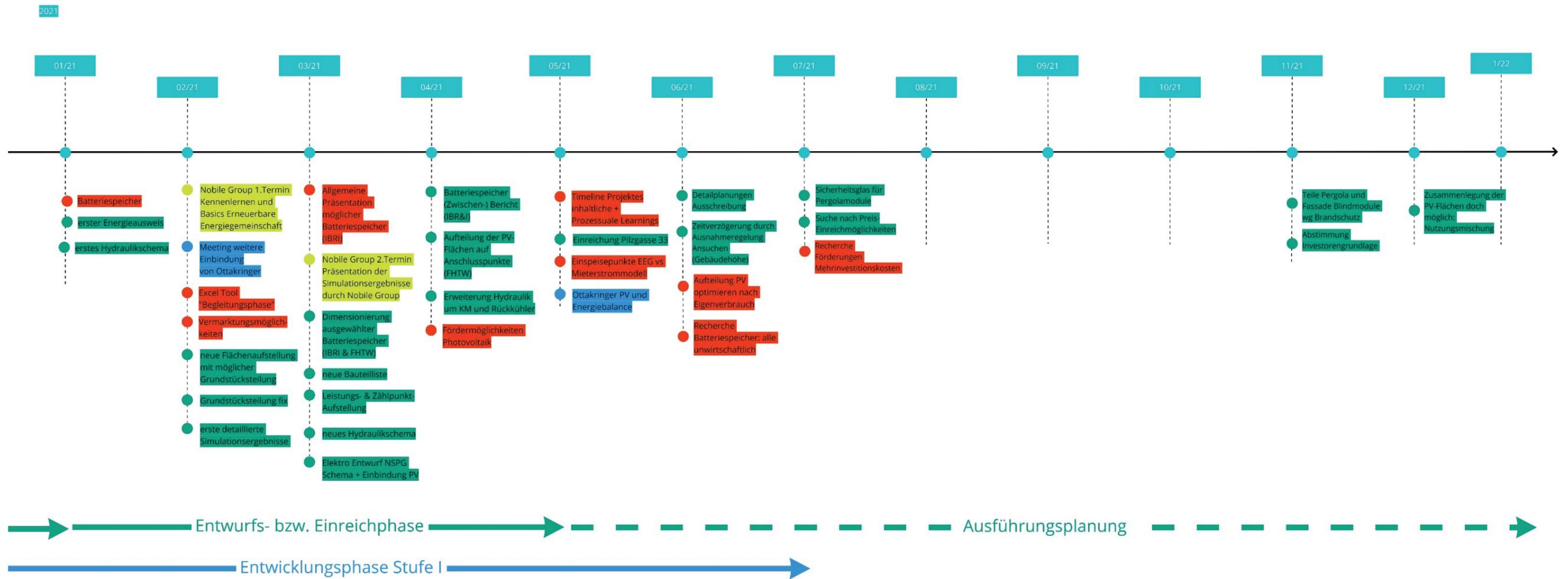


Abbildung 67: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2021.

8.2 Städtebaulicher Entwurf

Das Projekt Pilzgasse wird wissenschaftlich im Forschungsprojekt „Zukunftsquartier 2.0“ beginnend mit der Planungsphase zum städtebaulichen Entwurf begleitet.

Tabelle 33: Ausgangsstatus für die Phase des städtebaulichen Entwurfs

Gebäudehülle/Effizienz	Gemäß OIB RL6 2019, 16er Linie
rechtl./wirtschaftl. Aspekte	-
Wärmeversorgung	Kombination FW (Grundlast) und Tiefensonden (Spitzenlast)
Haustechnik (Lüftung, Heizung, Warmwasser)	Wärmeabgabe durch BTA (Kindergarten mit FBH). Abluftsystem in WG, kontrollierte Lüftung in NWG. Variantenanalysen zur Warmwasserversorgung.

In dieser Phase werden Detaillierungen der vorangegangenen Grobplanung vorgenommen und Bauteilaufbauten, Fenster und Fensterorientierung konkretisiert. Für die Beleuchtung und die Varianten der Nutzungsmischung werden die verwendeten Default-Werte angepasst.

Allfällige, mögliche Zielkonflikte werden identifiziert (z.B. PV-Anlagen statt Freiräumen am Dach, etc.), um gemeinsam mit dem damaligen Generalplaner eine PE-Qualitätenliste ausarbeiten zu können (siehe Qualitätenliste im Anhang). Auf Basis der nunmehr feststehenden Kubaturen kann ein Nachziehen der PV-Planung stattfinden. Weiters werden in dieser Phase erste Gespräche mit dem Fernwärmeversorger betreffend der Bereitstellung von Flexibilitäten geführt. Ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich für das Quartier auf Grund der reduzierten Anschlussleistung durch die Pufferung der BTA. Die Verwendung eines Wasserstoffspeichers wird geprüft. Dazu gibt es erste abklärende Gespräche mit dem Kooperationspartner Fronius.

In dieser Phase werden im Rahmen eines Workshops erste Überlegungen zu möglichen Geschäftsmodellen diskutiert (siehe Kapitel 10).

Auf Basis des städtebaulichen Entwurfs erfolgt die Beschlussfassung zur Umwidmung im Gemeinderat.

8.3 Vorentwurf

Tabelle 34: Ausgangsstatus für die Phase des Vorentwurfs

Gebäudehülle/Effizienz	OIB RL6 2019, 16er Linie
rechtl./wirtschaftl. Aspekte	Workshop zu Geschäftsmodellen hat stattgefunden
Wärmeversorgung	Kombination FW (Grundlast) und Tiefensonden (Spitzenlast)
Haustechnik (Lüftung, Heizung, Warmwasser)	Wärmeabgabe durch BTA (Kindergarten mit FBH). Abluftsystem in WG, kontrollierte Lüftung in NWG

Zu Beginn dieser Phase kommt es zu einem Investorenwechsel, da die Projektentwicklungsgesellschaft P33 (vormalige Projektpartnerin) das umgewidmete Gebiet an die SÜBA Projekterrichtungs GmbH verkauft. Die SÜBA entscheidet sich auf Basis der neuen Widmung einen weiteren Architekturwettbewerb auszuschreiben. In die Auslobungsunterlagen werden detaillierte Spezifikationen zur Erreichung eines Plus-Energie-Quartiers eingeschrieben, beispielsweise

Wandstärken, PV-Fläche, Wärmeversorgung sowie Aspekte der technischen Gebäudeausrüstung betreffend (siehe Kapitel zu Energetische Anforderungen aus dem Architekturwettbewerb, 12.05.2020 im Anhang). Den Bewerber*innen wird angeboten, sich für Rückfragen und Vorabprüfung direkt an das Planungsteam zu wenden. Dieses Angebot wurde jedoch kaum in Anspruch genommen. Vor Entscheidung durch die Jury werden die Einreichunterlagen durch zwei Projektpartner*innen auf Berücksichtigung von PEQ-Aspekten geprüft. Ergebnis des Architekturwettbewerbs sind nicht nur ein neues Planungsteam sondern auch neue Kubaturen, die eine maximale PV-Belegung begünstigen.

Zur Bewertung des Zusammenspiels zwischen Photovoltaik und Architektur wird der Kostenfaktor für die architektonische Integration von PV-Modulen ermittelt. Dabei werden unterschiedliche Gestaltungsvarianten verglichen (Standardmodule, BIPV, farblich angepasste Module) (siehe Kostenüberblick im Anhang). Es wird diskutiert, die PV bei großen Leistungen zur Reduktion der Anschlussleistung abzuregeln. Somit können die Anschlusskosten minimiert werden. Die Thematik erübrigt sich dann jedoch im weiteren Planungsprozess.

Nach nochmaliger Rücksprache mit der zuständigen Behörde Magistratsabteilung 45 - Wiener Gewässer und Einbringen eines Gutachtens wird von dieser festgehalten, dass die Bohrung der Tiefensonden trotz Kontamination des Erdreichs die Qualität des Grundwassers nicht beeinträchtigen wird. Die Installation der Sonden habe jedoch unter erhöhten Sicherheitsmaßnahmen zu erfolgen und muss durch ein Monitoring überwacht werden. Somit kann die Wärmebereitstellung nun alleinig über eine zentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe durchgeführt werden.

Die Kostenschätzung in Form einer LCC-Analyse wird auf Basis der Differenzkosten zwischen dem Baustandard der SÜBA und der Qualität nach PEQ-Standard nachgezogen. Dabei wird auch die Gebäudehülle nach Bauträgerstandard mit jener eines Passivhauses verglichen. Letztlich fällt die Entscheidung auf Grund des geringen energetischen Unterschieds zugunsten des Bauträgerstandards aus.

Es werden weitere Variantenvergleiche zur Warmwasserbereitung vorgenommen. Untersucht werden eine zentrale Wärmepumpe - Niedertemperatur, eine zentrale Wärmepumpe mit dezentralen Frischwasserstationen, eine dezentrale Wärmepumpe - Niedertemperatur, ein dezentraler Speicher und die Desinfektion mit Filtern zur Vermeidung von Legionellen. Zusätzlich wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausgewählter Varianten durchgeführt. Auf Basis der Ergebnisse sowie auf Grund von Platzverfügbarkeit wird die Entscheidung für eine zentrale Warmwasserbereitung in den Wohnbereichen gefällt. Wegen des geringen WW-Bedarfs in den Büros bietet sich dort eine dezentrale Versorgung an.

Eine Wärmemengenzählung/Abrechnung pro m² wird geprüft. Dafür wird ein Rechtsgutachten beauftragt, mit dem Ergebnis, dass eine Abrechnung pro Flächeneinheit grundsätzlich möglich ist (siehe Memo zur Heizkostenabrechnung im Anhang).

Das Ende der Vorentwurfsphase bildet die Fertigstellung der architektonischen Vorentwurfpläne. Dem folgt ein Nachziehen der Energieplanung inklusive einer groben Abschätzung der PV-Belegung.

8.4 Einreichplanung

Tabelle 35: Ausgangsstatus für die Phase der Einreichplanung

Gebäudehülle/Effizienz	OIB RL6 2019, 16er Linie
rechtl./wirtschaftl. Aspekte	Nachziehen der Mehrinvestitionskosten
Wärmeversorgung	Tiefensonden möglich, 1 zentrale WP
Haustechnik (Lüftung, Heizung, Warmwasser)	Wärmeabgabe durch BTA (Kindergarten mit FBH). Abluftsystem in WG, kontrollierte Lüftung in NWG, Entscheidung zentrale WW-Bereitung, PV Belegung für neuen Architektorentwurf

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Einsatz von Batteriespeichern auf Basis einer Life-Cycle-Costs-Analyse wird durchgeführt. Basierend auf Anforderungen und Einsatzzweck wird eine Auswahl möglicher Technologien getroffen. Eine vereinfachte Auslegung wird anhand der Eigenverbrauchsoptimierung bzw. Optimierung der Zyklenzahl vorgenommen (siehe auch Kapitel 4). Fazit: Batteriespeicher sind auf Grund der Mischnutzung und des hohen Eigenverbrauchs nur in kleinem Maßstab wirtschaftlich sinnvoll. In dieser Phase liegt erstmals ein Energieausweis inkl. bauphysikalischer Werte vor. Auf Basis der Bauphysik und des neuen Architekturplans werden detaillierte Simulationen durchgeführt.

Es werden allgemeine Vermarktungsmöglichkeiten für Plus-Energie-Quartiere für die Zielgruppen Investor*innen und Mieter*innen entwickelt.

In Annahme eines möglichen Weiterverkaufs der Immobilie mit Grundstücksteilung (Büro/Wohnen) werden mögliche Auswirkungen auf das elektrische und thermische Energiesystem diskutiert. Als drastische Konsequenzen im Ernstfall werden die Auflösung der Vorteile der Nutzungsmischung, auf Grund der Trennung der PV-Flächen, sowie die Trennung des Erdsondenfeldes und daraus resultierende Auswirkungen auf das Geschäftsmodell identifiziert.

Es werden erste Überlegungen zu erneuerbare Energiegemeinschaften getätigt (siehe auch Kapitel 10.1.2). Zu diesem Zeitpunkt sind die rechtlichen Rahmenbedingungen noch nicht umfassend absehbar waren. Es besteht die Sorge, dass Investoren hiervon abgeschreckt werden könnten. Weiters werden Überlegungen zum Mieterstrommodell angestellt und in Folge forciert (siehe Kapitel 10.1.1). Darauf folgt die Entscheidung, dass die PV-Anlage im Eigentum des Investors SÜBA verbleiben soll, mit dem nunmehr maximal zu erreichenden Ziel der Eigenverbrauchsoptimierung. Der Reststrombedarf wiederum solle über Wind-peak Shaving gedeckt werden. Dieser könnte über einen österreichischen Windparkbetreiber bezogen werden. Überschüsse wiederum würden mit einer Einspeisevergütung ins Netz gespeist. Eine Recherche zu Fördermöglichkeiten inklusive einer Abschätzung, welche Förderungen noch vorhanden sein werden, wird vorgenommen.

Es stellt sich heraus, dass auf Grund einer limitierten Trafo-Anschlussleistung je Abgang (maximal zwei Abgänge können zusammengeschlossen werden) eine Aufteilung der zu versorgenden Nutzungen auf verschiedene Sammelschienen notwendig ist, welche jeweils auf ein oder zwei Abgängen am Transformator angeschlossen werden. Aufgrund dieser Aufteilung sind auch die PV-Flächen aufzuteilen und spezifisch auf die Sammelschienen zuzuweisen. Somit würde jedoch der Vorteil der Nutzungsmischung entfallen. Es wird daher nach einer Lösung gesucht. Es zeigt sich weiters, dass noch nicht genau abgeschätzt werden kann, wie viel Abwärme durch das Gewerbe entstehen wird und ob

eine thermische Ausbalancierung der Tiefensonden sichergestellt werden kann. Als Back-up wird daher eine Rückkühlanlage vorsorglich eingeplant.

Die Simulationen zum Energiekonzept werden auf Grund von Planungsänderungen immer wieder nachgezogen (iterativer Prozess). Schlussendlich wird die Baueinreichung vorgenommen.

Adaptierungen im Einreichprozess:

Auf Basis von Brandschutzaufgaben in der gegenständlichen Gebäudekategorie 5, der die Pilzgasse unterliegt, konnte ein geeignetes brandschutz zertifiziertes (bs1d0) Glas-Glas-Modul gefunden werden. Die Pergolaflächen werden teilweise verkleinert und die freierwerdende Fläche in Auf-Dach-Flächen umgewandelt, um höhere Leistungen unterzubringen. Von der Anbringung von PV an Fassaden sowie an Balkonen wird abgesehen (zusätzlich wäre hier eine separate und projektspezifische Prüfung gegen das Herabfallen großer Teile notwendig).

Nach Rücksprache mit den Wiener Netzen stellte sich heraus, dass eine Sammelschiene für das ganze Quartier und in weiterer Folge eine Versorgung aus der gesamten PV-Anlage weiterhin nicht möglich ist. Der Zusammenschluss der Nutzungen zu verschiedenen separaten Sammelschienen und die Versorgung derer mit spezifisch zugewiesenen Teilen der PV-Anlage bleibt demnach aufrecht. Die quantitative Aufteilung der PV-Anlage (statisch) auf die Sammelschienen erfolgt für das Ziel einer größtmöglichen Eigenverbrauchsquote der Gesamtanlage.

Tabelle 36: Status bei Baueinreichung (Status zum Zeitpunkt der Berichtserstellung)

Gebäudehülle/Effizienz	OIB RL6 2019, 16er Linie
rechtl./wirtschaftl. Aspekte	Mieterstrommodell wird weiter betrachtet
Wärmeversorgung	Tiefensonden, zentrale WP
Haustechnik (Lüftung, Heizung, Warmwasser)	Wärmeabgabe durch BTA (Kindergarten mit FBH). Abluftsystem in WG, kontrollierte Lüftung in NWG, Entscheidung zentrale WW-Bereitung in WG, dezentrale strombasierte WW-Bereitung in NWG, PV-Flächen aufgeteilt, Pergola verkleinert und Fassadenmodule umgewandelt

8.5 Prozessuale Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess

Zusammenfassend können als wichtigste prozessuale Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess nachfolgende Aspekte genannt werden:

- Zu Projektstart sollte der PEQ-Standard als gemeinsame Zielsetzung und Definition festgehalten werden.
- Eine begleitende dynamische Gebäude- und Anlagensimulation ist Voraussetzung für die Dimensionierung eines PE-Energiesystems.
- Die Kostenberechnungen sollte bevorzugt als Life-Cycle-Cost-Analyse auf Basis einer Mehrkostenbetrachtung durchgeführt werden.
- In der PE-Planung ist mit zeitlichem und finanziellem Mehraufwand zu rechnen.
- Geeignete Geschäftsmodelle und Aspekte der Nutzer*inneneinbindung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Plus-Energie-Quartiere nach dem hier beschriebenen Plus-Energie-Standard unterscheiden sich besonders in energietechnischer Sicht von konventionellen Quartieren. Ein konventioneller Planungsprozess ist somit nicht ausreichend zweckmäßig für die Planung eines Plus-Energie-Quartiers. Im Planungsverlauf des vorliegenden Projektes, welcher sich in wesentlichen Aspekten von einem konventionellen Planungsverlauf unterscheidet, konnte dies mehrfach bestätigt werden. Um eine möglichst reibungslose Umsetzung eines PEQs zu gewährleisten, sollte bereits bei der Konzeption des Planungsprozesses auf die Besonderheit von PEQ Rücksicht genommen werden. Das folgende Kapitel beschreibt die PEQ-relevanten Aspekte der einzelnen Leistungsphasen und soll damit Planungsteams in zukünftigen PE-Planungsprozessen unterstützen.

Nachfolgend wurden die Leistungsphasen nach Lechner (2014) für die Anwendung an einem Plus-Energie-Quartier erweitert und angepasst. Hierfür wurden die energierelevanten Leistungen *Objektplanung-Architektur*, *Bauphysik/Brandschutz* und *Technische Ausrüstung*, welche den technischen Part des Planungsprozesses darstellen, gesammelt herangezogen und die einzelnen Leistungsphasen um die für PEQ relevante Aspekte ergänzt.

Zudem wird ausdrücklich empfohlen, in die Auslobungsunterlagen für den Architekturwettbewerb, welcher den beschriebenen Leistungsphasen vorangestellt ist, Spezifizierungen der PEQ-Qualitäten vorzusehen. Hierdurch können die architektonischen Voraussetzungen für ein PE-Konzept sichergestellt und möglichen Zielkonflikten vorgebeugt werden.

Abbildung 68 zeigt die PEQ-relevanten Planungsqualitäten der jeweiligen Leistungsphasen in einem idealen PEQ-Planungsprozess. In den darauffolgenden Kapiteln werden die einzelnen Leistungsphasen im Detail beschrieben. Zur Qualitätssicherung wurden diese relevanten Stakeholder vorgelegt und in einem gemeinsamen Prozess nachgeschärft (siehe Gesprächsprotokoll zu prozessualen Erkenntnissen aus dem PEQ-Planungsprozess im Anhang).

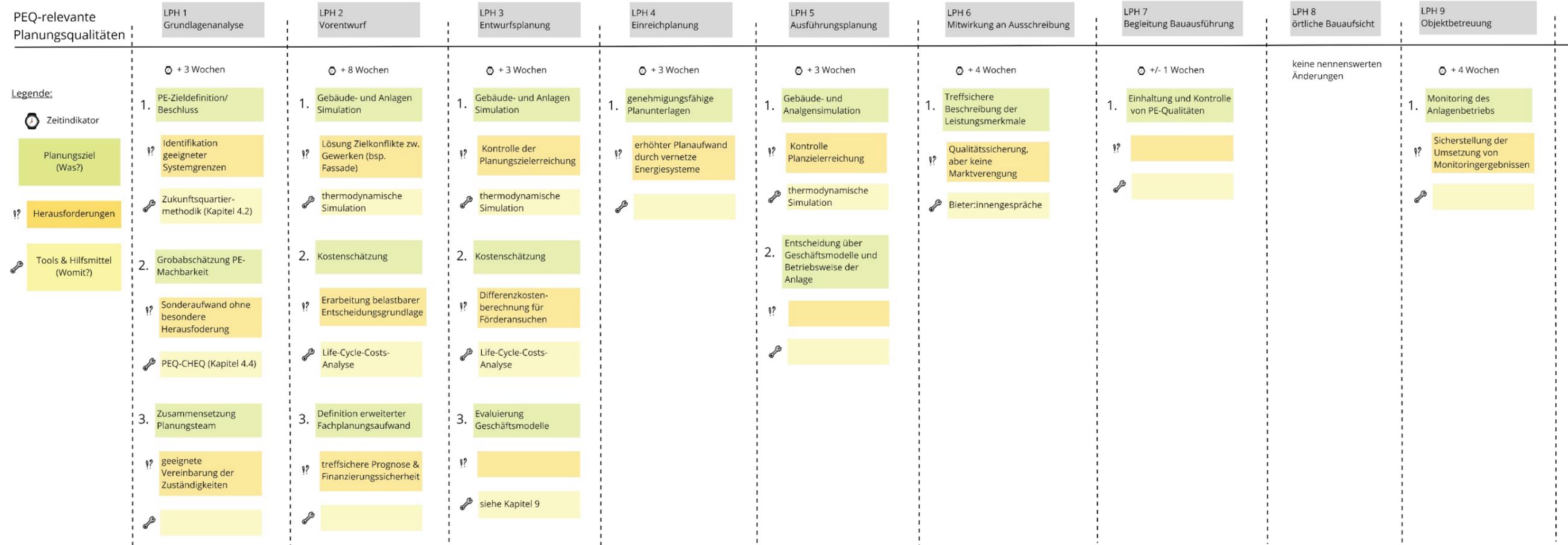


Abbildung 68: idealer PEQ-Planungsprozess.

8.5.1 Grundlagenanalyse (LPH 1)

In der Leistungsphase der Grundlagenanalyse ist für die Bereiche der Objektplanungs-Architektur, Bauphysik/Brandschutz und Technische Ausrüstung zunächst der Beschluss über das gemeinsame Ziel eines Plus-Energie-Standards festzuhalten. Hierbei ist besonders auf ein gemeinsames Verständnis der Definition des Plus-Energie-Standard (siehe Kapitel 4.1) zu achten und geeignete Systemgrenzen zu definieren.

Im Fokus der Ortsanalyse sowie der Beratung zum Untersuchungsbedarf steht insbesondere das für die PEQ-Planung essenzielle energetische Grundstückspotenzial. Hierzu zählen Sonneneinstrahlung, Grundwasser-, Geothermie- und Windpotenzial, sowie etwaige hemmende Faktoren wie Fremdverschattung und Unterbauungen. Eine Grobabschätzung über die Machbarkeit der Zielerreichung des Plus-Energie-Standard ist durchzuführen. Dafür steht das in Kapitel 4.4 beschriebene Tool „PEQ-CHEQ“ zur Verfügung.

Des Weiteren soll an dieser Stelle die Bedeutung einer geeigneten Zusammensetzung des Planungsteams in dieser Leistungsphase für einen PEQ-Planungsprozess hervorgehoben werden. Wesentlich ist das Vorhandensein von PEQ-relevanten Planungskompetenzen zu Themen der Energiekonzipierung (Geothermie, Photovoltaik) aber auch Gebäudesimulationen, Zertifizierung und gegebenenfalls Plus-Energie-Erreichung im Planungsteam.

8.5.2 Vorentwurf (LPH 2)

In der Leistungsphase Vorentwurf ist für die PEQ-Planung eine erste dynamische Gebäude- und Anlagensimulation zur Ermittlung von Energiebedarf und -bereitstellung, sowie die Überprüfung der Erreichung des PE-Standards und des thermischen Komforts im Innenraum durchzuführen. Diese kann mit dem in Kapitel 4.4 beschriebenen Plus-Energie-Tool durchgeführt werden. Wenn in der ersten Phase LPH 1 bereits mit dem PEQ CHEQ gearbeitet wurde, können daraus Eingaben übernommen werden. Die Simulation wird für mehrere primäre Varianten durchgeführt, einschließlich einer konventionellen Referenzvariante zur Ermittlung der relativen Einsparungspotentiale. Auf Zielkonflikte unter den beteiligten Gewerken, wie beispielsweise hinsichtlich der Art der Fassadennutzung muss verstärkt geachtet werden.

In dieser Leistungsphase ist mit einem erhöhten Aufwand in Bezug auf Abstimmungen mit Behörden zu rechnen.

Da erhöhte Investitionskosten meist einem günstigeren Betrieb gegenüberstehen, sollten in der PEQ-Planung Kostenschätzungen durch Betrachtung der Lebenszykluskosten ergänzt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass eine Mehrkostenbetrachtung aufgrund der Erreichung des PEQ-Standards bei der Beantragung von Fördergeldern hilfreich sein kann.

In der Vorentwurfsphase werden der erweiterte Aufwand für Fachplanungen definiert und vereinbart. Hierzu zählt der Mehraufwand durch Planänderungen sowie Sonderfachplanungen für PEQ-spezifische Planungsaspekte, wie beispielsweise die thermische Gebäudesimulation und Erdsondenplanung, welche gegebenenfalls extern beauftragt werden muss. Auch sollten die Zuständigkeiten für das Monitoring in dieser Phase festgelegt werden. Diese liegen typischerweise beim TGA-Planungsteam. Eine Abstimmung mit Erfordernissen für Förderanträge kann hierbei sinnvoll sein.

Die Vorentwurfsphase hat einen besonderen Stellenwert in der PEQ-Planung. Es ist dadurch mit einem deutlich erhöhten zeitlichen und finanziellen Aufwand zu rechnen. Dieser wird beispielsweise durch einen zusätzlichen Simulations- und Abstimmungsaufwand mit den Behörden verursacht. In dieser Phase sollten erste Schlüsseltechnologien identifiziert werden, wodurch eine Abschätzung des Mehraufwandes und Überprüfung des Zeitplanes möglich wird.

8.5.3 Entwurfsplanung (LPH 3)

In dieser Phase ist damit zu rechnen, dass es aufgrund des innovativen Charakters von PEQ Projekten nochmals zu Konzeptänderungen kommen kann. Diese können beispielsweise durch Weisungen von Behörden oder Änderung der Machbarkeit von Geschäftsmodellen verursacht werden.

Grundsätzlich sollte auch in dieser Phase die Kostenberechnung immer lebenszyklisch durchgeführt werden. Eine Differenzkostenberechnung (Mehrkosten aufgrund PE-Standard) ist dabei nicht zuletzt im Hinblick auf Förderansuchen anzuraten. Auf Basis der (Mehr-)Kostenberechnung können Förderungen eruiert und die Entscheidung über deren Beantragung getroffen werden.

In dieser Phase sollten bereits Überlegungen bezüglich möglicher Geschäftsmodelle stattfinden. Partner und Schlüsselunternehmen können in Folge dessen ausfindig gemacht und erste Verhandlungen abgehalten werden.

Die Planungszielerreichung (PE-Standard und thermischer Komfort im Innenraum) ist anhand der begleitenden dynamischen Anlagen- und Gebäudesimulation auch in dieser Phase zu kontrollieren.

8.5.4 Einreichplanung (LPH 4)

Genehmigungspflichtige Energieanwendungen können in dieser Phase erneut zu verlängerten behördlichen Verfahren führen. Es ist dadurch mit einem erhöhten Arbeitsaufwand für das Planungsteam zu rechnen.

8.5.5 Ausführungsplanung (LPH 5)

In der Ausführungsplanung ist aufgrund der erhöhten Anforderungen auf eine besonders klare Angabe der Qualitäten der PE-relevanten Komponenten für die Ausschreibung zu achten.

Die Betriebsweise und Anwendung von Anlagen und Geschäftsmodellen sollte hier festgelegt und beschrieben werden.

Auch in dieser Phase erfolgt die laufende Planzielsteuerung durch die begleitende Anlagen- und Gebäudesimulation mit Fokus auf die PE-Erreichung und den thermischen Komfort.

8.5.6 Mitwirkung an der Ausschreibung (LPH 6)

Auf Basis der Ausführungsplanung werden alle PE-relevanten Qualitäten der Komponenten für die Ausschreibung mit notwendiger, aber nicht überbordender Genauigkeit beschrieben. Hierdurch soll eine Marktverengung vermieden werden, aber dennoch die erforderlichen Qualitäten sichergestellt werden.

Bieter*innengespräche haben in der PEQ-Planung einen besonderen Wert. Angesichts einer erhöhten Anzahl von Gewerken und Sondergewerken, welche beauftragt werden, ist hier ebenfalls mit einem verstärkten Aufwand zu rechnen. Während der Bieter*innengespräche sollte auf eine klare Leistungsdefinition in Zusammenhang mit der qualitativen Schwerpunktsetzung geachtet werden. Somit kann eine Überschätzung, welche sich in höheren Kostenvoranschlägen äußern kann, aber auch eine Unterschätzung der Aufträge vermieden werden. Es sollte außerdem von einer exakten Produktspezifikation in der Ausschreibung abgesehen werden, um gleichwertige kostenschonende Alternativangebote durch den/die BieterIn zu ermöglichen.

8.5.7 Begleitung der Bauausführung (LPH 7)

In dieser Phase gibt es bei Plus-Energie-Planungen keine strukturellen Änderungen oder zusätzliche Erschwernis. Im Gegenteil: Durch die höhere Planungsgenauigkeit in den vorhergegangenen Planungsphasen kann mit einer geringeren Änderungshäufigkeit im Bauprozess gerechnet werden. Es sollte weiterhin besonderer Wert auf die Einhaltung und Kontrolle der ausgeschriebenen Qualitäten gelegt werden.

8.5.8 Örtliche Bauaufsicht (LPH 8)

Hier ist mit keinen nennenswerten Änderungen zu rechnen.

8.5.9 Objektbetreuung (LPH 9)

In der letzten Planungsphase, der Objektbetreuung ist ein Zusatzaufwand durch die Durchführung und Auswertung des Monitorings zu erwarten. Die Beobachtung des Betriebszustandes durch ein Monitoring ist insbesondere bei Plus-Energiequartieren ausschlaggebend für die Optimierung und Sicherstellung einer effizienten Betriebsweise. Es ist festzuhalten, dass ein Abweichen der Messergebnisse im rechtlichen Sinne nicht automatisch als Fehler zu werten ist, jedenfalls bedeutet dies aber ein wichtiges Learning für zukünftige Projekte des Planungsteams.

8.6 Zusammenfassende Darstellung eines optimierten PEQ-Energieplanungsprozesses

Der nachstehend skizzierte PEQ-Planungsprozess reflektiert die hohen Qualitätsansprüche eines PEQs sowie die daraus resultierenden Anforderungen an die Planung. Basierend auf den konventionellen Leistungsphasen werden ergänzende bzw. abweichende Planungsleistungen aufgezeigt:

LPH 1: Grundlagenanalyse

- PEQ-Standard als gemeinsame Zielsetzung festschreiben.
- Abschätzung der grunds. Erreichbarkeit des Plus-Energie-Standards (siehe PEQ-Check Tool).
- Gezielte Zusammenstellung des Planungsteams, um PEQ-spezifische Anforderungen mit entsprechenden Kompetenzen abdecken zu können.

LPH 2: Vorentwurf

- Durchführung einer begleitenden dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation unter Berücksichtigung von Zielkonflikten.
- Kostenbetrachtung in Form einer Lebenszykluskosten-Analyse.
- Identifizierung des erweiterten Fachplanungsaufwandes (zur Planungssicherheit)

LPH 3: Entwurfsplanung

- Durchführung einer begleitenden dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation zur Kontrolle der Planzielerreichung (PEQ-Qualität).
- Differenzkostenbetrachtung in Form einer Lebenszykluskosten-Analyse.
- Identifikation mögliche Geschäftsmodelle.

LPH 4: Einreichplanung

- Beim Erstellen genehmigungsfähiger Planunterlagen einen Fokus auf die PEQ-spezifischen Charakteristiken legen, welche oftmals mit größerem behördlichem Aufwand einhergehen.

LPH 5: Ausführungsplanung

- Weiterführung einer begleitenden dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation zur Kontrolle der Planzielerreichung (PEQ-Qualität).
- Entscheidung zu Geschäftsmodelle und Betriebsweise der Anlage.

LPH 6: Mitwirkung an der Ausschreibung

- Die Leistungsmerkmale für die Ausschreibung, insbesondere der PEQ-spezifischen Leistungen, treffsicher beschreiben, um dabei eine entsprechende Qualität sicherzustellen aber keine Marktverengung zu bewirken. Bieter*innengespräche bieten eine Plattform für einen produktiven Austausch zwischen Auftraggeber*in und Bieter*innen.

LPH 7: Begleitung Bauausführung (Fokus auf die Einhaltung und Kontrolle der PEQ Qualitäten)

LPH 8: örtliche Bauaufsicht (keine nennenswerten Änderungen)

LPH 9: Objektbetreuung

- Ein Monitoring ist für ein PEQ unablässlich ist. Im Fokus steht die Optimierung des Betriebs.

8.7 Digital Information Modelling im PE-Planungsprozess

Die Besonderheiten und Charakteristiken eines Plus-Energie-Quartiers, führen in der Planung und Konzeptionierung zu spezifischen Herausforderungen (siehe Kapitel 8.5). Digital Information Modelling, kurz DIM, kann diesen Herausforderungen zum Teil begegnen. DIM reicht von Anwendungen im Gebäudebereich (Building Information Modelling) bis zum städtischen Anwendungsbereich (Urban Information Modelling). Im Folgenden werden das Building Information Modelling (BIM) und Urban Information Modelling (UIM) vorgestellt und potenzielle Vorteile in der PEQ-Planung, sowie derzeitige Herausforderungen beider Prozesse erläutert.

8.7.1 BIM

Der BIM-Software-Hersteller AutoCAD definiert BIM folgendermaßen:

„Building Information Modeling“ (BIM) ist der ganzheitliche Prozess zum Erstellen und Verwalten von Informationen für ein Bauobjekt. Basierend auf einem intelligenten Modell, das durch eine Cloud-Plattform aktiviert wird, integriert BIM strukturierte, multidisziplinäre Daten, um eine digitale Darstellung eines Objekts über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu erstellen – von der Planung über den Entwurf bis hin zum Bau und Betrieb.“ (Autodesk GmbH s.a.)

Der Begriff OpenBIM bezieht sich dabei auf einen Prozess, in dem verschiedene Stakeholder oder Unternehmen gemeinsam Informationen in einem Datenmodell verwalten und austauschen können. Auf internationaler Ebene ist BIM zumindest für größere Projekte weitestgehend etabliert. Ein Einbinden von Daten außerhalb der Gebäudegrenze ist im Allgemeinen nicht möglich (Berger et al. 2021).

In Anlehnung an den in Kapitel 8.5 beschriebenen idealen PEQ-Planungsprozess werden im Folgenden potenzielle Anwendungsbereiche von Gebäudeinformationsmodellen in der PEQ-Planung erläutert:

Klare Zieldefinition

Eine gemeinsame Zieldefinition des Plus-Energie-Standards steht am Anfang jedes PEQ-Planungsprozesses.

Die enge Zusammenarbeit aller Gewerke im BIM-Prozess von Beginn des Planungsprozesses an kann positiv auf eine gemeinsame und klare Zieldefinition wirken.

Erhöhter Abstimmungsaufwand

Durch die meist aufwendige Energieplanung im PEQ Prozess, Feedback-Schleifen, sowie den erhöhten Aufwand durch Abstimmung mit Behörden sind PEQ-Planungsprozesse in der Regel mit einem erhöhten zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Insbesondere in der Plus-Energie-Quartiers-Planung kommt es auf Grund der Abhängigkeiten zwischen den Gewerken (bspw. Energieplanung und Architektur) zu iterativen Prozessen bzw. zu einem nicht-linearen Planungsablauf.

Im BIM-Prozess liegt der Großteil der zeitlichen Aufwendungen in der Erstellung des Basismodells. Änderungen der Planung sowie Variantenvergleiche können in der Regel rasch erstellt werden. Alle beteiligten Gewerke haben dabei zu jedem Zeitpunkt Zugriff auf den aktuellen Informationsstand, wodurch ein sicherer und schneller Informationsaustausch gewährleistet wird. Abhängig von der Länge des Projekts, können bei besonders langen, aufwendigen Planungen schon während des ersten BIM-Projektes eines Planungsteams Zeitersparnisse auftreten.

Begleitende LCC- und LCA Analysen

Begleitende Lebenszykluskosten-Berechnungen sind in der PEQ-Planung auf Grund der oft aufwendigen und kostenintensiven Haustechniksysteme besonders wichtig. Für die Beantragung von Fördermitteln ist außerdem eine begleitende Mehrkostenermittlung der PEQ-spezifischen Komponenten sinnvoll.

Vorhandene BIM-Modelle bestehen aus qualitativen und quantitativen Informationen der einzelnen Komponenten. Durch Hinterlegen von Kostenwerten bzw. ökologischen Kennwerten, können anhand der vorhandenen Massenangaben mit geringem Aufwand LCA und LCC-Analysen erstellt werden.

Betriebsoptimierung & Monitoring

Auf Grund der oftmals komplexen Haustechniksysteme im Plus-Energie-Quartiersbau, ist nach Fertigstellung besonders viel Wert auf die Optimierung der Betriebsweise zu legen. Ein begleitendes Monitoring ist in diesem Fall sehr zu empfehlen.

Für Gebäude mit komplexer TGA-Planung bietet die BIM-Planung für den Betrieb sofort vielfältigen Nutzen. Das aus dem (bis zur Übergabe des Gebäudes ständig ergänzten) BIM-Gebäudemodell bzw. die daraus exportierbare Facility Management (FM) Datenbank enthält alle wichtigen Parameter zur Lage der technischen Anlagen, notwendige Wartungsintervalle, Lebensdauer von Filtersystemen etc. Ein hochautomatisierter Datentransfer im Rahmen eines BIM-Modells ermöglicht auch einen weitaus kostengünstigeren Wechsel des FM- bzw. Monitoring-Dienstleisters.

Die Praktikabilität der Implementierung von BIM besteht darin, dass es das Energie-Performance-Monitoring durch effektives Datenmanagement unterstützt, indem es die Verknüpfung von Datenumgebungen erleichtert. Digitale Sensoren und Zähler werden zum digitalen BIM-Modell des Gebäudes kompiliert, beispielsweise können Informationen über deren Standorte innerhalb des Gebäudes, sowie Sensoreigenschaften verwaltet werden.

Herausforderungen und Schwierigkeiten im BIM-Prozess

Für die Unterstützung des BIM-Prozesses gibt es verschiedene Softwarelösungen. Derzeit bestehen jedoch noch einige Probleme im reibungslosen Umgang mit diesen. Besonders muss auf die Interoperabilität zwischen den Beteiligten geachtet werden. Dafür muss die Verwendung eines gemeinsamen Austauschformats gewährleistet sein. Jedoch gehen Informationen auch durch die Nutzung unterschiedlichen Vokabulars zwischen Anwendungen verloren (Berger et al 2021).

Durch die Komplexität in einem BIM-Prozess ist Know-How und Erfahrung im Umgang mit BIM essenziell für einen effizienten Planungsablauf. Innerhalb eines Unternehmens gibt es viele Personen, die auf unterschiedlichen Ebenen Verantwortung im BIM-Prozess haben: vom Management bis zur Modellierung. Bei Planungsprozessen, in denen mehrere Firmen involviert sind, sollten spezialisierte Personen bzw. Unternehmen für die Koordination des BIM-Prozesses zuständig sein. Diese können auch bei Bedarf die Einschulung von beteiligten Akteur*innen in den BIM-Prozess übernehmen.

Entscheidet sich ein Planungsteam zum ersten Mal für einen BIM-geführten Prozess, ist mit einer signifikanten Lernkurve zu rechnen. Der Aufbau des Basismodells, sowie das Einspielen von Workflows kosten am Anfang des Projektes überdurchschnittlich viel Zeit. Oft kann somit erst bei den Folgeprojekten mit einer Zeitersparnis gerechnet werden. Bei besonders umfangreichen Projekten kann sich aber schon während einer Projektlaufzeit eine Zeitersparnis ergeben.

8.7.2 UIM

Daten und Informationen zu Energieressourcen und -infrastruktur in der Umgebung eines Gebäudes sind auf Grund des Aufwandes im Allgemeinen nicht in BIM enthalten. Um diese Lücke zu füllen haben sich als Erweiterung zu BIM im UIM-Bereich semantische 3D-Stadtmodelle hervorgetan, welche von einigen Städten, inklusive Wien, aufgebaut werden. In der Regel handelt es sich um die Kombination räumlicher und nicht-räumlicher Daten, wie Bevölkerungsdaten, GWR-Daten, Adressen etc.). UIMs können wertvolle Daten und Informationen für die Energieraumplanung auf städtischer und

Quartiersebene bieten. Ein Beispiel eines UIM ist das 3D-Stadtmodell Wiens im CityGML-Format (Berger et al 2021). Derzeit gibt es Vorhaben dieses zu erweitern und Schnittstellen mit Energiesimulationswerkzeugen herzustellen (Berger et al 2021).

In Anlehnung an den in Kapitel 8.5 beschriebenen idealen PEQ-Planungsprozess werden im Folgenden potenzielle Anwendungsbereiche Urbaner Informationsmodelle in der PEQ-Planung erläutert:

Umfassende Datenlage zu (lokaler) Energieinfrastruktur

Plus-Energie-Quartiere sind auf die Bereitstellung lokaler Umweltenergien angewiesen.

Urban Information Modelling wird in Zukunft verstärkt einen Beitrag zur Ermittlung von lokalen Umweltenergiepotenzialen und Energieinfrastruktur leisten können.

Herausforderungen und Ausblick

Das Forschungsprojekt DIM4energy hat sich mit dem Potenzial von DIM in der Plus-Energie-Quartiers-Planung auseinandergesetzt und eine Vision eines zukünftigen UIMs erarbeitet, dass derzeit individuell betrachtete UIMs auf Basis eines CityGML-Datenmodells miteinander verknüpft (Berger et al 2021). Dieses UIM, auch City Information Model genannt, soll ein „zentrales, virtuelles Stadt- und Umgebungsmodell für die Datenpflege bzgl. der Gebäude und Infrastruktur innerhalb einer Stadt über deren gesamten Lebenszyklus“ darstellen (Berger et al 2021). Einige laufende Forschungsprojekte explorieren bereits Aspekte dieses integrierten UIMs. Beispielsweise werden im Projekt Spatial energy planning in Pilotgemeinden ENERGIEatlanten entwickelt, in denen Umweltenergiepotenziale, Infrastruktur, sowie Wärme- und Kälteverbrauch dynamisch dargestellt werden, um Stakeholdern im Hinblick auf die Wärmewende zur Verfügung zu stehen (Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH 2019).

9 Schnittstelle zwischen Nutzer*innen und Technik

9.1 Einleitung

Die Schnittstelle zwischen Nutzer*innen und Haustechnik wird im Zuge der wachsenden Zahl klimafreundlicher Gebäude zur Bewältigung der Energiewende immer wichtiger, vor allem auch da neue Gebäudetechnologien und -funktionsweisen neue Ansprüche an die Interaktion im sozio-technischen Kontext stellen. Neueste Technologien in Gebäuden sollen dabei die Lebensqualität erhöhen und gleichzeitig Nutzerfreundlichkeit ermöglichen - eine teils anspruchsvolle Aufgabe im Spannungsfeld zwischen dem technisch machbaren und den subjektiven Komfortgrenzen der Nutzer*innen (Hui et al. 2017).

9.1.1 Planung

Im Gebäude- bzw. Immobilienbereich gibt es eine Vielzahl an Stakeholdern, die jeweils verschiedenen Interessen nachgehen. Die Donauuniversität hat drei große Interessensgruppen für eine gesamtheitliche Qualität in diesem Bereich identifiziert: Gesellschaft, Investoren bzw. Errichter*in/Betreiber*in und die Nutzer*innen selbst (Bruck 2001) (siehe Abbildung 69). Die Erwartungen von Nutzer*innen bestehen aus Funktionalität, Finanzierbarkeit, Sozialverträglichkeit und positive Identifikation. Bei der Erfüllung dieser Erwartungen können sich die Nutzer*innen positiv mit der Immobilie identifizieren. Investoren hingegen erwarten sich hohe laufende Erträge, hohen Immobilienwert und minimales Risiko (Bruck 2001).

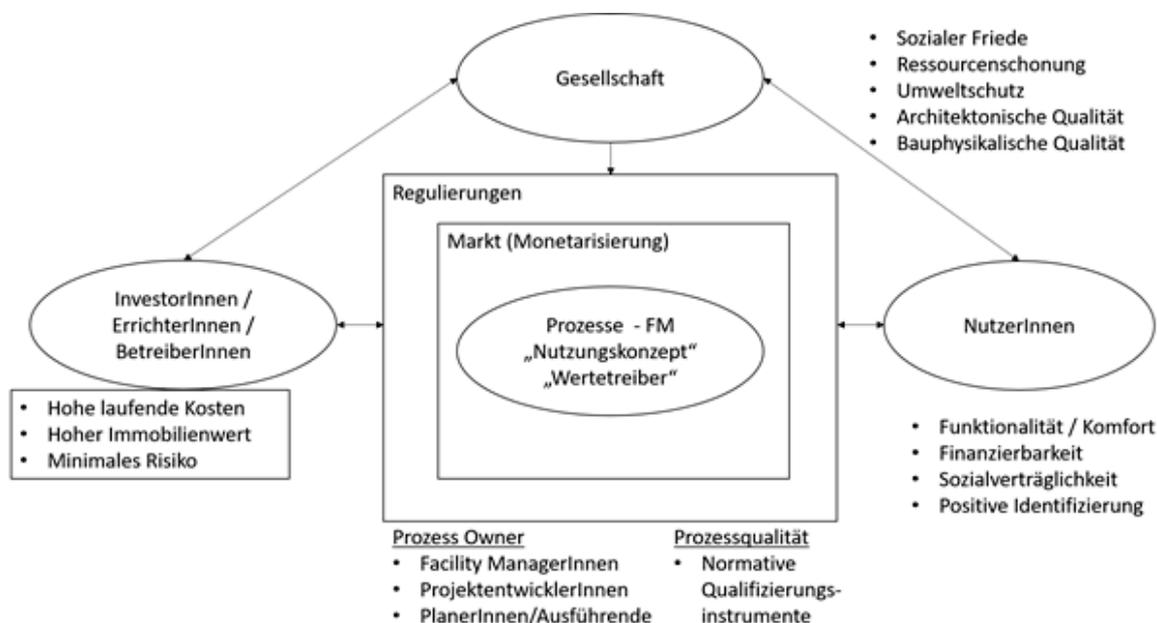


Abbildung 69: Interessensgruppen und Interaktion der Akteur*innen

Zwischen den jeweiligen Anforderungen und Erwartungen der einzelnen Gruppen entstehen Prozesse, die durch Regulierungen vorgegeben sind. Die Prozesse werden durch sogenannte Process-Owner vermittelt - physische Personen, die vor allem durch planende, betreuende und optimierende Dienstleistungen ausgezeichnet sind (Bruck 2001).

Innerhalb dieser Prozesse ist es entscheidend und bereits vor der Planung eines Gebäudes sinnvoll, ein Nutzungskonzept zu erstellen, das für alle späteren planerischen Leistungen als Vorgabe dienen soll (siehe Abbildung 9). Dieses Nutzungskonzept gilt als Teil einer integralen bzw. ganzheitlichen Planung und ist mitverantwortlich für den Erfolg der zukünftigen Nutzung des Gebäudes (Bruck 2001).

Der aktuelle Stand der Technik und Wissensstand neuer Technologien von Ausführenden wie z.B. Architekt*innen ist ebenfalls sehr wichtig, da diese Berufsgruppe das Gebäude von der Idee in die Realität umsetzt und somit neue Technologien einfacher ein- und umsetzen kann (Harrison, Dalton 2011).

9.1.2 Energiesparen, Energieverhalten

Um Energiesparen im Alltag zu etablieren, sollten alltägliche Praktiken und deren Technologien verändert werden. Die Umgestaltung bedeutet jedoch auch ein Umdenken der Nutzer*innen-Rolle. (Jelsma 2003) Man kann einen größeren Erfolg erzielen bzw. das Energieverhalten der Nutzer*innen kann optimiert werden, wenn Nutzungsfreundlichkeit gegeben ist (Knissel, Großklos 2012).

Das Verhalten von Nutzer*innen in nachhaltigen Gebäuden, wie beispielsweise Passivhäusern, ist insofern relevant, da sich diese in der Veränderung des Energieverbrauchs zeigt und gerade in einem Passivhaus im Sinne des zum Einsatz kommenden energetischen Konzepts, begrenzt sein muss. Prinzipiell ist aber kein bestimmtes Verhalten notwendig, es hat sich jedoch gezeigt, dass sich Vorwissen zu Grundprinzipien und der Funktionsweise vorteilhaft ist (Schuck 2007). Wissen Nutzer*innen, wann und woher die Energie kommt, können sie in Bezug auf ihren Energiekonsum sachkundigere Entscheidungen treffen. Dies ist durch Mess- und Kontrollsoftware möglich, ein einfaches grafisches Interface unterstützt zusätzlich die Handhabbarkeit (Trejo-Perea et al. 2013).

Es gibt viele Bemühungen, die Haustechnik und die Kontrollsysteme nutzungsfreundlicher zu gestalten. (Veichtlbauer, Pfeiffenberger 2013) Ein wichtiger Aspekt dabei ist jedoch die Nutzer*innen selbst miteinzubeziehen, beispielsweise durch sozialwissenschaftliche Begleitforschung und in einer späteren Projektphase im Rahmen des Monitorings (Schulze et al. 2015).

Knissel und Großklos 2012 haben in einem Projekt in drei Phasen gezeigt, dass die Nutzungsfreundlichkeit bei Wohnungslüftungsanlagen und die Möglichkeiten zu deren Weiterentwicklung hilft, das Verhalten von Nutzer*innen zu optimieren. Bei der bedarfsabhängigen Lüftung (in vier Wohngebäuden über zwei Jahre) wurde darauf geachtet, dass die Bedienung der Geräte einfach ist und es die Möglichkeit einer Rückmeldung von bewerteten Feedbacks gibt. Dadurch können Unsicherheiten bei den Nutzer*innen abgebaut und deren Verhalten optimiert werden (Knissel, Großklos 2012).

9.1.3 Nutzungsfreundlichkeit, Usability

Die Nutzungsfreundlichkeit unterschiedlicher Umsetzungen der für die Nutzer*innen zugänglichen Haustechnik wurde in einigen Forschungsprojekten erfasst, mit Fokus auf der Optimierung des Betriebs und der Zufriedenheit im Gebäude. Dabei wurden in vielen Fällen Passivhäuser auf deren Alltagstauglichkeit beforscht und die Bewertungen der Nutzer*innen zur Weiterentwicklung eingeholt. Folgend werden einige dieser Projekte kurz vorgestellt:

Schakib-Ekbatan et al. 2010 überprüfen in ihrer Arbeit den Betrieb eines **bestehenden Bürogebäudes auf soziokulturelle Aspekte**. Dazu wurde der standardisierte INKA Fragebogen (Karlsruher Institut für Technologie 2010) zur Befragung der Nutzer*innen herangezogen, um deren subjektive Bewertungen zu erheben und schlussendlich eine strukturierte Nutzungszufriedenheitsanalyse zu erstellen. Die Ergebnisse des Fragebogens ergeben einen Gesamtindex für das Gebäude, um Qualitäten des Gebäudes zu verdeutlichen und Optimierungspotenziale hervorzuheben.

Die sogenannten „**Effizienzhäuser Plus**“ (Schulze et al. 2015) sind Modellhäuser im Passivhausstandard, die Energie über Photovoltaik generieren. Zusätzlich wurde ein Mobilitätskonzept mit Elektro- bzw. Hybridautos und Pedelecs bereitgestellt. Zur Unterstützung kamen ein Energiemanagement und Informations- und Kommunikationstechnologien zum Einsatz. Die Effizienzhäuser sind ein technisches und sozialwissenschaftliches Monitoring durchlaufen, indem zwei Familien hintereinander jeweils ein Jahr in einem Effizienzhaus wohnten und die Haustechnik testeten. Ziel des Monitorings war die Überprüfung der Alltagstauglichkeit des Gebäudes aus Sicht der Nutzer*innen, dazu zählten unter anderem die Handhabung der Geräte, thermischer Komfort, Testen der Anreize zum Energiesparen und des Mobilitätskonzepts. Komfort der Nutzer*innen beinhaltet neben subjektiven Wünschen ebenso physiologische Bedürfnisse, also thermische, visuelle und akustische Qualitäten (Bruck 2001). Aufgrund der Länge des Gebäudetests konnten Daten für alle Jahreszeiten erhoben und bewertet werden. Die Zufriedenheit der Familien wurden durch verschiedene sozialwissenschaftliche Methoden erhoben: einerseits wöchentliche und vierteljährliche Fragebögen, andererseits persönliche Befragungen vor Ort. Zusätzlich gab es Logbücher für Fehlermeldungen und Fragen zur Haustechnik. Die Bewohner*innen waren insgesamt zufrieden mit der Wohnsituation und konnten zusätzlich Anregungen zur Verbesserung der Handhabung der Haustechnik einbringen (Schulze et al. 2015).

In einem weiteren Projekt wurden Bewohner*innen von acht **mehrgeschossigen Passivhäusern** in Wien und Salzburg zu Ihrer Bewertung nach deren Bezug befragt. Laut Keul 2010 ist die sogenannte „**Post-Occupancy Evaluation**“ ein gutes Mittel zur Identifikation der Wünsche der Bewohner*innen, aber auch zur Messung des sozialen Grads des technologischen Innovationsprozesses. Ein Ergebnis des Projekts war, dass es einen statistischen Zusammenhang zwischen Wohnzufriedenheit der Bewohner*innen und der Technikvermittlung gibt. Es gab in den verschiedenen Gebäuden unterschiedliche Herangehensweisen bezogen auf die Technikvermittlungen, beispielsweise Handbücher, Einführung vor Ort bis hin zu Versammlungen.

Schakib-Ekbatan et al. 2012 haben sich ebenfalls mit der „**Post-Occupancy Evaluation**“ beschäftigt und die Empfehlung der Nutzungszufriedenheitsanalyse hervorgehoben (siehe Abbildung 70). Die umfassende Erstbefragung dient als Basis um Optimierungspotenziale zu identifizieren, anschließend Maßnahmen durchzuführen und diese mit Hilfe der Nutzer*innen zu evaluieren. Umfassende Nutzer*innen-Befragungen werden laut Schakib-Ekbatan et al. je nach Ausmaß in drei Jahresabständen empfohlen.

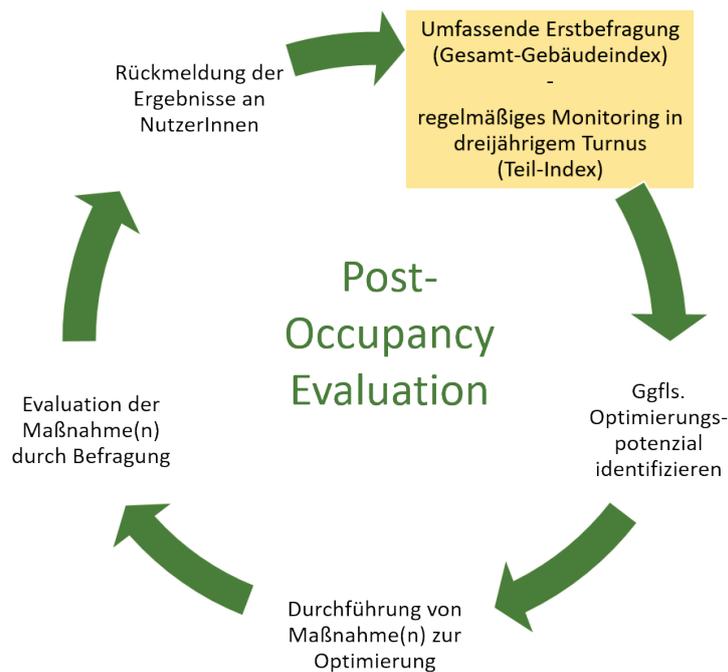


Abbildung 70: Post-Occupancy Evaluation

Der **Sonnenplatz Großschönau** gilt als erstes europäisches Passivhausdorf zum Probewohnen (Bruckner 2008). Darunter versteht man eine Vielzahl an unterschiedlichen Bauweisen von Passivhäusern, die zum sogenannten „Probewohnen“ dienen. Ziel dahinter ist es, Interessenten von Passivhäusern mit mehr Wissen zu versorgen und diese beim Probewohnen neutral vor Ort begleiten zu können. Dadurch sollen die zukünftigen Nutzer*innen die Sicherheit einer guten Investition in ein Passivhaus bekommen und ein Gefühl dafür, wie sich ihre Lebensqualität verändern kann. Parallel zu den Gebäuden, wurde ein Kompetenzzentrum errichtet, in dem ein Wissenstransfer verschiedener Kompetenzen zusammenkommen und sich bündeln und erweitern soll. Darunter gibt es Kooperationen mit Forschung und Produktentwicklung im Bereich der Planung, um Vergleiche zwischen Bauweisen und Datensammlungen zu ermöglichen und Studien zum Nutzungsverhalten durchführen zu können. Eine Qualitätssicherung in Form eines Beirats kontrolliert Hauspläne vor Errichtung der Gebäude. Das Konzept wurde mit den Wünschen der regionalen Bevölkerung angepasst (Bruckner 2008).

Mattila et al. 2013 optimierten in deren Projekt die physische und virtuelle **Lernumgebung** in Schulen zu einer innovativeren und nutzerfreundlicheren Umgebung. Die betroffenen Lehrer*innen und Schüler*innen wurden zu den Veränderungen befragt. Die Autoren geben an, dass die Beteiligung von Personen aus verschiedenen Bildungsbereichen für zukünftige innovative Lernumgebungen notwendig ist (Mattila et al. 2013).

9.1.4 Technologien

Es gibt einen internationalen Standard für Human Computer Interaction und Usability, aber keinen für intelligente Gebäudetechnik, sogenannten „smart homes“ (Hui et al. 2017, Spinellis 2002). Smart home Technologien sind derzeit in Bürogebäuden verbreiteter als in Wohngebäuden. Vorteile durch smart home Technologien ergeben sich durch das Energiesparen von intelligenter Automatisierung, unter

anderem im Gesundheitsbereich wie die Gerätesteuerung von Menschen mit körperlicher Behinderung über Gestenerkennung oder gesundheitliche Fernüberwachung von älteren Personen (Hui et al. 2017). Die Technik des Data-Minings ist hilfreich, um Strukturen und Abweichungen in Energiedaten von smart homes zu erkennen. Diese Technologie kann Nutzer*innen dabei unterstützen energieeffizienter zu handeln, indem sie über ihren Energiekonsum informiert werden. Diese Herangehensweise konnte bei Chen et al. 2013 durch Testbeds mit realen Energiedaten überprüft und bestätigt werden.

Eine weitere flexible Technologie für Gebäudeautomation ist das Bus-System, das Nutzer*innen ermöglicht das System individuell und nutzungsfreundlich zu regeln. Dabei ist es jedoch wichtig zu beachten, dass die Bedienung für Nutzer*innen so einfach wie möglich gemacht wird und gleichzeitig die Komplexität des Systems entsprechend den Anforderungen bestehen bleibt (Bruck 2001).

9.1.5 Gebäudezertifikate

Gebäude Zertifikate beispielsweise für Energiebedarf, Instandhaltungsarbeiten und Wohnqualität können Nutzer*innen und Errichter*innen sowohl rechtliche als auch ökologische Sicherheit geben. Diese Qualitätsaspekte müssen Nutzer*innen garantiert und sinnvoll vermittelt werden (Bruck 2001).

In Gebäudezertifizierungen können am Beispiel der INKA-Befragung (siehe 8.1.3) Analysen von Nutzungszufrieden eingebunden werden und für verschiedene Interessensgruppen Vorteile bringen (siehe Abbildung 11) (Schakib-Ekbatan et al. 2012). Für Mitarbeiter*innen in Bürogebäuden kann eine solche in die Zertifizierung eingebundene Befragung wertschätzend wirken und dadurch die Arbeitsmotivation erhöhen. Zusätzlich können Modifizierungsanregungen eingebracht werden und damit die Arbeitsumgebung verbessert und effizienter gemacht werden. Für Arbeitgeber*innen kann es von Vorteil sein, zielgerichtet auf die Bedingungen am Arbeitsplatz reagieren zu können. Die daraus folgende Optimierung im Gebäudebetrieb kann für Bewirtschafter*innen aufgrund der Kostenaspekte positiv gesehen werden (Schakib-Ekbatan et al. 2012).

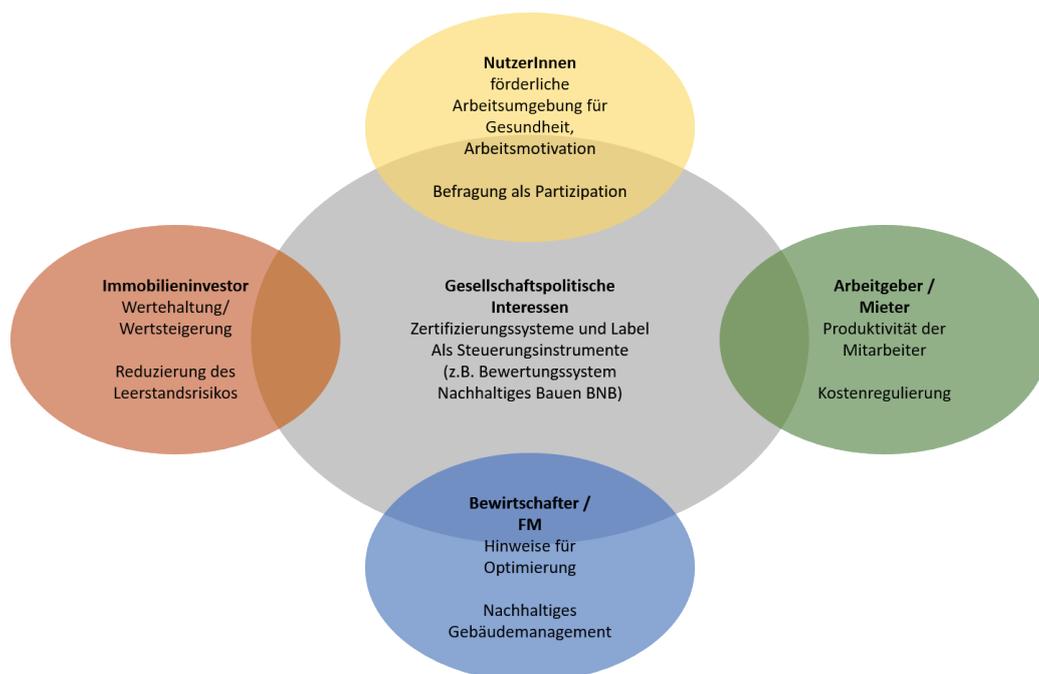


Abbildung 71: „Stakeholder-Modell zur Einbindung von Nutzerzufriedenheitsanalysen in Zertifizierungssysteme“

9.1.6 Conclusio

Es gibt auf verschiedenen Ebenen Schnittstellen zwischen Nutzer*innen und Haustechnik. Aus der Literaturrecherche ergeben sich unterschiedliche Herangehensweisen und Erkenntnisse, die es ermöglichen Haustechnik nutzungsfreundlich zu gestalten.

Bereits während der Planungsphase sollte auf Erwartungen von allen Stakeholdern, insbesondere der zukünftigen Nutzer*innen eingegangen werden, um die positive Identifikation mit der Immobilie zu gewährleisten. Die Erstellung eines Nutzungskonzepts ist aber bereits vor dem Planungsprozess essentiell, damit die zukünftige Nutzung erfolgreich sein kann. Eine gesamtheitliche Planung ist dafür ebenfalls empfehlenswert (Bruck 2001).

Es gibt eine Vielzahl neuer Technologien, wie beispielsweise Smart Homes (Hui et al. 2017), Bus-Systeme (Bruck 2001) oder Data-Mining (Spinellis 2002), welche zur Unterstützung der Nutzer*innen dienen um energieeffizienter handeln zu können. Systeme und Techniken werden immer komplexer, daher ist es umso wichtiger, dass die Bedienbarkeit für die Nutzer*innen einfach und nachvollziehbar bleibt, sodass sie z.B. über ihren Energiekonsum informiert werden (Bruck 2001, Spinellis 2002). Mittels Mess- und Kontrollsysteme gibt man Nutzer*innen einen Einblick in die Funktionsweisen der Haustechnik und bietet ihnen die Möglichkeit ihr Energieverhalten zu optimieren, da sie aufgrund der Systeme wissen wann und woher die Energie kommt (Schuck 2007, Trejo-Perea et al. 2013). Die Möglichkeit Rückmeldungen zu gegebenen Feedbacks zu erhalten, unterstützt zusätzlich den vertrauten Umgang mit der Haustechnik (Knissel und Großklos 2012).

Außerdem ist es empfehlenswert Interessenten vor einer Investition neuer Haustechniken die Gelegenheit zu geben, in einem neutralen Bereich diese Technologien ausgiebig zu testen und sich in einem begleitenden Rahmen mehr Wissen dazu anzueignen. Dafür geschaffene Kompetenzzentren können gleichzeitig Forschung und Produktentwicklung erweitern und Studien zum Nutzungsverhalten erstellen (Keul 2010).

Sozialwissenschaftliche Methoden können bei der Optimierung der Haustechnik und in der Überprüfung der Alltagstauglichkeit wichtige Erkenntnisse liefern und spielen daher eine wesentliche Rolle, wie sich in den vorgestellten Projektbeispielen gezeigt hat. Es wurden Nutzungszufriedenheitsanalysen erstellt (Schakib-Ekbatan et al. 2012), Nutzer*innen in Form von sozialwissenschaftlicher Begleitforschung eingebunden, und in einer späteren Projektphase Monitorings durchgeführt (Schulze et al. 2015). Die „Post-Occupancy Evaluation“ (Schakib-Ekbatan et al. 2012, Karlsruher Institut für Technologie 2010) stellt eine Methode dar, die nach dem Beginn der Nutzung des Gebäudes einerseits den sozialen Grad der Technologien aufzeigt und andererseits die Wünsche der Nutzer*innen erkennt (Karlsruher Institut für Technologie 2010). Eine umfassende Erstbefragung ist die Basis für einen Kreislauf aus Optimierungen, Maßnahmenentwicklung und –evaluation und kann regelmäßig wiederholt werden (Schakib-Ekbatan et al. 2012).

9.2 Geplante Regelung für das energieflexible PEQ Pilzgasse 33

9.2.1 Grundlagen

Die Entwicklung eines umfassenden Regelungskonzepts zur netzdienlichen Auslegung von PEQ unter Miteinbeziehung der Nutzer*innenbedürfnisse strebt win-win-Situationen für Projektentwickler, Bauträger und Planer*innen einerseits sowie Netzbetreiber, Energieversorger und Nutzer*innen andererseits an.

Die Herausforderung bei Regelungstechnik für Energieflexibilität auf Quartiersebene besteht in der technischen Integration der Einzelkomponenten zu einem vernetzten, flexiblen Gesamtsystem, das den einzelnen Nutzer*innen individuelle Eingriffsmöglichkeiten bietet und seine/ihre individuellen Regelungsziele mit den Quartiers-Zielen in Verbindung bringt. Es werden hier modellprädiktive Regelungskonzepte benötigt, die sämtliche lokalen Prognosen zu erneuerbarer Erzeugung und Wetter mit Signalen aus dem Stromnetz zu Residuallast, Kosten und CO₂-Intensität zu einer individuellen Regelstrategie je Nutzungseinheit verbinden können.

In einem Zweifamilienhaus in Purkersdorf wird derzeit ein prognosebasiertes Regelungskonzept zur Komfortoptimierung erfolgreich umgesetzt. In dem Gebäude mit thermischer Bauteilaktivierung und einer Erdsonden-Wärmepumpe wird die nötige Heizenergie unter Verwendung von Wetterprognosedaten und einem einfachen, thermischen Gebäudemodell optimiert. Die Nutzer können ihre Komfortparameter jederzeit ändern. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Raumtemperaturen Sommer wie Winter innerhalb allgemeiner Komfortkriterien gehalten werden können.²³

9.2.2 Ziel

In der technischen Umsetzung des Plus-Energie-Quartiers wird der Fokus auf ein energieflexibles, prädiktives Regelungskonzept gelegt, das baukörperübergreifende Lastverschiebungen (Demand Side Management) erlaubt. So sollen die im Quartier geplanten Speicher sektorübergreifend flexibel auf lokales Dargebot (optimale Nutzung der erzeugten Energie aus der PV-Anlage) und Anforderungen aus den Netzen (Wind-Peak-Shaving oder anderer netzdienlicher Konzepte) reagieren können und Leistungsspitzen verhindern bzw. dämpfen. Durch Kopplung von Simulation, Optimierungsalgorithmen und Monitoring wird ein netzdienlicher Betrieb bei hohem Nutzer*innenkomfort ermöglicht und ein Doppelnutzen geschaffen.

9.2.3 Geplantes Regelungskonzept

Um eine möglichst unkomplizierte Interaktion mit dem Nutzer zu gewährleisten sind im gegenständlichen Projekt für alle Wohnungen Touch-Displays vorgesehen in denen die wichtigsten Informationen abrufbar sind. Damit kann gewährleistet werden, dass alle Personen die gleichen Zugangsmöglichkeiten haben ohne auf weitere technische Hardware angewiesen zu sein (Handyapp).

²³ Wolf, M., Pröll, T., Treberspurg, M., Treberspurg, C., Hofbauer, W. (2020): Modellentwicklung und Validierung einer prognosebasierten Steuerung für thermisch aktivierte Bauteile im Wohnbau, Symposium Energieinnovation 2020, Graz / Austria

Grundlegend wird das Regelungskonzept durch vermehrte Energiespeicherung zu günstigen Zeiten beschrieben. Günstige Zeiten bestehen, wenn auf der einen Seite ein Überschuss von PV-Strom zur Verfügung steht oder ein externes netzdienliches Freigabesignal (z.B. WPS) geboten wird.

In diesen Fällen wird durch einen Temperaturhub der Vorlauftemperatur der Bauteilaktivierung (BTA) und Freischaltung der Massenströme in die aktivierten Decken übermäßig (über die konventionelle Solltemperatur hinaus) Energie gespeist wird, wodurch auch die Raumlufttemperatur beeinflusst wird. Voraussetzung dafür ist das Zulassen von Raumlufttemperaturen abseits der konventionellen Raumlufttemperatur.

Mögliche Modi und Fälle von PV- oder WPS-Signal ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 37: Regelungsmodi und Regelungsfälle

Heizen (Kühlen entsprechend)	Standard	Effizient	Ambitioniert	Vorlauftemperatur, Massenfluss, WP
PV=0, WPS=0	Basis-Temperatur wird eingehalten	Basis-Temperatur – 1K wird eingehalten	Basis-Temperatur – 2K wird eingehalten	T Vorlauf abhängig von Außenlufttemperatur und zukünftigem Wetter
PV=1, WPS=0	Zieltemperatur Basis-Temperatur +2K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	T Vorlauf maximal (z.B. 32°C), bzw. modifiziert nach zukünftigem Wetter und Netzdienlichkeitvorschau z.B. 1 Woche
PV=0, WPS=1	Zieltemperatur Basis-Temperatur +2K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	T Vorlauf maximal (z.B. 32°C), bzw. modifiziert nach zukünftigem Wetter und Netzdienlichkeitvorschau z.B. 1 Woche
PV=1, WPS=1	Zieltemperatur Basis-Temperatur +2K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	Zieltemperatur Basis-Temperatur +3K	T Vorlauf maximal (z.B. 32°C), bzw. modifiziert nach zukünftigem Wetter und Netzdienlichkeitvorschau z.B. 1 Woche
<i>PV: PV Überschuss nach Deckung Haushaltsstrom/Betriebsstrom WPS: Wind Peak Shaving (bzw. Netzdienlichkeit nach vorgegebener Aufwand/Kostenfunktion) Basis-Temperatur z.B. 26°C, bzw. nach Planung</i>				

Ein Analoges Konzept ist auch für die Warmwasserbereitung angedacht. Dabei wird bei Freigabesignalen erhöhte Energie in die Warmwasserspeicher eingespeist.

Tabelle 38: Regelungsmodi Warmwasser

Warmwasser	Standard
PV=0, WPS=0	Basis-Temperatur wird eingehalten
PV=1, WPS=0	Zieltemperatur Basis-Temperatur +5K
PV=0, WPS=1	Zieltemperatur Basis-Temperatur +5K
PV=0, WPS=1	Zieltemperatur Basis-Temperatur +10K

9.3 Monitoringkonzept

Um Erkenntnisse aus der Nutzer*innen-Interaktion mit Gebäudetechniksystem und des beschriebenen Regelungskonzeptes im Realbetrieb zu schließen und mögliche Betriebsoptimierungen vorzunehmen, ist das Monitoring des Quartiers von entscheidender Bedeutung. Dies trifft vor allem auf die Rolle als Vorzeigeprojekt für den Bausektor zu. So können die Erfahrungen in Key Findings aufbereitet werden, um eine fundierte Daten- und Wissensbasis für zukünftige Plus-Energie-Quartiersentwicklungen bereitzustellen. Das Monitoring umfasst einerseits das Messen und Erfassen von technischen Größen (relevante Energieflüsse, Temperaturen, usw.) über Sensoren und andererseits eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung.

9.3.1 Energie- und Komfortmonitoring

Zielsetzung Energiemonitoring

Für das Quartier steht die Erfassung aller relevanten Energieströme im Vordergrund. Ziel des Monitorings ist die Erfassung aller Messpunkte zur Bestimmung der Systemeffizienz des Quartiers, der Rückverfolgbarkeit der Energieströme sowie der Komfortparameter. Das Monitoring beinhaltet messtechnische Komponenten zur Erfassung von CO₂-Konzentrationen, Temperaturen, Luftfeuchte, Drücke, Globalstrahlung, Volumenströme, Wärmeströme und elektrischen Energieverbrauch, wobei die Komfortparameter (Raumtemperatur, Luftfeuchte, CO₂-Konzentration) in 20 – 40 ausgewählten Einheiten erfasst werden, um möglichst unterschiedliche Szenarien/Lagen abzudecken. Die Auswahl der Wohneinheiten erfolgt auf Basis mehrere Parameter (Ausrichtung, Größe, Nutzung). Vergleiche zwischen Wohneinheiten mit unterschiedlichen Regelungsstrategien werden angestellt. Eine Liste mit den wichtigsten Kenngrößen ist in Tabelle 39 zusammengefasst.

Allgemeine Anforderungen Energiemonitoring

Für die Durchführung eines Energieverbrauchsmonitorings werden in der Gebäudeautomation bzw. in den jeweiligen Regelungen der Energiebereitstellung und Lüftung, die notwendigen technischen Voraussetzungen zu schaffen. Die maßgeblichen Datenpunkte werden über Schnittstellen direkt in ein ausgelagertes Monitoring-System der Gebäudeautomation übertragen, visualisiert und gespeichert. Die detaillierte technische Umsetzung hängt im Wesentlichen von der Festlegung der Kommunikationsstruktur und der Wahl der Datenbank ab. Sowohl für die Umsetzung des Monitorings wie auch zur Datenauswertung und Dokumentation sind Projektpartner (Böhm, Ha-con) mit langjähriger Erfahrung im Konsortium vertreten, die gemeinsam mit den Forschungspartner die Qualitätssicherung der Monitoringdaten sicherstellen. Während des Projekts sind zudem regelmäßige Abstimmungsmeetings zwischen Planenden, Forschungspartnern und ausführenden Firmen zum Monitoring vorgesehen, um eine planmäßige Umsetzung und Integration des Monitorings zu gewährleisten.

Datenerfassung und Speicherung

Alle Datenpunkte werden über einen Zeitraum von mindestens 1 Jahr in einer Datenbank als 15-minütige Mittelwerte gespeichert. Ausreichend Datenspeicher zur Speicherung aller aktuellen und

historischen Messwerte wird vorgehalten. Es wird eine redundante Speicherung vorgesehen, um einem Datenverlust bei Datenträgerdefekt vorzubeugen. Die Datenübermittlung erfolgt gesichert über VPN-Verbindung und die Datenablage ist auf einem FTP-Server angedacht (Partner Böhm). Sämtliche Vorgaben des Datenschutzgesetzes werden selbstverständlich eingehalten. Durch Abschluss von Geheimhaltungserklärungen innerhalb der Projektpartner wird eine Weitergabe der Daten an Dritte unterbunden. Die Messdaten werden automatisiert auf Plausibilität geprüft. Durch wöchentliche Kontrolle der Messdaten wird die Funktionsfähigkeit des Monitorings laufend überprüft und bei Funktionsmängel Maßnahmen zur Behebung der Mängel eingeleitet. Die Daten werden entsprechend der geforderten Formatierung in einem technologieunabhängigen Format (.csv) dem Fördergeber zur Verfügung gestellt.

Tabelle 39: Auszug Messpunktliste; *1 Auswahl von 20 – 40 geeigneten Wohneinheiten

Stromverbrauch Wärmepumpe Heizung	E-Zähler
Stromverbrauch des Allgemeinstroms	E-Zähler
Stromverbrauch Aufzug	E-Zähler
Stromverbrauch Tiefgarage	E-Zähler
Stromverbrauch des zentralen Lüftungssystems	E-Zähler
Stromproduktion Photovoltaik	E-Zähler
Netzeinspeisung Photovoltaik	E-Zähler
Stromverbrauch Wohneinheiten	E-Zähler
Stromverbrauch Nichtwohngebäude	E-Zähler
Stromverbrauch relevanter Sonderanlagen („Betriebsküche, Rechenzent., ...)	E-Zähler
Außen- und Ablufttemperaturen des zentralen Lüftungssystems	Temperatursensor
Außentemperatur	Temperatursensor
Außenluftfeuchte	Feuchtesensor
Globalstrahlung	Strahlungssensor
Wärmemengenzähler Heizung für die gesamte Wohnhausanlage	WMZ
Wärmemenge Warmwasser gesamtes Gebäude	WMZ Warmwasser
Wärmemenge Warmwasser je Wohneinheit	WMZ Warmwasser
Raumlufttemperatur in ausgewählten Räumen *1	Temperatursensor
CO ₂ -Konzentration in ausgewählten Räumen *1	CO ₂ -Sensor
Raumluftfeuchte in ausgewählten Räumen *1	Feuchtesensor
Temperatur TAB in ausgewählten Räumen *1	Temperatursensor
Wärmemenge TAB in Wohnung (Volumenstrom TAB, Ein- und Austrittstemperatur TAB) bei ausgewählten Wohneinheiten *1	WMZ je Wohnung
Temperatur Heizungspuffer	Temperatursensor
Wärmeabgabe Heizungspuffer (Volumenstrom, Vorlauf- und Rücklauf-temperatur)	WMZ Sekundär
Temperatur Warmwasserpuffer / Warmwasserspeicher	Temperatursensor
Energieeinsatz Warmwasserbereitung	WMZ / E-Zähler
Wärmeabgabe Warmwasserpuffer (Volumenstrom, Vorlauf- und Rücklauf-temperatur)	WMZ Warmwasser
Volumenstrom Zirkulation Warmwasser	WMZ Zirkulation
Vorlauf-temperatur Zirkulation Warmwasser	WMZ Zirkulation
Rücklauf-temperatur Zirkulation Warmwasser	WMZ Zirkulation
Leistungsaufnahme Zirkulationspumpe	E-Zähler

Wärmeabgabe ins Erdreich Free-Cooling-Wärmeübertrager	WMW sekundär
Wärmeaufnahme aus Objekt Free-Cooling-Wärmeübertrager	WMW primär
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe	E-Zähler
Kaltwasserzähler für Warmwasserbereitung	Durchflusszähler

9.3.2 Sozialwissenschaftliches Monitoring

Zielsetzung

Ziel des sozialwissenschaftlichen Monitorings ist die Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft für neue technologische Lösungen im Wohnbau zu erheben. Neben den Themen Behaglichkeit und Komfort im Wohnbereich sollen auch neue Themen wie die Einstellung und Akzeptanz zu neuen Beteiligungsmöglichkeiten wie z.B.: Energiegemeinschaften abgefragt werden. Abgerundet durch das Wissen und Erfahrungen von ExpertInnen (PlanerInnen und Bauträger) ist das Ziel, Grundlagen für Informationsmaterialien, Kommunikationsstrategien und Geschäftsmodelle für PEQ zu erarbeiten. Zudem soll eine standardisierte Methode bzw. Befragungsinstrumente zur Bewertung der Behaglichkeitskriterien für Wohnbauten in PEQ entwickelt werden. Durch die beteiligten Bauträger im Projekt sollte die Erreichbarkeit von potenziellen TeilnehmerInnen sicher gestellt werden. Es wird angestrebt mindestens 10% der zukünftigen NutzerInnen einzubinden und darüber hinaus von allen NutzerInnen den soziale Strukturdaten zu erheben. Die beteiligten NutzerInnen sollen einen repräsentativen Querschnitt abbilden.

Methoden des Sozialwissenschaftlichen Monitorings

Angepasst an den Projektverlauf werden sowohl die relevanten Stakeholder als auch die EndnutzerInnen aktiv anhand angepasster sozialwissenschaftlicher Methodik einbezogen. Für das Sozialwissenschaftliche Monitoring werden folgende Methoden angewendet:

- Befragungen, Gruppendiskussionen, Fokusgruppeninterviews, ExpertInneninterviews, Erhebungen von Energiekosten und -verbrauch
- Einsatz von kreativen Methoden z.B.: Mood-boards in Stiegenhäusern, (digitales) schwarzes Brett, Gamifikation-Ansätze
- Zeitpunkte für die Befragungen und Erhebungen werden mit den Planungs-, Errichtungs- und Monitoringphasen abgestimmt

9.3.3 Kostenmonitoring

Das Kostenmonitoring erfolgt lt. Auflagen des Fördergebers und wird die ÖNORM B1801 als Grundlage heranziehen. Sämtliche Kosten des Bauprojekts werden erhoben und mit Kosten für gängige Energieversorgungskonzepten verglichen. Neben den Investitionskosten von Bau und Errichtung werden die laufenden Energiekosten (Heizung, Warmwasser, Elektro) für die einzelnen (Wohn-)Einheiten erhoben und dokumentiert.

9.3.4 Auswertung der Monitoringdaten

Zur Auswertung des Monitorings werden Performanceparameter für einzelne innovative Elemente auf Basis der 15-Minuten-Mittelwerte gebildet. Mittels Zeitreihenanalyse von Temperatur- und Leistungsdaten werden erste Erkenntnisse gewonnen und die KPI-Werte ermittelt. Die Verbrauchsdaten

der Gebäude werden gegenübergestellt. Die Daten werden in geeigneter Weise graphisch visualisiert. Folgende Parameter sind auszugsweise zur energietechnischen Bewertung der Quartiere vorgesehen:

- Nutzung von externen volatilen Energiequellen
- PV-Erzeugung / PV-Eigennutzung (Eigenverbrauchsquote)
- Bilanzierung des Stroms für die Nutzereinheiten inkl. allgemeine Bereiche, HKLS, Beleuchtung, E-Tankstelle
- Thermischer Verbrauch Heizung & Warmwasser
- Bilanz Wärmepumpe & Effizienzkennzahlen (COP, JAZ, EER)
- Statistische Auswertung der Nutzereingriffe auf Temperatur, Komfort, etc.

10 Betreibermodell und Geschäftsmodellentwicklung

Ein grundsätzliches Ziel eines (Plus-Energie-)Quartiers ist, einen möglichst großen Anteil des lokal erzeugten PV-Stroms selbst im Quartier zu nutzen. Damit kann einerseits ein Beitrag zur Netzentlastung erfolgen, andererseits können die wirtschaftlichen Vorteile der dezentralen Erzeugung maximiert werden. Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn das Quartier, wie dies etwa in der Pilzgasse der Fall ist, eine hohe Nutzungsdurchmischung aufweist. Denn Wohnungen, Gewerbe und Büros benötigen auf Grund differenter Lastprofile meist zu unterschiedlichen Zeitpunkten Energie. Durch eine optimale Abstimmung des Bedarfs auf die lokal verfügbare Energie können Leistungsspitzen geglättet und der Eigenverbrauch gesteigert werden.

10.1 Diskussion möglicher Betreibermodelle am Beispiel Pilzgasse

Die konkrete Ausgestaltung der im Anwendungsfall möglichen Geschäfts- und Betreibermodelle ist vielfach bedingt durch die vorhandene technische Infrastruktur. Damit etwa Bewohner*innen und Nutzer*innen den lokal produzierten PV-Strom innerhalb eines Quartiers Pilzgasse direkt nutzen können, müssen entsprechende Sammelschienen installiert und die PV Anlage auf vier Anlagen aufgeteilt werden. Für die Pilzgasse fiel mit Stand Jänner 2022 die Entscheidung, die Einspeisepunkte auf insgesamt vier Sammelschienen im Quartier zu verteilen: Je eine Sammelschiene für jedes der drei Gebäude sowie eine für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA²⁴). In Kapitel 7.4 wird das Sammelschienen-Konzept (Einreichungsplanung) detaillierter ausgeführt. Ob bzw. inwiefern eine Zusammenfassung sämtlicher im Quartier vorhandenen kWp auf eine oder mehrere Sammelschiene(n) möglich ist, wurde für die Pilzgasse lange diskutiert. Nachstehende Aspekte könnten eine gemeinschaftliche Nutzung des erzeugten PV Stroms verhindern bzw. erschweren: das Vorhandensein unterschiedlicher Netzebenen, ein Überschreiten der Grundstücksgrenze ist (energie-)technisch nicht möglich, Trafoleistung nicht ausreichend (falls vorhanden), aus Sicherheitsgründen, aus Kostengründen, etc..

Grundsätzlich ist anzumerken, dass eine frühzeitige Abstimmungen mit den jeweiligen Netzbetreibern eine für das Quartier vorteilhafte Energieplanung mit Fokus auf Eigenverbrauchsdeckung erheblich unterstützen kann.

Der Bauträger der Pilzgasse entschied bereits zu einem frühen Zeitpunkt, die Investitionen, zumindest für die Wärmeversorgung, selbst zu tätigen. Hinsichtlich der Errichtung der PV-Anlage wurde seitens des Projektkonsortiums die Empfehlung ausgesprochen, die Investition selbst zu tragen, um einerseits die gegenwärtig vorhandenen Anlagen-Förderungen nutzen und andererseits die hieraus resultierenden monetären Vorteile an die Mieter*innen weitergeben zu können. Der Betrieb der Anlagen, die Wartung und Abrechnungen gegenüber den Mieter*innen wiederum sollten von Beginn an extern vergeben werden, wenn möglich an einen einzigen Anbieter.

²⁴ Zu einer TGA zählen alle fest im Haus installierten Anlagen und Einrichtungen, die zur Nutzung und zum Wohnen notwendig sind bzw. den Wohnkomfort steigern.

Im Bereich der Strom- und Wärmeversorgung standen für die Pilzgasse mehrere Geschäftsmodelle in Diskussion. Eine finale Entscheidung ist gegenwärtig noch ausstehend. Die dahingehenden Überlegungen sollen im Folgenden kurz skizziert werden.

- Anwendung eines Mieterstrommodells nach §16a ElWOG
- Gründung einer Erneuerbaren Energiegemeinschaft
- Contractor-Modell

10.1.1 Mieterstrommodell

Seit Inkrafttreten der „kleinen Ökostromnovelle“ 2017 ist es möglich, eine Photovoltaikanlage (sowie etwa auch Kleinwasserkraft oder ein BHKW) gemeinschaftlich zu betreiben. Der „Mieterstrom“ ist dabei gebäudenah produzierter und im selben Gebäude oder Quartier verbrauchter Strom. Wesentliches Kriterium ist, dass die PV-Anlage auf gleicher Netzebene über eine Sammelschiene mit den Verbrauchern verbunden ist und damit der Strom nicht über das öffentliche Stromnetz geleitet wird. Die Erzeugungsanlage wird hierzu direkt an die gemeinschaftliche Hauptleitung im Gebäude angeschlossen. Vorzusehen sind abseits der PV-Anlage lediglich geeignete Messgeräte (Smart Meter, Lastprofilzähler), um die Erzeugung und den Verbrauch zu messen. Da dadurch etwa Netznutzungsentgelte, Konzessionsabgaben etc. nicht anfallen, kann der Strom im Falle von Contracting (meist) günstiger bezogen werden. Um den Strom der Erzeugungsanlage beziehen zu können, ist zwischen dem „Lieferanten“ des Mieterstroms und Nutzer*innen bzw. Bewohner*innen ein Mieterstromliefervertrag abzuschließen.

Die Anwendung eines Mieterstrommodells ist im Fall der Pilzgasse gegenwärtig die bevorzugteste Lösung, nicht zuletzt da auf Grund der wegfallenden Netzentgelte den Mieter*innen ein günstigerer Tarif angeboten werden kann.

10.1.2 Erneuerbare Energiegemeinschaften (EEG)

Im Juli 2021 wurde das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzpaket (EAG)²⁵ beschlossen. In diesem werden gesetzliche Grundlagen zu „Bürgerenergiegemeinschaften“ (BEG) und „Erneuerbaren Energiegemeinschaften“ (EEG) geregelt. Detailliertere gesetzliche Rahmenbedingungen enthält der ergänzte §16 des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (ElWOG). In Erneuerbaren Energiegemeinschaften EEG²⁶ können sich Bürger*innen sowie Klein- und mittlere Unternehmen in Form einer Rechtsgemeinschaft zusammenschließen, um gemeinschaftlich Energie zu erzeugen, zu verbrauchen, zu speichern und zu verkaufen. Mit Inkrafttreten der neuen gesetzlichen Bestimmungen im EAG ist dies erstmals auch über Grundstücksgrenzen hinweg möglich. Mit der Systemnutzungsentgelte-Verordnung (SNE-V) im November 2021 wurden die Reduktionen der Netzentgelte für EEGs definiert.

25

Änderungen im ElWOG (bspw. §16b,c,d,e) sind im Gesetzestext des EAGs enthalten.

²⁶ UIV Urban Innovation Vienna GmbH ist Mitglied der Koordinierungsstelle für Energiegemeinschaften und die offizielle, anbieterneutrale Anlaufstelle zum Thema in Wien.

Mitglieder solcher Gemeinschaften können Energie selbst erzeugen, verbrauchen, speichern, mit anderen Mitgliedern teilen oder auf dem Markt handeln, siehe Abbildung 72. Wird dabei die Infrastruktur des öffentlichen Netzes in Anspruch genommen (blaue Pfeile), so erfolgt dies bei reduzierten Netzentgelten und steuerlichen Vorteilen. Der Hauptzweck dieser Gemeinschaften darf jedoch nicht im finanziellen Gewinn liegen. Ziel sind ökologische, wirtschaftliche oder sozialgemeinschaftliche Vorteile für Mitglieder. Außerdem muss eine BEG/EEG aus mindestens zwei Mitgliedern bestehen.

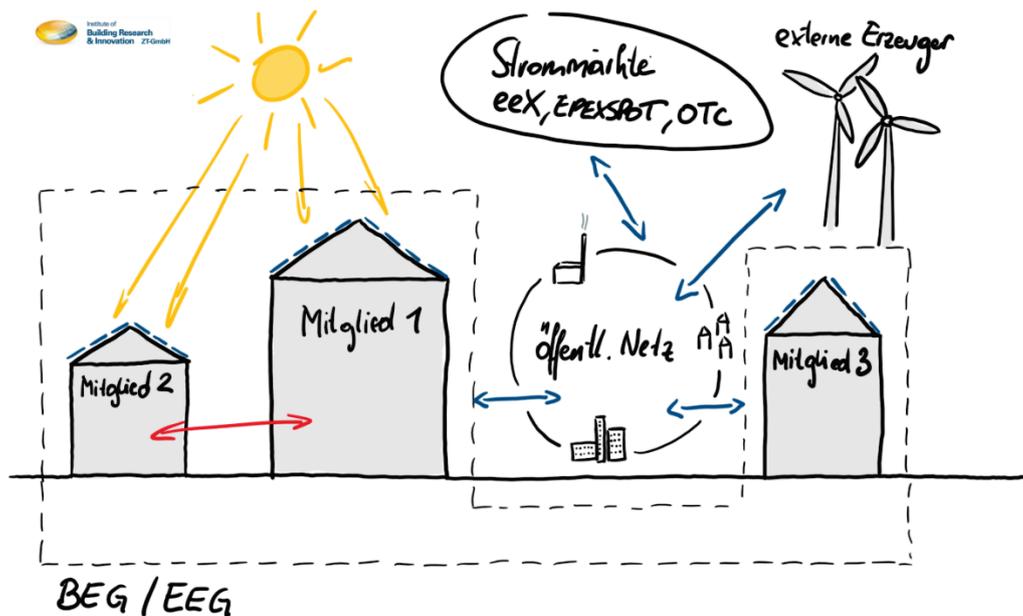


Abbildung 72: Skizze „Bürgerenergiegemeinschaft“ bzw. „Erneuerbare-Energiegemeinschaft“ (Quelle: Institute of Building Research & Innovation)

Energiegemeinschaften können wie folgt organisiert werden. Abbildung 73 dient dabei zur Veranschaulichung der jeweiligen Bilanzgrenzen.

1. BEG: geregelt in ELWOG §16b
2. EEG: geregelt in ELWOG § 16c
 - a) „Lokale EEGs“: Verbraucher und Erzeugeranlagen der Mitglieder müssen über ein Niederspannungs- Verteilnetz und den Niederspannungsteil der Trafostation verbunden sein. Lokale EEGs sind also begrenzt durch die lokale Trafostation (NE6).
 - b) „Regionale EEGs“: Verbraucher und Erzeugeranlagen der Mitglieder müssen über das Mittelspannungsnetz und die Niederspannungs-Sammelschiene im Umspannwerk verbunden sein. Regionale EEGs sind also begrenzt durch das regionale Umspannwerk (NE4).

Es entstehen folgende Vorteile:

- reduzierte Netznutzungsentgelte nach ELWOG §52 Abs. 2a (nur für den arbeitsbezogenen Teil) für EEGs.

- Entfall folgender Steuern/Abgaben für EEGs und BEGs: Elektrizitätsabgabe und der Erneuerbaren-Förderbeitrag.

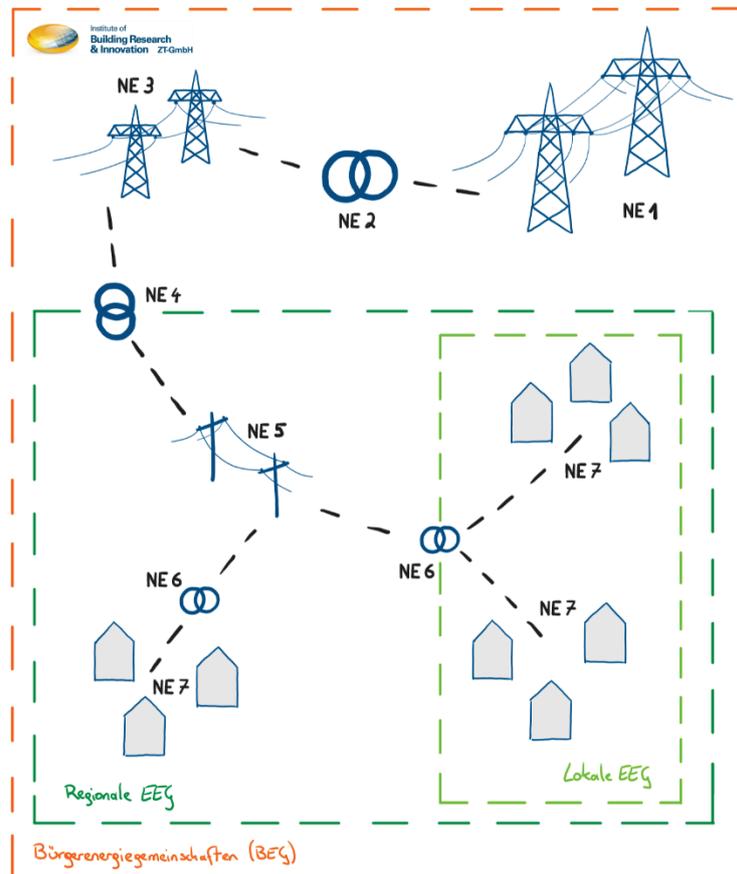


Abbildung 73: Bilanzgrenzen BEG/EEG im elektrischen Netz (NE – Netzebene)
(Quelle: Institute of Building Research & Innovation)

Offizielle Anlauf- und Informationsstelle ist die Österreichische Koordinierungsstelle für Energiegemeinschaften.

Anwendung im Projekt Pilzgasse – Planungsstand 01/2021

In Bezug auf das Projekt Pilzgasse 33 fanden mehrere Termine gemeinsam mit einem auf innovative Energieversorgungslösungen spezialisierten Unternehmen statt. Neben der Klärung allgemeiner Fragen wurden auch mögliche Organisationsformen, sowie Potentialanalysen der Wirtschaftlichkeit einer BEG/EEG, diskutiert. Im Zuge der Gespräche hat sich ergeben, dass eine grundstücksübergreifende elektrische Leitung nach ElWOG §16a in Absprache mit dem lokalen Netzbetreiber zur grundstücksübergreifenden Nutzung von PV-Strom möglich ist (roter Pfeil in Abbildung 72, siehe auch Planungsstände Kapitel 8). Im späteren Planungsverlauf wurde dieses Konzept jedoch durch eine PV-Teilung ersetzt, siehe Kapitel 7.4. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich für eine EEG insbesondere dann, wenn eine grundstücksübergreifende Lösung bzw. hohe Nutzung des öffentlichen Netzes für die Umsetzung erforderlich ist. Die ursprünglich angedachte Direktleitung hätte dazu geführt, dass der Mehrwert einer EEG gegenüber dem klassischen Mieterstrommodell stark reduziert wird. Hinzu kommt

der wesentliche Nachteil der eingeschränkten Vergütung von eingespeisten Stromüberschüssen (bspw. PV-Überschusseinspeisung) durch entsprechende Marktprämien. Nach §80 Abs. 2 der aktuell gültigen Fassung des EAGs können nur maximal 50% der eingespeisten Stromüberschüsse durch die entsprechende Marktprämie vergütet werden. Demnach werden Mitglieder motiviert, einen möglichst hohen Eigenverbrauch zu erzielen.

Die Investitionen können durch Bürgerbeteiligungen, Finanzierung durch Dritte und/oder Stakeholder gedeckt werden, wobei die Eigentumsverhältnisse der PV-Anlage bei der Energiegemeinschaft liegen müssen. Neben der Energiegemeinschaft sind Servicedienstleister, Netzbetreiber und die EEG Mitglieder beteiligt. In Bezug auf die Vertragsmodelle besteht viel Spielraum, welcher im Rahmen eines Grobkonzeptes und der Realisierungsplanung erarbeitet werden können. Die Mitglieder selbst unterschreiben einen Vertrag, um beizutreten. Zusätzlich besteht weiterhin freie Lieferantenwahl. Das Abrechnungsmodell kann sowohl über einen dynamischen als auch statischen Verteilungsschlüssel erfolgen, auch hier besteht viel Handlungsspielraum. Aus §16e Abs. 1 des ELWOG geht hervor: Ist kein intelligentes Messgerät (bspw. Smartmeter) vorhanden, so muss der Netzbetreiber innerhalb von 2 Monaten ein solches installieren.

Mit Stand Jänner 2022 ist die Gründung einer Energiegemeinschaft für die Pilzgasse die unwahrscheinlichste Lösung. Gründe für die gegenwärtig ablehnende Haltung des Bauträgers sind etwa, dass künftige Investoren von (derzeit noch) unklaren vertragsrechtlichen Aspekten betreffend EEG nicht abgeschreckt werden sollen. Derartige Herausforderungen bestehen derzeit etwa noch für Genossenschaften. Negativ gesehen wird weiters, dass zur Durchführung eine eigene Rechtsform gegründet werden müsse. Auf Grund der aktuell noch nicht letztlich geklärten rechtlichen Situation wollte man auf Seiten des Bauträgers keine weiteren personellen Ressourcen in die notwendige intensive Einarbeit in das Thema verwenden.

Eine finale Entscheidung, ob dieses Modell tatsächlich keine Anwendung findet, ist allerdings noch nicht getroffen. Eine Wiederaufnahme des Themas könnte letztlich auch noch durch den zukünftigen Investor erfolgen. Grundsätzlich kann eine Energiegemeinschaft auch noch zu einem späteren Zeitpunkt – etwa nach Inbetriebnahme – gegründet werden.

10.1.3 Contracting

Bei Contracting werden mittels mehrjährigem Vertrag Aufgaben (z.B. der Energieversorgung) an einen externen Dienstleister, den Contractor, übertragen. Im Bereich des Energie-Contractings gibt es unterschiedliche Modelle (z.B. Energiespar-, Energieliefer-, Betriebsführungs-, Finanzierungs-Contracting) (ibau s.a.). Das grundsätzliche Prinzip ist Kostenauslagerung (Errichtung, laufender Betrieb, Wartung) an einen Contractor (Investor und in weiterer Folge Anlagenbesitzer), der die gegebene Fläche für die Erzeugungsanlage nutzen darf und den erzeugten Strom als Energieversorger verkaufen kann. Die Flächenbesitzer beziehen im Gegenzug günstigen PV Strom.

Bereits ab einem frühen Zeitpunkt wurden für die Pilzgasse Gespräche mit diversen Contracting-Anbietern geführt, unter anderem mit dem Unternehmen BCE Beyond Carbon Energy Holding GmbH, das auch für das Neubaugebiet Viertel 2 in Wien verantwortlich zeichnet. Da der Bauträger den Besitz der Anlage nicht an einen externen Akteur abgeben wollte, kam es zu keiner Übereinkunft.

Keine Einigung fand sich mit einem Energiedienstleister, da dieser zwar einem Contracting für die Dach-PV zugestimmt hätte, aus Wirtschaftlichkeitsgründen jedoch nicht für die Fassaden-PV. Auch die Durchführung eines mehrjährigen Mieterstrommodells stand nicht im Angebot.

Das gegenwärtig für die Pilzgasse in Diskussion stehende Contracting-Modell (angeboten von einem anderen Energiedienstleister) beinhaltet den Betrieb sowohl der Dach- als auch der Fassaden-PV unter Verwendung eines Mieterstrommodells. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung ist davon auszugehen, dass die Gespräche mit der Energie Steiermark weitergeführt und intensiviert werden. Der potenzielle Contractor würde dann auch in die weitere Planung miteinbezogen werden.

10.2 Ideation zu möglichen Geschäftsmodellen

Das Thema Geschäftsmodelle wurde innerhalb des Projektkonsortiums in einem möglichst offenen und kreativen Prozess bereits in einem frühen Stadium (siehe Kapitel 8) diskutiert. Ziel war es, nebst dem Kennenlernen von Business Model Methoden vor allem auch Ideen zu Geschäftsmodellen zu generieren sowie diese zu konkretisieren. Dabei wurden Partner aus Forschung, Innovation und Praxis eingebunden, um von verschiedensten Sichtweisen und Erfahrungswerten zu profitieren und diese im Zuge der gemeinsamen Geschäftsmodell-Ideenfindung zu kombinieren. Weiters wurden auch diverse offene Punkte für einen zukünftigen Business Plan erarbeitet. Zu diesem Zweck wurde im Herbst 2019 ein halbtägiger Workshop abgehalten²⁷. Dieser wurde vom Green Energy Lab begleitet und unterstützt.

Die entwickelten Geschäftsmodelle adressieren unterschiedliche Zielgruppen (Mieter*innen - privat sowie betrieblich, Investoren, Gewerbetreibende sowie Energieversorger/Contractoren) und beinhalten auf deren Bedürfnisse zugeschnittene Ertragsmechanismen und Wertversprechen. Sie wurden im Zuge des Workshops diskutiert und deren Kernideen festgehalten. Es handelt sich jedoch um das Outcome einer Ideation – die wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit wurde in Zuge dessen nicht untersucht. Es ist zu berücksichtigen, dass sich seit dem Zeitpunkt der Modellentwicklung sowohl rechtliche als auch wirtschaftliche Rahmenbedingungen verändert haben. Durch die gesetzliche Verankerung von Energiegemeinschaften wurde der Grundstein für die Umsetzung vieler der unten beschriebenen Konzepte gelegt, deren Entwicklung im Zuge des Workshops bereits lange vor der Entstehung der Energiegemeinschafts-Idee erfolgt ist. Auch die derzeit stark schwankenden Energiepreise haben Einfluss auf die unten beschriebenen Ertragsmechanismen, Wertversprechen und offene Punkte der Geschäftsmodelle.

In nachstehender Übersichtstabelle (Tabelle 40) werden die andiskutierten Geschäftsmodelle entlang ausgewählter Fragen dargestellt:

- Wer sind die Zielkunden?
- Welches Angebot kann den Zielkunden konkret dargelegt werden?
- Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?
- Wie wird die Leistung hergestellt?

²⁷ Das Protokoll vom Workshop am 10.09.2019 (09:00-13:00 Uhr) ist dem Bericht im Anhang beigelegt.

Tabelle 40: Übersicht über mögliche Geschäftsmodelle

Geschäftsmodell	Zielkunden	Ertragsmechanismus	Wertversprechen	Bereitstellung	Offene Punkte
Renewable Use	Zahlende <ul style="list-style-type: none"> • Mieter*innen • Büros/ Unternehmen 	Abrechnung erfolgt nach zeitabhängigem Verbrauch (dynamisch) unter Berücksichtigung der realen Lastprofile.	<ul style="list-style-type: none"> • günstige Energiekosten • hoher Grad an (lokalen) Erneuerbaren und kleiner CO₂-Fußabdruck • Möglichkeit der Einflussnahme (auf den Zeitpunkt des Energieverbrauchs und damit auf die Kosten) • Verbundenheit zur Bereitstellung: Benchmarking, App (Grundmodell für Systementscheidung) 	<ul style="list-style-type: none"> • App (Grundmodell für Systementscheidung) • Benchmarking zwischen Mieter*innen und Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ist eine langfristige Verhaltensänderung beim User*innen möglich? (z.B. Fragebogen) • Erhöhen superflexible Nutzer*innen die Wirtschaftlichkeit? (z.B. theoret. Berechnung/Simulation) • Sensitivitätsanalyse der Wartungskosten • Kosten für Abrechnung • Mehrinvestitionskosten gegenüber Standard-Gebäuden • Wieviel Strom (kWh) werden für Allgemeinstrom und Bürokühlung benötigt werden? • Preis für konventionellen Netzstrom (€/kWh)
Simple Use	Zahlende <ul style="list-style-type: none"> • Mieter*innen • Büros/ Unternehmen 	Dabei wird die (statische) Abrechnungsart vertraglich für das ganze Quartier fixiert. Mögliche Abrechnung nach: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tatsächlichem Verbrauch (€/kWh) 2. Anschlussleistung (Strom) & Wohnfläche (Wärme, 21-26°C) 	Flexible Wahl des Abrechnungssystems, simples Verbrauchsverhalten		<ul style="list-style-type: none"> • Bevorzugen Nutzer*innen ein „rücksichtsloses“ Verhalten? (z.B. Recherche Forschungsprojekte) • Flatrate ist für Investor/ Betreiber nicht teurer als Einnahmen (z.B. Recherche zu Nutzer*innen-akzeptanz/-verhalten)

Geschäftsmodell	Zielkunden	Ertragsmechanismus	Wertversprechen	Bereitstellung	Offene Punkte
		<p>3. All-inclusive (€/m²) – Strom/Wärme/Miete</p> <p>Packages können (z.B. gegen einen fixen Aufschlag) dazu gebucht werden, z.B. 100 % Erneuerbare, Carsharing, E-Bike-/Lastenrad- Sharing, Kühlung, E-Scooter, E-Ladestation, Smart Home System etc.</p>			<ul style="list-style-type: none"> Wie sehen zukünftige Entwicklungen aus? welche Modelle entwickeln Energieversorger?
Freemium	<p>Zahlende</p> <ul style="list-style-type: none"> Mieter*innen Büros/ Unternehmen <p>Bedürfnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wahlmöglichkeiten Unkompliziert, einfach und transparent Nachhaltigkeitsgedanke 	<ul style="list-style-type: none"> Freie Wahl der Abrechnungsmethode für Einzelne Kein Kauf von Leistungen, die nicht sicher in Anspruch genommen werden Hohe Individualisierung/ Wahlmöglichkeit Kompetitiver Basispreis Einfache Auswahl und singulärer Ansprechpartner <ol style="list-style-type: none"> Tatsächlicher Verbrauch (€/kWh) Anschlussleistung (Strom) & Wohnfläche (Wärme, 21-26°C) All-inclusive (€/m²) – Strom/Wärme/Miete 	<ul style="list-style-type: none"> Bei niedrigen Betriebskosten höhere Mietkosten Verkauf von Premiumangeboten, welche kaum Mehrkosten verursachen <p>Mögliche Premiumangebote:</p> <ul style="list-style-type: none"> Erneuerbar Carsharing E-Bike/Lastenrad Zugang Steuerbarkeit + BTA Kühlung ÖPNV-Anbindung durch eigenen E-Scooter E-Ladestation Smart Home System 	Energieerzeugung (Strom und Wärme) am eigenen Grundstück	<ul style="list-style-type: none"> Bevorzugen Nutzer*innen ein „rücksichtsloses“ Verhalten? – Recherche Forschungsprojekte Flatrate ist für Investor/ Betreiber nicht teurer als Einnahmen – Recherche zu Nutzer*innenakzeptanz/-verhalten Wie sehen die zukünftigen Entwicklungen aus, welche Modelle entwickeln Energieversorger?

Geschäftsmodell	Zielkunden	Ertragsmechanismus	Wertversprechen	Bereitstellung	Offene Punkte
		Packages können (z.B. gegen einen fixen Aufschlag) dazu gebucht werden 100 % erneuerbar, car sharing, e-bike sharing, Lastenrad, Kühlung, e-scooter, eLadestation, smart home system etc.			
Investor Use	Investor(en)	<ul style="list-style-type: none"> Finanzierung durch "Crowdinvesting", dabei sind auch unterschiedliche Investitionsanteile möglich Regionalität der erneuerbaren Energie Verbindung zu erneuerbaren Energieerzeugung („reines Gewissen“) Flexible Rendite für Investition 		Jeder, der in Erzeugungsanlagen (PV & Wärme) investiert, erhält: <ul style="list-style-type: none"> Günstigere Energiepreise Anteil an Einnahmen 	
Contractor	Energieverbraucher (privat und gewerblich)	<p>Investitionskosten werden gegen Verpachtung übernommen. Mieter*innen erhalten vom Contractor günstiger Energie als bei konventioneller Versorgung.</p> <p>Stromanbieter mit Mieterstrommodell z.B.: Wien Energie</p>	Verpachtung der Dachfläche an den Energieversorger	Errichtung und Betrieb der PV-Anlage durch Stromanbieter (komplette Auslagerung)	
Büro	Büro & Gewerbenutzer	<ul style="list-style-type: none"> Es wird in Form des oben beschriebenen „All-inclusive“ Konzepts mit fixen Energiekosten abgerechnet. 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Mietkosten für Wohnbau 	+EQ	

Geschäftsmodell	Zielkunden	Ertragsmechanismus	Wertversprechen	Bereitstellung	Offene Punkte
		<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltiges Image (+E Zertifikat, keine Abwärme an Umgebungsluft, Vermeidung Urban-Heat-Islands sofern keine Rückkühler, kein Lärm) • hoher Raumkomfort • niedrige Betriebskosten • Individualisierte Zusatzpakete – vertraglich wählbar/zubuchbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Leicht verbesserte Vermietbarkeit der Büros (geringerer Leerbestand) 		

10.3 Conclusio

Vorteile im Hinblick auf Kosten und Wirtschaftlichkeit

- Positiv am Mieterstrommodell ist, dass Energie aus PV-Anlagen von allen Bewohner*innen des Gebäudes genutzt werden kann, wodurch der Eigenverbrauchsanteil steigt. Da für den lokal produzierten PV Strom keine Kosten anfallen, kann dieser gratis bzw. bei Contracting-Modellen üblicherweise günstiger vom Contractor bezogen werden, als bei konventionellem Netzbezug. Dadurch entsteht für die Bewohner*innen meist ein wirtschaftlicher Vorteil.
- Durch die Gründung einer EEG kann ebenso ein wirtschaftlicher Vorteil entstehen (es müssen genauere Simulationen erfolgen, um die den Umständen entsprechenden Effekte einer Energiegemeinschaft abzubilden), da grundstücksübergreifend Strom gehandelt werden kann. Dadurch entsteht für die Bewohner*innen aufgrund des zugrundeliegenden Rechenmodells ein ähnlicher Effekt wie der eines erhöhten Eigenverbrauchsanteils (rein wirtschaftlich betrachtet).
- Aus der Ideation möglicher Geschäftsmodelle ergeben sich für die Zahlenden diverse Vorteile:

Renewable Use bietet durch seine dynamische Abrechnung anhand der realen Verbrauchsmesswerte für die Zahlenden die Möglichkeit für Nutzer*innen, durch ihr Verhalten vermehrt erneuerbaren Strom vor Ort zu nutzen. Da der Zeitpunkt des Verbrauchs detailliert in die Abrechnung einfließt, kann ein eigenverbrauchserhöhendes Verhalten begünstigt werden, da dieses niedrigere Energiekosten zur Folge haben kann. Wartungskosten, Mehrinvestitionskosten, Energiepreise und das Nutzer*innenverhalten beeinflussen jedoch inwieweit sich hier wirtschaftliche Vorteile abzeichnen.

Simple Use kann als Geschäftsmodell durch die verschiedenen quartiersweiten Abrechnungsarten (Verbrauch, Anschlussleistung, All-inclusive) unterschiedliche Vorteile bieten. Die Abrechnung nach Verbrauch (€/kWh) und Wohnfläche bietet durch fixierte Verteilungsschlüssel bei der Abrechnung besonders für Anlagenbetreiber reduziertes Risiko. Eine Abrechnung nach Anschlussleistung (€/kW) kann ähnliche Effekte haben wie Peakshaving bzw. DSM, beispielsweise durch erhöhtes Bewusstsein für Gleichzeitigkeiten oder indem hier Mieter*innen Komfort und Kosten abwägen können. Auf diese Weise können Flexibilitäten (beispielsweise in Bezug auf die Raumtemperatur) genutzt werden und bei hohen Komforttoleranzen wirtschaftliche Vorteile entstehen. Die All-Inclusive Variante (€/m²) bietet insbesondere Planungssicherheit für alle Parteien und kann durch das „Zubuchen“ bestimmter Pakete (gegen einen fixen Aufschlag) auf die Bedürfnisse im Quartier zugeschnitten werden.

Freemium birgt dieselben Vorteile wie oben beschrieben. Hier kann jedoch jeder Zahlende flexible Entscheidungen zum Abrechnungsmodell treffen.

Investor Use schafft durch „Crowdinvesting“ eine Form der Finanzierung, die es Zahlenden erlaubt, frei zu entscheiden, in welchem Ausmaß sie sich beteiligen wollen. Am Beispiel einer PV Anlage kann dann auch im Betrieb die Abrechnung (Verbrauch, Gewinne) anteilmäßig erfolgen.

Contractor-Modelle haben einerseits für die Mieter*innen den Vorteil, dass Investitions- und oft auch Wartungskosten ausgelagert werden und damit auch Risiko an den Investor abgegeben wird. Hier wird zwar die genutzte Fläche an den Investor verpachtet, als Mieter*in erhält man jedoch den Vorteil, zu reduziertem Preis Strom beziehen zu können. Im Gegenzug können Investoren die Flächen für Energieerzeugung nutzen und die Energie direkt an Mieter*innen verkaufen oder z.B. Gewinn aus der Einspeisung erzielen.

Büro & Gewerbenutzung wird abgerechnet wie das All-Inclusive Modell (+Zusatzpakete) und bietet möglichen Büro- oder Gewerbemieter*innen kalkulatorische Sicherheit. Durch die vertragliche Festlegung fixer Miet- und Betriebskosten müssen Mieter*innen nicht auf die Energieeffizienz des Gebäudes und die damit zusammenhängenden reduzierten Betriebskosten vertrauen, sondern können mit festgelegten Werten für Miete und Betrieb kalkulieren. Für Investoren wird damit das Risiko einer Mehrinvestition minimiert, da nicht die vergleichsweise hohen Mietkosten für die Mieter*innen vordergründig sind und auf deren Basis eine Entscheidung getroffen wird. Auf diese Weise kann der Effekt des Investor-Nutzer Dilemmas reduziert werden.

Möglichst einfache Übergabe an künftige Investoren

- Künftige Investoren sollen nicht durch mögliche, vertragsrechtliche Herausforderungen, wie diese etwa im Zusammenhang mit Erneuerbaren Energiegemeinschaften gesehen werden, abgeschreckt werden.
- Zwar müssten auch im Falle eines Contractings Verträge (z.B. Flächennutzungsvertrag) an künftige Investoren weitergegeben werden, allerdings ist dies in der Branche bereits gängiger Usus.

Vereinfachung der Umsetzung

- Falls die Umstände es schwer oder unmöglich machen, die Investitionskosten der PV Anlage zu tragen, sollten Contracting-Anbieter bereits zu Beginn der Planungen miteinbezogen werden.
- Besonders vorteilhaft aus Sicht des Bauträgers ist es, wenn sämtliche Angebote von einem einzigen Dienstleister kommen und somit auch nur ein Ansprechpartner besteht.

11 Überführung des Konzepts auf weitere Quartiere

11.1 Ottakringer_leben

Im Zuge der Begleitung des Ottakringer_leben Areals hin zu einem zukünftigen „Zukunftsquartier“ wurden mit den Architekten von Gehl (Dänemark) zwei Abstimmungstermine durchgeführt. Bei dem ersten Termin ging es um die Vorstellung der Zukunftsquartier- Methodik und was diese hinsichtlich benötigter PV- Leistung für das geplante Areal, unter Berücksichtigung der angestrebten Nutzflächen bedeutet. Vor dem 2. Termin wurden dann ein erster Entwurf einer Bebauungsstudie dem Projektteam zur Verfügung gestellt an dem konkret die Zukunftsquartier- Methodik angewandt werden konnte. Nachstehend werden diese Ergebnisse zu dem Entwurf mit Stand Mai 2021 aufgezeigt, wobei unterschieden wird in den Bauabschnitt Süd, der zuerst umgesetzt werden soll, und die gesamtheitliche Projektumsetzung. Ziel dieser zwei Betrachtungen war es, zu untersuchen, ob die beiden Bauabschnitte unabhängig voneinander die Plus-Energie-Anforderungen erfüllen können.

Die Bebauungsstudie in der Endausbauphase ist untenstehend in Abbildung 74 zu sehen, wobei in blau der Bürotrakt und gelb die hauptsächlich für Wohnnutzung vorgesehenen Baukörper zu sehen sind. Die grünen Bereiche kennzeichnen, die vorgesehenen Dachbegrünungen.



Abbildung 74: Draufsicht auf das Ottakringer_leben Areal mit der Lagerhalle links in grau

In Tabelle 41 sind die jeweilige Werte für BGF und NGF, unterteilt nach Nutzungen und Bauabschnitt angegeben. Es wird ersichtlich, dass in Bauabschnitt 1 die Wohneinheiten mit $5880 \text{ m}^2_{\text{BGF}}$ knapp 45% ausmachen, während bei der Endausbaustufe des Projektes dann die Wohnnutzung mit einem Anteil von rund 72% dominierend sein wird. Daraus ergab sich die Frage, ob der Bauabschnitt 1 auf Grund der hohen Bebauungsdichte und zusätzlich einer dominierenden Büronutzung mit den spezifischen Anforderungen an Kühlenergiebedarf etc. für sich alleine die Plus-Energie-Anforderungen erfüllt oder diese nur gesamtheitlich zu erfüllen ist.

Tabelle 41: Aufstellung BGF für Wohnabschnitt Süd und Gesamt

Bauabschnitt 1- Süd		2800		0,9
Gebäude	Wohnbau BGF	5.880,0	Wohnbau	5.292,0
Gebäude	Büro BGF	5.490,0	Büro NGF	4.941,0
Gebäude	Schule BGF		Schule NGF	-
Gebäude	Kiga BGF		Kiga NGF	-
Gebäude	Handel BGF	1.826,0	Handel NGF	1.643,4
Gebäude	Summe BGF	13.196,0	Summe NGF	11.876,4
Gesamt		12800		0,8
Gebäude	Wohnbau BGF	28.391,0	Wohnbau NGF	25.551,9
Gebäude	Büro BGF	5.490,0	Büro NGF	4.941,0
Gebäude	Schule BGF		Schule NGF	-
Gebäude	Kiga BGF		Kiga NGF	-
Gebäude	Handel BGF	5.765,0	Handel NGF	5.188,5
Gebäude	Summe BGF	39.646,0	Summe NGF	35.681,4

Die durchgeführte und in Abbildung 75 dargestellte solare Analyse zeigt, dass die zur Verfügung stehenden Dachflächen durch allgemein geringe Eigenverschattungen sehr gut (Hochpunkte >1100 kWh/m²a) bis gut (> 900 kWh/m²a) für PV-Nutzung geeignet ist.

Die Ausrichtung der Baukörper bietet sich des Weiteren für eine Ost/ West- Aufständigung an. Die Baukörper haben rechteckige Grundrisse- was bedeutet, dass die Dächer sehr flächeneffizient zu nutzen sind. Die in Rot eingefärbten Fassadenanteile würden sich des Weiteren noch anbieten um fassadenintegrierte PV einzusetzen. Dies ist vor allem in den oberen, südlich ausgerichteten Geschossen der Fall, wo noch mit ca. 70- 80% der jährlichen solaren Energieausbeute zu rechnen ist, im Vergleich zu dem was auf dem Dach zur Verfügung steht.

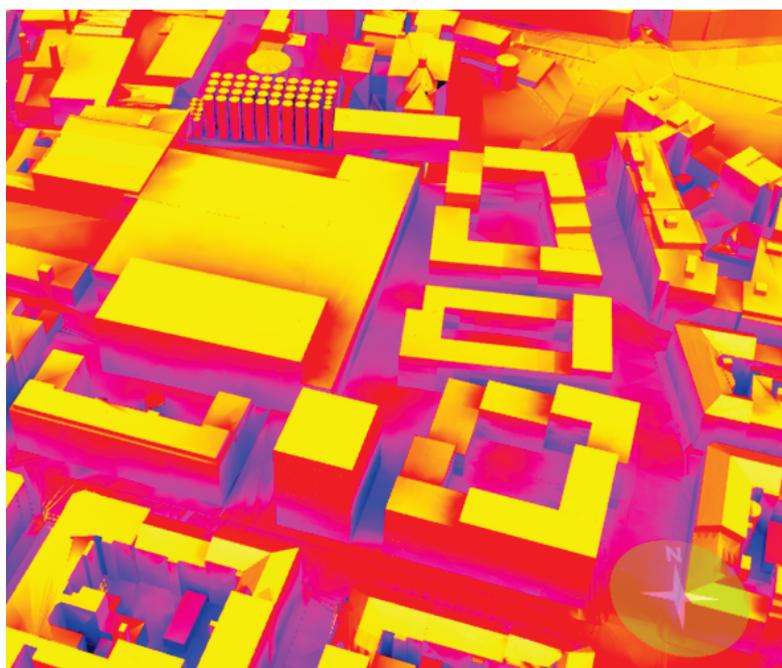


Abbildung 75: Solare Analyse des betrachteten Areals (PV Sites)

Bestimmung PV- Anlagen- Szenarien

In einem ersten Schritt wurde ermittelt, welche Größe die PV- Anlagen in Umsetzungsphase 1 und in Summe aufweisen muss. Dabei wurde zwischen drei Ausprägungen unterschieden. Erstens nach dem, was laut der Wiener Bauordnung erforderlich ist. Die 2. Variante stellt eine wirtschaftliche Auslegung mit Schwerpunkt eines hohen Eigenverbrauchs dar. Die dritte Variante markiert die Plus-Energie-Variante nach Zukunftsquartier-Ansatz. Untenstehend sind die jeweiligen Anforderungen für die Ausbau-Phasen und die Endstufe gegenübergestellt:

Tabelle 42: PV Varianten der Umsetzungsphase 1

„Muss“ – Wr. BO	80 kWp
„Soll“ – Wirtschaftlich	210 kWp
„PEQ“ – nach ZQ	ca. 360 kWp (270 kWp wenn Flexibilität und Windpeak Shaving genutzt wird) ➔ rund 150 kWp (bzw. 55 kWp) müssen in Fassade oder sonstige Flächen integriert werden

Tabelle 43: PV Varianten der gesamten Umsetzung

„Muss“ – Wr. BO	170 kWp
„Soll“ – Wirtschaftlich	580 kWp
„PEQ“ – nach ZQ	1.180 kWp (920 kWp wenn Flexibilität und Windpeak Shaving genutzt wird) ➔ rund 500 kWp (bzw. 240 kWp) müssen in Fassade oder sonstige Flächen integriert werden

Zusätzlich wird als Zwischenvariante untersucht, wie viel allein durch die vollständige PV- Belegung der Dächer abgedeckt, bzw. erreicht werden kann.

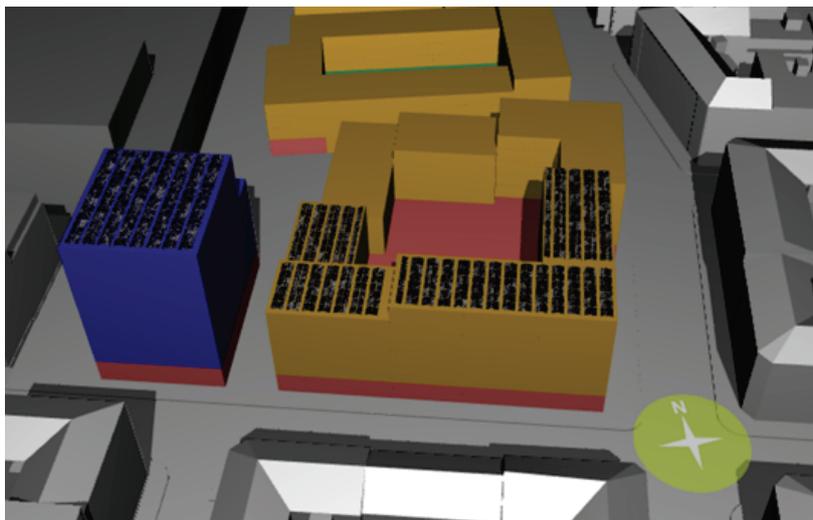


Abbildung 76: Flächenpotential PV- Dachbelegung für Umsetzungsphase 1

In Abbildung 76 ist die Ermittlung der Dachpotentiale der Bebauungsphase 1 dargestellt. Durch die hohe bauliche Dichte und den großen Büroanteil kann ein hoher PV- Eigenverbrauch > 95% ohne Berücksichtigung künftiger E-Mobilitäts- Anteile erzielt werden. Wie in Abbildung 77 ersichtlich wird, sind in dieser Variante mit den vorgegeben Nutzungsanteilen kaum PV- Überschüsse zu verzeichnen.

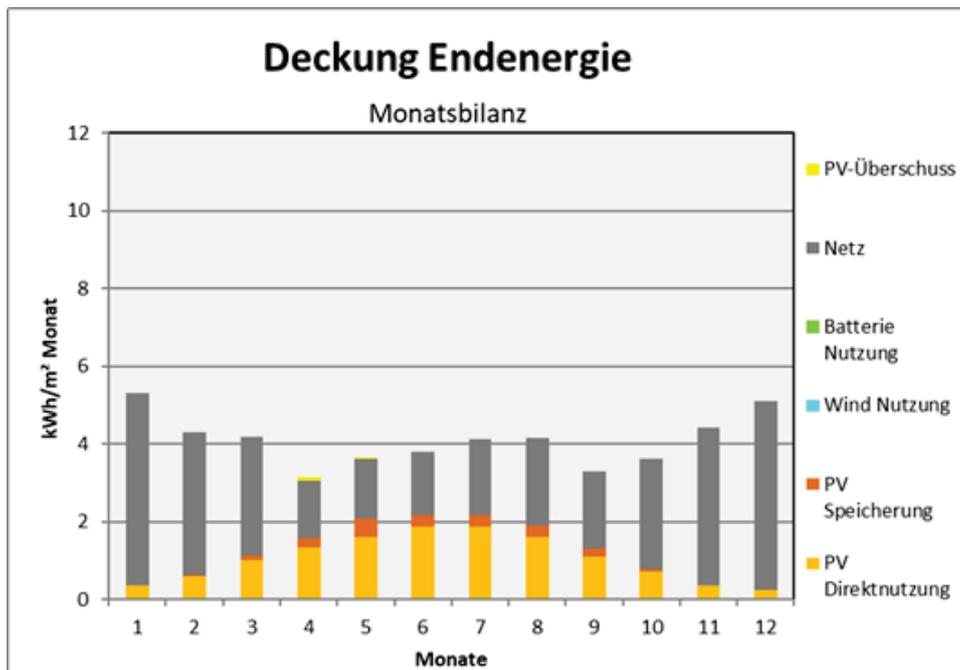


Abbildung 77: Monatliche Bilanz der Endenergiedeckung mit PV- Variante „nur Dach“

In Abbildung 78 ist die PV-Eigendeckung durch lokal erzeugten PV- Strom für eine Juli- Woche dargestellt. Es wird deutlich, dass selbst bei guter PV- Ausbeute, wie am 1.07 und 7.07 zu sehen ist, der erzeugte Strom fast vollständig im Quartier genutzt werden kann.

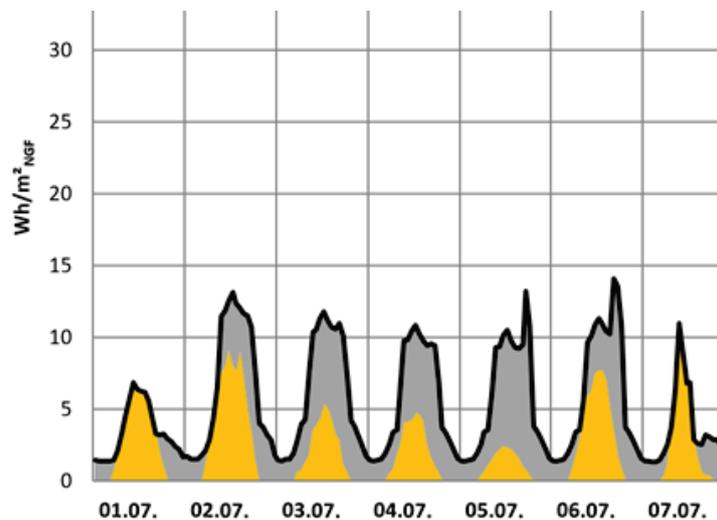


Abbildung 78: Exemplarische PV- Erzeugung und Verbrauchsprofile für eine sonnige Juliwoche

Abbildung 79 zeigt die komplette Arealbebauung unter Ausnutzung aller Dachflächen, mit Ausnahme der zwei Flächen, die explizit anderweitig genutzt werden. Darunter werden die monatliche Verteilung des Endenergiebedarfs und dessen Deckungsanteile dargestellt. Es wird deutlich, dass die

Gesamtausbaustufe von April bis in den September hinein Überschüsse produziert, die mit dem in Summe höheren Wohnanteil zu erklären sind.

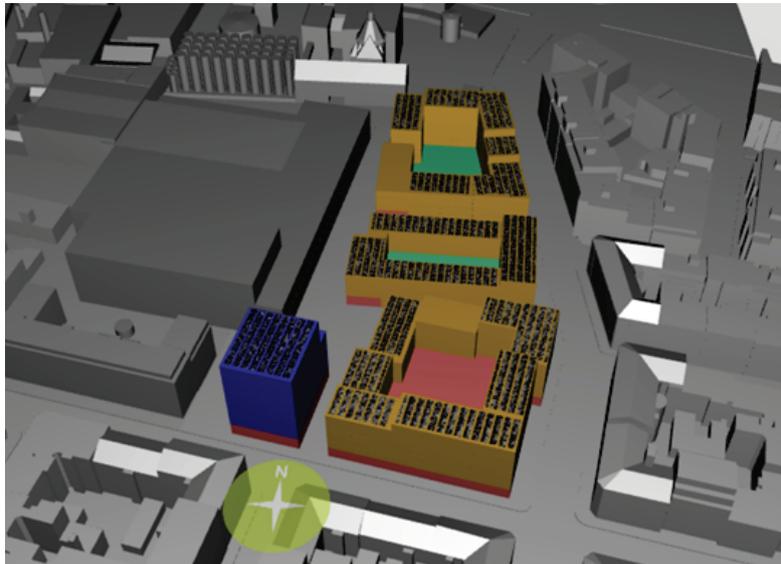


Abbildung 79: Gesamte Arealentwicklung mit PV- Belegung der nutzbaren Dächer

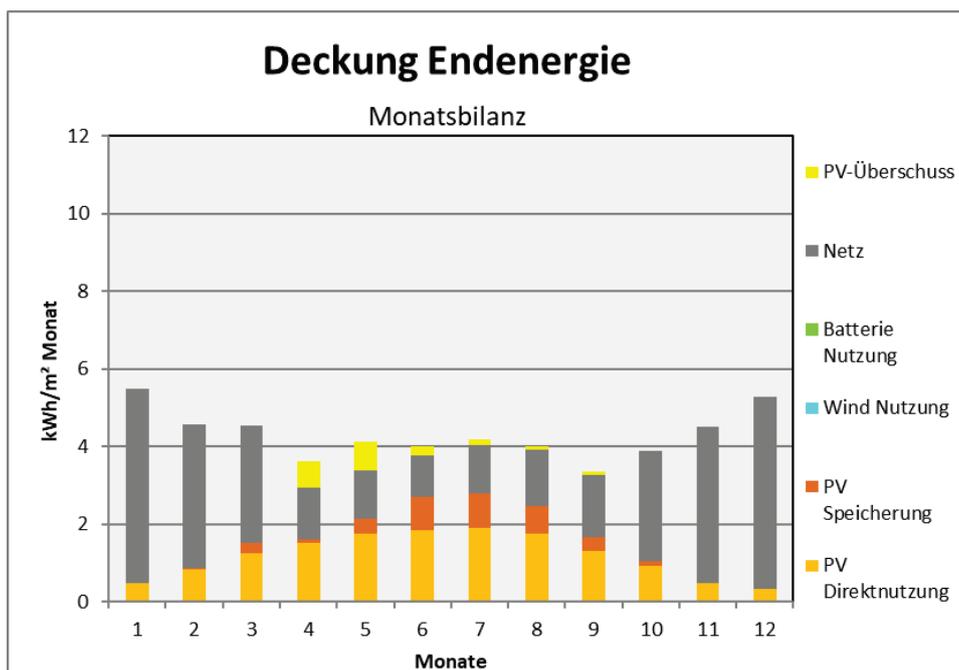


Abbildung 80: Monatliche Endenergiebilanz für das gesamte Areal

Zusammenfassend ergeben die Werte der monatlichen Bilanz folgendes Bild:

- Hoher PV- Eigenverbrauch von 90% ohne E-Mobilität
- PEQ-Anforderung nicht erreicht: Werte inkl. Dichtebonus -23,2; Entspricht = $14,2 \text{ kWhel/m}^2_{\text{NGF}}$ oder 450 MWh bei ca. 500 kWp

Neben dem solaren Potential wurde eine Abschätzung für die Nutzung des Erdkörpers hinsichtlich des Potentials als Wärmesenke- bzw. Wärmequelle durchgeführt. Dieses sollte wieder für beide Bauabschnitte gültig sein, wobei das volle Potential der Nutzungsmischung und des Quartiergedankens

erst in der Ausbaustufe zum Geltung kommen wird. Dennoch sollte auch die Ausbaustufe 1 für sich allein funktionieren, da sonst das ganze Versorgungskonzept in Frage gestellt werden würde. Bereits in der Sondierung wurde festgehalten, dass die Nutzung von Erdwärme/ -kälte zwar grundsätzlich möglich ist, allerdings kann es während der Bohr- und Verpressarbeiten zu einer (zeitweiligen) Trübung des Trinkwasseraquifers, der für den Brauprozess herangezogen wird, kommen. In dieser Zeit kann die Nutzung des Trinkwassers für den Brauprozess beeinträchtigt sein. Um dieses Risiko zu minimieren, wird von der zuständigen Behörde MA31– Wiener Gewässer empfohlen, die Sondenlänge kürzer als die Obergrenze des Trinkwasserspiegels auszuführen (ca. 80 bis 100m). Für die Auslegung wurde deshalb der konservative Wert von 80m gewählt, die anderen Annahmen sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt:

Tabelle 44: Sonden- Grobauslegung für Heizen und Kühlen

Sonden Dimensionierung	Heizen	Kühlen
JAZ WP	4	5
Entzugsleistung Sonden	40	60
Tiefe Sonde	80 m	
Abstand zwischen Sonden	6 m	

Wie in Abbildung 81 zu sehen ist, kann mit der zur Verfügung stehenden Grundfläche die Wärmeentzug und –abgabe nicht vollständig bilanziell ausgeglichen werden, was über die Jahre zu Problemen führen könnte, bzw. die Effizienz negativ beeinflussen würde, wenn sich das Erdreich immer mehr erwärmt und deshalb vor allem in der Sommerzeit als Senke schlechter nutzbar wird.

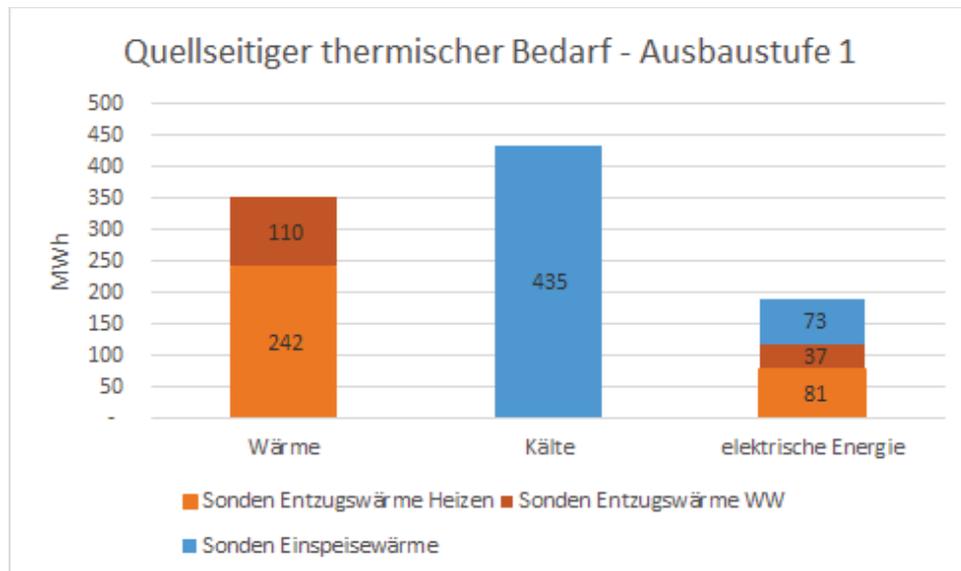


Abbildung 81: Gegenüberstellung der entzogenen und abgegebenen Wärmeenergie pro Jahr, sowie der resultierende elektrische Energiebedarf je Ienstleistung für die 1. Ausbaustufe

In der Vollausbau-Variante wird auf Grund des höheren Anteils von Wohnnutzung der Anteil an Wärmebedarf höher und die Bilanz zeigt ein Ungleichgewicht zu Lasten der Wärmesenke. Dies sollte durch die nachströmende Erdwärme aber gut auszugleichen sein, wobei dies in weiterer Folge mit Simulationen nachzuweisen wäre. Falls eine detaillierte Betrachtung zu dem Schluss kommt, dass der

langfristige thermische Ausgleich zwischen Winter und Sommer nicht gewährleistet ist, könnten z.B. zusätzliche Effizienzmaßnahmen auf der Gebäudeseite für einen Ausgleich sorgen.

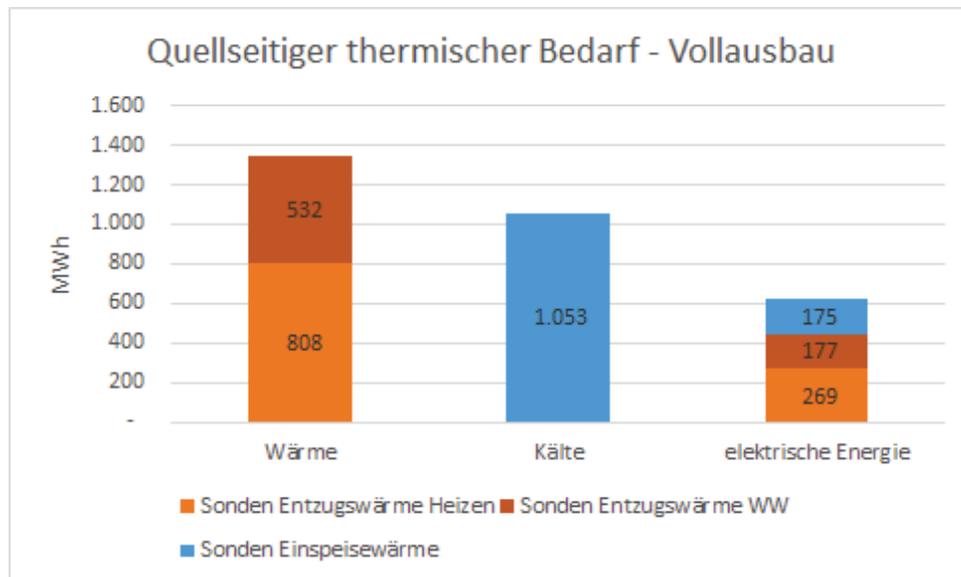


Abbildung 82: Gegenüberstellung der entzogenen und abgegebenen Wärmeenergie pro Jahr, sowie der resultierende elektrische Energiebedarf je Dienstleistung für den Vollausbau

11.2 Aspern Baufeld G11 (Proof of concept)

Die Aspern Seestadt ist ein im Bau befindlicher Stadtteil auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens Wien-Aspern, auf dem zukünftig ein vielfältiges Quartier entstehen soll. Mit einer Gesamtfläche von rund 240 Hektar sollen genügend Wohnraum, Arbeitsplätze, Bildungseinrichtungen sowie ein umfassendes Angebot an Versorgung und Dienstleistungen innerhalb eines Quartiers entstehen. Im Jahr 2010 erfolgte der Baubeginn des ersten Gebäudes. Die Bebauung der Seestadt wurde in 4 Phasen eingeteilt, wobei die letzte Phase im Jahr 2028 angeschlossen sein soll. Im Zuge einiger exemplarischer Baufelder wurden die Qualitätskriterien für aspern klimafit definiert, welche als Grundlage für die Errichtung von Neubauten in der Seestadt dienen sollen (Zelger et al. 2020). Darin wurden die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Ziele des Projekts miteinander kombiniert und so verschiedene Zielvorgaben für die Bebauung von Aspern Nord aufgestellt.

Um einen Testlauf für die PEQ- Methode zu machen wurde ein herausforderndes Baufeld mit hoher GFZ und unterschiedlich hohen Gebäuden ausgewählt. Die erhöhte Verschattung bei Baufeld G11 kommt einerseits durch die umliegenden Baufelder. Um das solare Potential bestmöglich nutzen zu können wird für Baufeld G11 ausschließlich eine PV-Anlage mit einer Ost-West- Ausrichtung und einer Modulneigung von 15° in PVSites simuliert, wie in Abbildung 83 sichtbar wird.

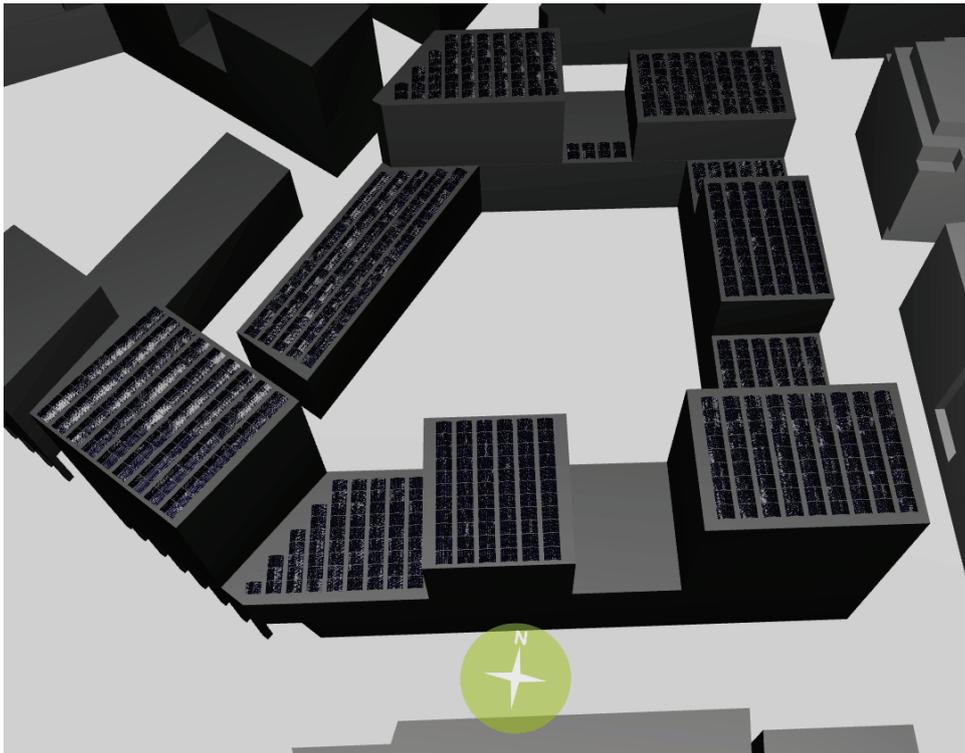


Abbildung 83: PV-Belegung Baufeld G11 in PV Sites

Es ergibt sich rein für die Nutzung der Dächer eine Modulfläche von 2.302,6 m² und eine Leistung von 449,3 kWp. Der Ertrag der Anlage beträgt hierbei 374,0 MWh/a bzw. 832,5 kWh/kWp. Dies entspricht einem durchschnittlichen Ertrag von 14,8 kWh/m²_{BGF}.

Anschließend wird das Baufeld G11 ebenfalls mit einer Fassadenbelegung erweitert. Dabei wird abermals so vorgegangen, dass alle Gebäudeflächen des Baufelds, welche eine durchschnittliche jährliche Sonneneinstrahlung von mindestens 600 kWh/m² besitzen, mit PV-Modulen belegt werden. Die resultierenden Modulflächen, Leistungen und Erträge sind in Tabelle 45 dargestellt:

Tabelle 45: Übersicht PV- Varianten 1 und 2

Variante	PV-Ausrichtung	Modulneigung [°]	Modulfläche [m ²]	Leistung [kWp]	Ertrag [MWh/a]	Spez. Ertrag [MWh/m ² _{BGF} a]
1	Ost-West	15	2302,6	449,3	374	14,9
2	Fassade	90	882,7	172,2	106	4,2
Gesamt	Ost-West+Fassade	15+90	3185,3	621,5	480	19,1

Wie anhand Tabelle 45 ersichtlich ist, ergibt sich für das Baufeld G11 ein spezifischer Ertrag inklusive Fassaden von 19,1 kWh/m²_{BGF} bzw. 480 MWh/a.

12 Zusammenfassende Entscheidungshilfe zur Technologiefindung in der PEQ-Planung

Im folgenden Abschnitt werden technologische Möglichkeiten in Bezug auf die Wärme- und Kältebereitstellung, Stromerzeugung und -speicherung in der PEQ-Planung veranschaulicht (siehe .Abbildung 84). Einzelne Schritte werden inhaltlich beschrieben und in Form eines Entscheidungsbaums als Entscheidungshilfe für die Wahl eines PEQ-Energieversorgungssystems grafisch dargestellt.

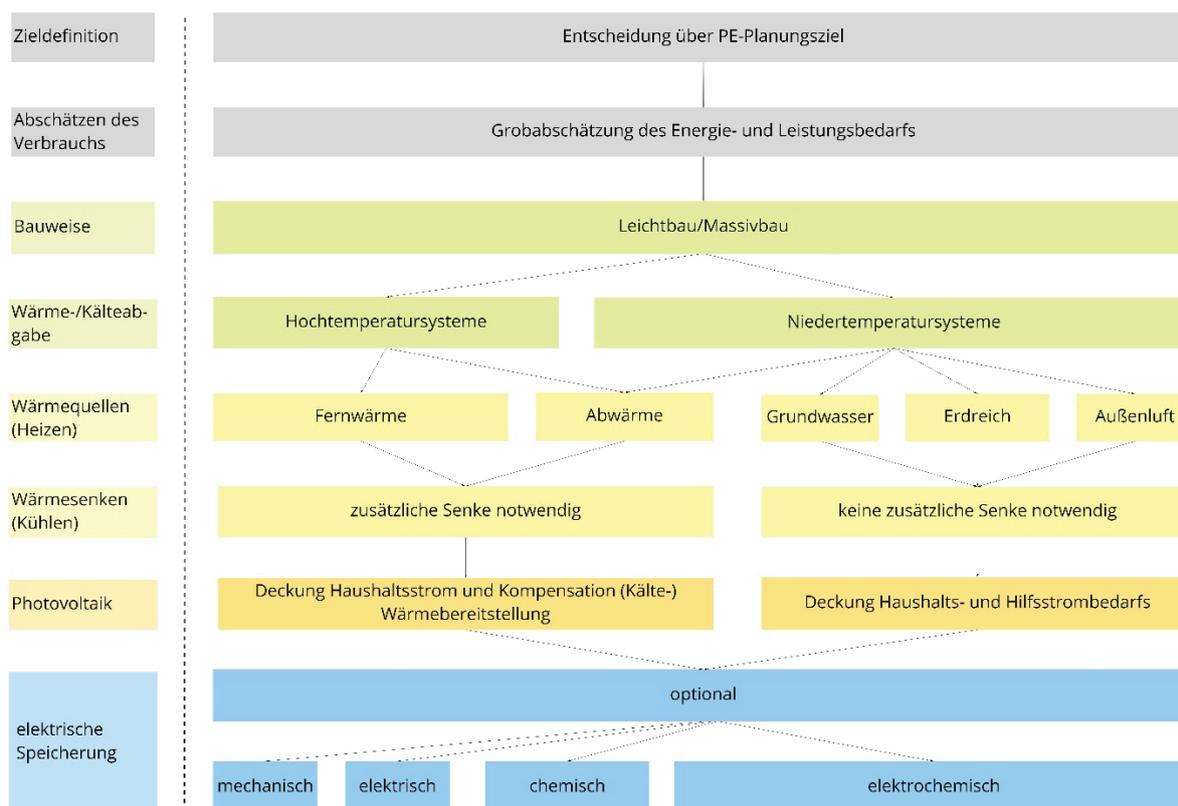


Abbildung 84: Entscheidungsbaum für Technologien in der PEQ-Planung

Zieldefinition

Am Anfang steht der gemeinsame Beschluss über die Zielsetzung des Plus-Energie-Standards. Dabei ist auf eine einheitliche Definition des Planungsziels und die Festlegung von geeigneten Systemgrenzen zu achten (siehe Kapitel 4.1).

Grobabschätzen des Verbrauchs

Zu Beginn ist eine Grobabschätzung des Energie- und Leistungsbedarfs als Voraussetzung für die Dimensionierung des Energiesystems durchzuführen. Dies kann auf Basis der Nutzungsprofile sowie der Bruttogeschosßfläche geschehen. Es handelt sich dabei um einen iterativen Prozess, welcher bei Planungsänderungen und Detaillierung nachgezogen wird.

Bauweise

Die Entscheidung über die Bauweise (Leicht-/Massivbau) hat signifikante Auswirkungen auf die Wärme- und Kälteeinbringung. Im Gegensatz zur leichten Bauweise bietet die schwere Bauweise den Vorteil der Möglichkeit der Speicherung von thermischer Energie in Bauteilen (Bauteilaktivierung). Diese bietet Flexibilität, welche zur Steigerung des PV-Eigendeckungsanteils oder zur verbesserten Netzdienlichkeit durch z.B. Peak-Shaving genutzt werden kann.

Wärme- Kälteabgabe

Das Wärme-/Kälteabgabesystem hängt stark von der Art der Wärme-/Kältequelle ab. Für eine effiziente Nutzung von Umweltwärmequellen wie Grundwasser, Erdreich und Außenluft sind Niedertemperaturabgabesysteme zu verwenden. Hochtemperaturabgabesysteme benötigen Wärme-/Kältequellen höherer Temperaturniveaus, wie bei Fern- oder Abwärme.

Wärmequellen (Heizen)

In Abhängigkeit der Wärme-/Kälteabgabesysteme ist eine Wärmequelle festzulegen. Hierbei ist die lokale Verfügbarkeit der Quellen zu prüfen. Die Nutzung von Erdreich und Grundwasser muss durch geologische Tests und behördliche Verfahren genehmigt werden. Für eine Fernwärmenutzung ist entweder eine Anschlussmöglichkeit oder die Ausbaufähigkeit des Netzes Voraussetzung. Bei Verfügbarkeit von Abwärme in der Umgebung muss deren Temperaturniveau, -menge und -profil geprüft, sowie rechtliche Aspekte, wie Abnahme- bzw. Bereitstellungsverpflichtungen, geklärt werden.

Wärmesenken (Kühlen)

Umgebungswärmequellen wie Grundwasser, Erdreich und Außenluft bieten die Möglichkeit einer gleichzeitigen Nutzung als Wärmesenke im Kühlbetrieb, wodurch gleichermaßen die Regeneration des Erdreichs/Grundwassers sichergestellt werden kann. Hingegen können Fernwärme- und Abwärmesysteme nicht zum Kühlen herangezogen werden. Für den Kühlbetrieb müssen daher zusätzliche Systeme, wie Fernkälte, oder die oben genannten Umweltenergien, eingesetzt werden.

Photovoltaik

Die Photovoltaikanlage wird anhand des Haushaltsstrom- und Hilfsstrombedarfs sowie der Kompensation etwaiger Emissionen, welche durch die Wärme- und Kältebereitstellung anfallen, dimensioniert. Dabei ist von Beginn an darauf zu achten, dass die Gebäudekubaturen eine Aufstellung möglichst großer zusammenhängender PV-Flächen ermöglichen bzw. sind diese dementsprechend anzupassen.

Elektrische Speicherung

Optional kann zur Erhöhung der Eigendeckung sowie zur Abflachung der Bedarfskurve im Sinne der Netzdienlichkeit weitere Speicherkapazität implementiert werden (siehe Kapitel 5.4.2 und 5.4.3).

Thermische Speicherung

Für die Implementierung von thermischen Speichern für die Heizungs- und Warmwasserwärmespeicherung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Diese hängen einerseits von der Nutzungsmöglichkeit der Gebäudehülle als Wärmespeicher sowie von der Art der Erzeugung

(zentral/dezentral) ab. Des weiteren spielen Überlegungen zu Überbrückungszeiten auf Grund von Netzdienlichkeit eine Rolle in der Dimensionierung von thermischen Speichern (siehe auch Kapitel 5.9).

13 Erkenntnisableitung

Im Zuge der wissenschaftlichen Begleitung des Planungsprozesses für das Bauprojekt Pilzgasse konnten zahlreiche relevante inhaltliche sowie prozessuale Erkenntnisse für die Umsetzung bzw. Replikation von hoch-innovativen (Plus-Energie-)Quartieren gewonnen werden.

Nachfolgend werden diverse Herausforderungen im Planungsprozess für ein von Anbeginn auf Plus-Energie-Qualität getrimmtes Neubauquartier, Möglichkeiten für und Vorteile von dessen Umsetzung, sowie konkrete technische Lösungsansätze zusammengefasst.

13.1 Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess

Energetische Qualitäten werden in einem konventionellen Planungsprozess in der Regel meist nicht ausreichend bzw. zeitgerecht berücksichtigt. Oft werden Entscheidungen dann auch aus vorwiegend ästhetischen oder rein investitions-wirtschaftlichen Gesichtspunkten getroffen. Ambitionierte Energielösungen werden dadurch meist verhindert bzw. verunmöglicht.

Die angestrebte energetische Qualität eines Plus-Energie-Quartiers im dichten urbanen Kontext setzt, nach einer hocheffizienten, ressourcenschonenden Planung, eine möglichst effiziente Ausnutzung der verfügbaren, erneuerbaren vor-Ort Umweltenergien (u.a. Erdwärme, Grundwasser, Sonne, Abwärme) voraus. Um diese bestmöglich in ein Gesamtkonzept, das auf Plus-Energie ausgerichtet ist, integrieren zu können, stellen sich zwangsweise neuartige Anforderungen an den Aufbau und die Architektur sowie grundsätzlich an den Planungsprozess für ein solches Quartier. Die Umsetzung von Plus-Energie-Quartieren bedingt jedenfalls eine frühzeitige Integration von Themen der Energieplanung in den Planungsprozess.

Lessons Learned

- Eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Planung eines Plus-Energie-Quartiers ist ein gemeinsames Verständnis sämtlicher beteiligter Stakeholder auf die Zielsetzung, ein Plus-Energie-Quartier erreichen zu wollen.
- Durch die hohen energietechnischen Anforderungen eines PEQs sind auch besondere Ansprüche an den Planungsprozess zu stellen. Die Orientierung an gewohnten Zeithorizonten und inhaltlichen Anforderungen ist daher meist nicht zielführend. Vor allem die Einbindung von Energieplanungen in die gesamtheitliche Planung ist bereits zu einem früheren Zeitpunkt erforderlich.
- Projektentwickler*innen sollen bereits früh im Planungsprozess eine Einschätzung darüber haben, welche Anforderungen an ein Quartier zu stellen sind, damit dieses überhaupt ein Plus-Energie-Quartier werden kann. Um projektspezifische Vorgaben für den weiteren Planungsverlauf setzen zu können, soll weiters eine frühzeitige Abschätzung von benötigter PV-Fläche, Gebäudequalität und verfügbaren erneuerbaren Energiequellen etc. durchgeführt werden. (Im Forschungsprojekt wurde dafür ein Excel-Tool entwickelt. Dieses soll künftig Planer*innen breit zur Verfügung gestellt werden.)
- Die Umsetzung eines Plus-Energie-Quartiers bedingt eine möglichst frühzeitige Abstimmung zwischen Architektur und Energieplanung. Ziel ist eine möglichst effiziente Nutzung der vor

Ort vorhandenen erneuerbaren energetischen Potenziale (v.a. PV-Potenziale) zur Deckung des Energiebedarfs. Folgende Aspekte mit potentiellen Auswirkungen auf die architektonische Gestaltung sollten in einem Plus-Energie-Quartier jedenfalls berücksichtigt werden:

- eine möglichst kompakte Bauweise zur Minimierung von Wärmeverlusten,
 - die Optimierung von Gebäudeoberflächen für Photovoltaik Nutzung,
 - die Berücksichtigung von Maßnahmen zum Schutz vor sommerlicher Überhitzung,
 - die Vermeidung von Heat Islands durch entsprechende Außenraumgestaltung,
 - das Vorhandensein eines Aufstellraums für die technische Gebäudeausrüstung zur Nutzung der erneuerbaren vor-Ort Energiequellen,
 - die Reduktion von Wärmeverlusten durch Vermeidung von Zirkulationsleitungen zu exponierten Zapfstellen,
 - (optional) die Nutzung eines Wärme-/Kälteabgabesystems (Bauteilaktivierung) zur Abfederung von Leistungsspitzen, z.B. durch Peak-Shaving.
 - die komfortbezogenen Qualitäten sollen nicht vollends zu Lasten energetischer Qualitäten gehen. Darauf ist während des gesamten Planungsprozesses (sowie auch später im Betrieb) zu achten.
- Eine Zusammenfassung der energetischen Qualitäten eines PEQs in die Auslobungsunterlagen für den Architekturwettbewerb mitaufzunehmen (siehe Anhang) ist sinnvoll. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die ArchitektInnen in deren Planungen, die Energieversorgung begünstigende Rahmenbedingungen mitberücksichtigten.
 - Bei der textlichen Ausgestaltung von PEQ-spezifischen Qualitäten (z.B. in Auslobungsunterlagen) sollte auf eine Balance zwischen ausreichenden Vorgaben und angemessenen Spielräumen für die Planenden geachtet werden.
 - Eine Unterstützung der Teilnehmer*innen eines Architekturwettbewerbs bei der Erstellung von Energiekonzepten durch Expert*innen ist empfehlenswert und sollte ihnen im Wettbewerb kostenfrei angeboten werden.

13.2 PV-Maximierung als oberste Prämisse für ein PEQ

Ein großer Teil der erneuerbaren Energieaufbringung für elektrische Dienstleistungen in Plus-Energie-Quartieren muss über Photovoltaikanlagen vor Ort generiert werden. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Anlageninstallation ergeben sich durch die Leistungsstärke der Module sowie deren Anbringungsort. Fassadenmodule schlagen dabei im Vergleich zu Auf-Dach Modulen mit deutlich höheren Installationskosten zu Buche. Aus ökonomischer Sicht sind möglichst große zusammenhängende horizontale PV-Flächen z.B. am Dach vorteilhaft. Ein Gutteil der vorhandenen Dachfläche kann jedoch oft auf Grund von Sanitärentlüftungseinrichtungen, anderen Anlagen, Auslässen und/oder Aufbauten am Dach nicht belegt werden. Damit verbunden sind weitere Flächenverluste in Form von Abstandsflächen, die aus Brandschutzgründen oder zum Zwecke der Wartung gesetzlich vorgeschrieben sind.

Dachflächen stehen oftmals auch im Zielkonflikt zwischen der Nutzung in Form von Terrassen und Dachgärten und -begrünung einerseits und der Aufstellung von PV-Anlagen andererseits. Abhilfe könnten hier etwa PV-Aufständierungen oder PV-Pergolen schaffen. Pergolen lassen sich zudem sehr

gut mit Begrünungselementen kombinieren, gelten allerdings rechtlich gesehen als Flugdach und sind somit gebäudehöhenrelevant.

Lessons Learned

- Eine Vorabschätzung der benötigten Photovoltaikflächen am Dach und an der Fassade liefert einen wichtigen Rahmen für die Entwurfsplanung. Zu diesem Zweck wurde im Projekt ein einfaches Berechnungstool auf Excel-Basis erstellt (PEQ-Cheq).
- Auch bei bereits energetisch-optimierten Kubaturen sind zur Maximierung von PV-Flächen am Dach meist noch weitere, kleinteilige Optimierungen vorzunehmen. Ein Zusammenziehen von Rohrleitungen der Haustechnikanlage zur Schaffung einiger weniger Dachauslässe kann dies unterstützen. Dadurch können auch Sperrzonen (z.B. zum Zwecke des Brandschutzes) und Abstandsflächen reduziert werden, die dann wiederum für Belegung mit PV-Paneelen verfügbar werden.
- (Extensive) Begrünung auf einem nicht-begehbaren Dach- oder Terrassenbereich kann vorteilhafte Auswirkungen auf die Betriebstemperatur bzw. die Performance von PV-Modulen haben (auf Grund der dadurch vorhandenen Verdunstungskühlung und einhergehenden Vorteile für die temperaturabhängige Modulleistung).
- PV-Pergolen können ein wichtiger Lösungsansatz im Nutzungskonflikt zwischen begehbaren und nutzbarer Terrasse und PV-Maximalbelegung sein. Durch die Verschattungselemente kann einerseits der Aufenthaltskomfort (v.a. im Sommer) gesteigert sowie andererseits eine maximale PV-Flächenbelegung beibehalten werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass Pergolen laut Wiener Bauordnung gebäudehöhenrelevant sind.
- PV-Fassadenmodule haben für Gebäude in der Gebäudeklasse 5 („Hochhäuser“, siehe Pilzgasse) erhöhten Brandschutzanforderungen zu entsprechen. Aktuelle, am Markt erhältliche Module erfüllen diese leider meist noch nicht. Für Gebäude dieser Klasse bestehen damit zusätzliche Herausforderungen für die PV Maximierung.

13.3 Hoher Eigenverbrauchsanteil als ökonomischer Vorteil

Auf Grund von variierenden PV-Erträgen in Abhängigkeit des Sonnenstands und der spezifischen vorhandenen Verbrauchsprofile kommt es immer wieder zu Über- und Unterdeckung von Strom aus den Photovoltaikanlagen im Quartier. Im Falle einer Überproduktion kann der ins Netz eingespeiste Strom per Einspeisetarif entgolten werden. Im Falle der Unterproduktion muss zu regulären Konditionen Strom aus dem Netz bezogen werden. Da der Einspeisetarif für PV-Strom üblicherweise geringer ist, als die Kosten für einen konventionellen Netzbezug ist aus wirtschaftlicher Sicht eine Optimierung des Eigenverbrauchsanteils anzustreben.

Im Quartierskontext ist, insbesondere bei einer erhöhten Nutzungsmischung, eine gute Grundvoraussetzung für einen hohen Eigenverbrauchsanteil gegeben. Dieser Vorteil kann insbesondere dann vollends ausgeschöpft werden, wenn sämtliche PV-Anlagen auf den jeweiligen Gebäuden durch eine Sammelschiene in einem Zählkreis betrieben werden können.

Im Fall der Pilzgasse konnte auf Basis der vorhandenen Nutzungsmischung, durch eine vorausschauende und intelligente Nutzung sämtlicher Speichermassen (z.B. bauteilaktivierte Gebäude) sowie durch Einbezug von Sektorkopplung durch E-Mobilität der Eigenverbrauch auf ca. 90% angehoben werden.

Lessons Learned

- Der gezielte Einsatz sowie die Verwendung vorhandener elektrischer (z.B. Elektrospeicher) sowie auch thermische Speichermöglichkeiten (z.B. Pufferspeicher, Warmwasser-Speicher) unterstützt die Eigenverbrauchsmaximierung maßgeblich. Mittels Wärmepumpe und Bauteilaktivierung können etwa PV-Überschüsse in der Gebäudemasse in Form von Wärme bzw. zur Konditionierung gespeichert bzw. genutzt werden.
- Mittels Maßnahmen des Demand Side Management (z.B. im Heiz-, Kühl und Warmwasserbereich) kann der Eigenverbrauchsanteil und damit der wirtschaftliche Vorteil angehoben werden.
- Ein Quartier mit unterschiedlichen Nutzungen und den damit verbundenen unterschiedlichen Verbrauchsprofilen, reduziert Lastspitzen und erhöht das Potential von Lastverschiebungsmöglichkeiten.
- Ein hohes, theoretisches Potential für Eigenverbrauchsoptimierungen liegt vor allem auch im Haushaltsstrombedarf. Dieser macht im Wohnbereich rund 50% des Endenergiebedarfs aus. Bewohner*innen und Nutzer*innen sollten daher gezielt für das Thema Lastverschiebung sensibilisiert werden, nicht zuletzt, um die Akzeptanz z.B. für die automatische Steuerung von Haushaltsgeräten (z.B. Geschirrspüler, Waschmaschinen etc.) zu fördern.
- Für die Zielsetzung eines möglichst hohen Eigenverbrauchs ist im Planungsprozess eine ehestmögliche Abstimmung zwischen der Haustechnikplanung und dem Netzbetreiber anzuregen.
- Da Energiegemeinschaften ihren Mitgliedern finanzielle Auswirkungen in ähnlichem Umfang, wie ein unmittelbarer (direkt-physisch) erhöhter Eigenverbrauchsanteil ermöglichen, stellt zukünftig auch die Gründung einer erneuerbaren Energiegemeinschaft eine Option dar, die ökonomische Vorteile mit sich bringen kann.

13.4 Eigenverbauchsmaximierung vs. netzdienlicher Betrieb

Ein netzdienlicher Anlagenbetrieb beschreibt den Bezug von Energie aus dem angeschlossenen Netz an für das Netz günstigen (netzdienlichen) Zeitpunkten. Geschieht dies in Kombination mit DSM-Maßnahmen, beispielsweise durch Speicherung von Netzstrom in der Gebäudemasse oder in Batterien, kann der Fall eintreten, dass aktuelle lokale PV-Überschüsse nicht mehr selbst genutzt bzw. eingespeichert werden können, da die Speicher mit netzdienlichem Netzstrom bereits voll beladen sind. Dadurch erhöht sich in Folge die PV-Einspeisung in das elektrische Netz; der Eigenverbrauchsanteil hingegen verringert sich.

Generell wird jedoch aus ökonomischen Gründen eine Eigenverbrauchsoptimierung angestrebt (da im Regelfall der Einspeisetarif deutlich geringer ist als der Netzbezugstarif). Eine netzdienliche Betriebsweise kann im Vergleich zu einem eigenverbrauchsoptimierten Betrieb somit eine wirtschaftlich nachteilige Situation ergeben. Intelligente Kombinationen dieser beiden Betriebsweisen sind Betrachtungsgegenstand laufender Forschungsprojekte.

Lessons Learned

- Die Deckung der Bedarfe durch eigens produzierten PV-Strom ist grundsätzlich zu priorisieren und in der Deckungsreihenfolge an den Beginn zu stellen. Somit können die Eigenverbrauchsanteils einbußen bei gleichzeitig netzdienlichem Betrieb möglichst gering gehalten werden.
- Ökonomische Anreize für den Bezug von netzdienlicher Energie, beispielsweise durch dynamische Energiepreise, könnten zukünftig ökonomische Unterschiede zwischen eigenverbrauchsoptimiertem und netzdienlichem Betrieb weiter reduzieren.
- Rund zwei Drittel der Windkraft in Österreich treten in den Winterhalbjahren auf und stehen damit de facto nicht in Konkurrenz zu PV-Stromproduktion, da PV-Erträge und damit auch Überschüsse zu im Winter deutlich geringer ausfallen. Der Bezug von Strom aus dem Netz zu netzdienlichen Zeitpunkten ist damit sowohl im Winter als auch im Sommer erstrebenswert.

13.5 Einbindung von Nutzer*innen

Nebst energetischen, ökologischen und ökonomischen Aspekten sind auch soziale Aspekte sowie Aspekte der Aufenthaltsqualität und des Wohnkomforts der Nutzer*innen gleichberechtigt in der Planung zu berücksichtigen. Dabei können diverse Zielkonflikte zu Tage treten: effiziente Nutzung der konditionierten Flächen vs. komfortabel-geräumige Innenräume, Dichte vs. Außenfläche mit Aufenthaltsqualität, Dachterrasse oder andere Dachflächennutzung vs. intensive PV-Belegung, flexible Raumlufttemperaturen auf Basis von Demand Side Management zur netzdienlichen Gestaltung vs. thermischer Komfort nach jeweiligem Nutzer*innen-Bedürfnis, etc.

Auch im Betrieb wird die Schnittstelle zwischen Nutzer*innen und Haustechnik vor allem im Kontext neuer Gebäudetechnologien und -funktionsweisen immer wichtiger, da neue Ansprüche an die Interaktion im sozio-technischen Kontext entstehen. Hohe Technisierungstiefe, Automatisierung und generell die veränderte Komplexität in Hinblick auf Mess-, Steuerungs- und Kontrollsysteme können den Nutzungskomfort der unterschiedlichen Zielgruppen erheblich beeinträchtigen.

Lessons Learned

- Ein Nutzungskonzept, das die Gesamtheit der Planungs- und Nutzungsprozesse berücksichtigt und die Anforderungen der Zielgruppen in den Fokus rückt, ist ein zentraler Erfolgsfaktor innovativer Gebäudetechnologien aus Nutzer*innensicht. Auf methodischer Ebene bieten Evaluierungsprozesse mit umfassenden Erstbefragungen zu Erwartungen und Anforderungen eine vorteilhafte Basis für wiederholende Zyklen bestehend aus Maßnahmenentwicklung, – evaluation und -optimierung.
- Die Nutzer*innen sollen best- und ehestmöglich in den Prozess miteingebunden werden, um deren Perspektive bei der Ausgestaltung der Regelungstechnik, Demand Side Management etc. mitaufnehmen zu können. Dies schafft Akzeptanz, Vertrauen in die vorhandene Technik und unterstützt einen energieoptimierten Betrieb.
- Auf technologischer Ebene bieten nutzer*innenfreundliche Mess- und Kontrollsysteme sowohl Einblick in die Funktionsweise der Haustechnik als auch zielführende Strategien zur

Optimierung des individuellen Energieverhaltens. Interaktive Möglichkeiten für Feedback an die Nutzer*innen können darüber hinaus helfen, Haustechnik besser zu verstehen.

- In Bürogebäuden können Zertifizierungsverfahren, die die Nutzer*innen im Rahmen standardisierter Evaluierungsprozesse (u.a. durch Befragungen) einbinden, dabei helfen, Nutzungskomfort und Arbeitsmotivation zu erhöhen. Außerdem ist es empfehlenswert, Interessent*innen vor einer Investition in neue Haustechniken, die Gelegenheit zu geben, in einem neutralen Bereich diese Technologien ausgiebig zu testen.
- Mittel- und langfristig kann die Schaffung innovativer Lernumgebungen für den Einsatz und die Anwendung neuer Technologien eine Basis für nachhaltige Entwicklung im Gebäudetechnologiebereich darstellen.

13.6 Ausgleich der Mehrinvestitionskosten

Grundsätzlich gelten am Immobilienmarkt die Gesetze von Angebot und Nachfrage, jedoch ist Wohnraum unter anderem auch Gegenstand sozialer Verantwortung und daher in der Herstellung einem hohen Preisdruck ausgesetzt. Auf Grund der Errichtung von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien vor-Ort entstehen in der Anfangsphase eines PEQ in der Regel höhere Investitionskosten. Gleichzeitig führt die Nutzung von kostengünstiger Umweltenergie zu einer signifikanten Reduktion der Energiekosten. Es besteht jedoch eine Diskrepanz der Träger*innen und der Profiteur*innen von Mehrkosten. Abgesehen von persönlichen Ambitionen, Zertifizierungen, Image, etc. gibt es meist keine unmittelbare finanzielle Motivation für Investor*innen, diese Mehrkosten zu tätigen.

Da Investor*innen selbstredend ihr investiertes Vermögen vermehren möchten, ist die Aufrechnung von Nutzen auf die Herstellungskosten von Gebäuden wesentlich. Dieser Umstand trägt dazu bei, dass die Mehrkosten für innovative Gebäude oft nicht getätigt werden, da der Nutzen einer solchen Investition entweder nicht bekannt ist oder nicht dem Investor dient sondern den Käufer*innen, Betreiber*innen oder Nutzer*innen der Immobilie.

Lessons Learned

- Eine Mehrkostenbetrachtung in Form einer Life-Cycle-Cost-Analyse ist daher für Plus-Energie-Quartiere grundsätzlich zu empfehlen. Anhand einer vergleichenden Lebenszykluskostenanalyse der Pilzgasse konnte festgestellt werden, dass die Mehrinvestitionskosten durch die Reduktion der Betriebskosten zumindest aufgewogen werden.
- Dynamische Tools zur Simulation und Optimierung sind in der Bewertung und Qualitätssicherung von PEQs besonders hilfreich, da dynamische Aspekte wie Eigenverbrauch, energieflexible Tarifmodelle etc. stark in die Wirtschaftlichkeit von unterschiedlichen Lösungen einwirken. Wichtig ist dabei, dass der Aufwand für Modellierung und Simulation so gering wie nötig ist.
- Die finanziellen Nachteile für Investoren, welche durch anfängliche Mehrinvestitionskosten bei der Errichtung entstehen, müssen durch geeignete Geschäftsmodelle ausgeglichen werden, die potentiell das Investor*innen-Nutzer*innen Dilemma aufwiegen.

- Eine Bewertung und Ausgestaltung geeigneter Geschäftsmodelle muss einzelfallabhängig erfolgen und Aspekte wie Eigentumsverhältnisse, Finanzierung, technische Möglichkeiten etc. berücksichtigen. Spezifische Geschäftsmodelle, z.B. fixe Miet- und Energiepreise, Contracting, Crowdfunding, Mieterstrommodelle/Energiegemeinschaften etc. können der beschriebenen Problematik entgegenwirken und Planungssicherheit für Investierende und Nutzende schaffen.
- Das frühzeitige Aufzeigen von möglichen, finanziell reizvollen Geschäftsmodellen kann Investor*innen bei ihrer Entscheidung unterstützen, ein innovatives und netzdienliches (Plus-Energie-) Quartier zu planen und umzusetzen.

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

- Aithal, P.S., Aithal, S., 2016, *Opportunities & Challenges for Green Technology in 21st Century*. *International Journal of Current Research and Modern Education (IJCRME)*, Band 1, Nummer 1; 818–828
- Ahlers, D.; Goudarzi, S.; Schneider, S.; Vandevyvere, H.; Wyckmans, A. 2021: PED Framework Development SET Plan Action 3.2. JPI Urban Europe. EERA JPSC Working proposal. 17.09.2021. Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C., Bohne, R.A., 2017, *An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings*. *Sustainability*, Band 9, Nummer 7; 1226
- APG, Austrian Power Grid AG, s.a., *Teilnahmebedingungen Regelleistung-Ausschreibungen*.
<https://www.apg.at/de/markt/netzregelung/teilnahmebedingungen>
- Autodesk GmbH, s.a., *Was ist BIM?*. <https://www.autodesk.de/solutions/bim>
- Batterieverordnung, 2021, *Gesamte Rechtsvorschrift für Batterienverordnung*,
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005815>
- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl), 2018, *Technische Gebäudeausrüstung*.
- Berger, K.; Hauer, S.; Peters-Anders, J.; Schmidt, R.; Shadrina, A.; Widl, E., 2021, *Digitale Informationsmodelle für die Planung und Optimierung von Gebäuden und urbaner Energieinfrastruktur*. DIM4Energy.
- BGBI. II Nr. 398/2017, 2018, *Gesamte Rechtsvorschrift für Systemnutzungsentgelte-Verordnung 2018*
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20010107/SNE-V%c2%a02018%2c%20Fassung%20vom%2003.02.2022.pdf>
- Bluesky-Energy, 2021, <https://www.bluesky-energy.eu/en/energy-storage/>
- Bruck, M., 2001, *Total Quality ist das Ziel. Das ökologische Passivhaus*; 5-16
- Bruckner, J., 2008, *EKZ–Energiekompetenzzentrum Großschönau. Berichte aus der Energie- und Umweltforschung*, Band 10, Nummer; 2008
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2020, *Wasserstoffstrategie - Deutschland baut Heimatmarkt für Wasserstoff auf!*
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/wasserstoffstrategie-deutschland-baut-heimatmarkt-fuer-wasserstoff-auf.html>
- Bundesverband Energiespeicher e. V., 2016. *Fact Sheet Speichertechnologien*. Berlin.
- Bundesverband Photovoltaik Austria, 2018, *Allgemeines und Rechtsgrundlage: Vorteile einer PV-Gemeinschaftsanlage*. <http://pv-gemeinschaft.at/allgemeines/>
- Chan, A.P., Darko, A., Ameyaw, E.E., Owusu-Manu, D.-G., 2017, *Barriers affecting the adoption of green building technologies*. *Journal of Management in Engineering*, Band 33, Nummer 3; 04016057
- Chen, C., Cook, D.J., Crandall, A.S., 2013, *The user side of sustainability: Modeling behavior and energy usage in the home*. *Pervasive and Mobile Computing*, Band 9, Nummer 1; 161–175
- Dimova, D., Rusche, S., Sonnekalb, M., Best, P., *Korrespondenzautor*, 2019. *Optimierungen beim Einsatz von PCM in Wärmepumpen von Elektrofahrzeugen*.
- E-Control, 2020, „TARIFE 2.1“ WEITERENTWICKLUNG DER NETZENTGELTSTRUKTUR FÜR DEN STROMNETZBEREICH. *Positionspapier der Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft*. 6/2020, https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Tarife_2-1_clean.pdf/42b82644-65d8-8d7a-f48f-62211259a36e?t=1592889197532
- E-Control, 2022, *Marktbasierte Beschaffung Regelreserve*.
https://www.econtrol.at/industrie/strom/strommarkt/marktbasierte-beschaffung-regelreserve#p_p_id_com_liferay_journal_content_web_portlet_JournalContentPortlet_INSTANCE_CgGKdFgcknn

- Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI (Hrsg.), 2015, *Technologie-Roadmap Stationäre Energiespeicher*. Karlsruhe
- Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI (Hrsg.), 2020, *Kostenentwicklungsprognose stationärer Batteriespeichertypen, Strommarkttreffen Stationäre Stromspeicher, Präsentation vom 21.02.2020*, Berlin
- Handler, S. (Hacon), 2022, *Simulationsergebnisse zu Heizungs- und Kühlungsflexibilität des Projektes Pilzgasse*
- Harrison, J.D., Dalton, C., 2011, *Learning to imagine the invisible: using new technologies to enhance user-friendly architecture*. in: ENHSA and EAAE International Conference-Rethinking the Human in Technology-Driven Architecture. ; 671–682
- Hartman, T., 1997, *Trends toward more user-friendly building environments. Heating, piping and air conditioning*, Band 69, Nummer 2
- Hellpower, 2021, <https://www.hellpower.at/>
<https://speicherinitiative.at/wp-content/uploads/sites/8/2020/11/18-Speicher-fuer-die-Energiewende-Fraunhofer-UMSICHT.pdf>, Speicher für die Energiewende.
https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXVII/BNR/BNR_00348/index.shtml; Änderungen im ELWOG (bspw. § 16b,c,d,e) sind im Gesetzestext des EAGs enthalten.
- Holzer, P.; Hammer, R.; Stuckey, D.; Stern, P.; Bartlmä, N., 2018, *Betonkernaktivierung als Heizsystem für energieflexible Gebäude*, Wien
- Hui, T.K., Sherratt, R.S., Sánchez, D.D., 2017, *Major requirements for building Smart Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies. Future Generation Computer Systems*, Band 76, Nummer; 358–369
- Hyun, D.C., Levinson, N.S., Jeong, U., Xia, Y., 2014. *Aktuelle Anwendungen für Phasenübergangsmaterialien (PCMs)*. *Angewandte Chemie* 126, 3854–3871. <https://doi.org/10.1002/ange.201305201>
- Ibau, s.a., Contracting. [Energie-Contracting \(EC\) | Einfach erklärt | ibau](#)
- IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, 2022, *Ökobilanzen*, <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekobilanzen>
- Jelsma, J., 2003, *Innovating for sustainability: Involving users, politics and technology. Innovation: The European Journal of Social Science Research*, Band 16, Nummer 2; 103–116
- Jrade, A., Jalaei, F., 2013, *Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage*. in: *Building Simulation*. Springer; 429–444
- Kalz, D., Klein, K., Palzer, A., Schlösser, T., Schumacher, P., Sterchele, P., Stinner, S., Jae Yu, Y., Kallert, A.M., 2018, *Netzdienliche Gebäude und Quartiere*
- Karlsruher Institut für Technologie, 2010, „Fragebogen: INKA - Instrument für Nutzerbefragungen zum Komfort am Arbeitsplatz“
- Keul, A.G., 2010, *Zur Akzeptanz des Passivhauses im Massenwohnbau. Evaluation (POE) acht österreichischer Siedlungen und Vergleich mit konventionellen Bauten. Umweltpsychologie*, Band 14, Nummer 1
- Klein, K., 2017, *Quantifying the grid support of building energy systems: evaluation of grid-supportive concepts for space heating and cooling in non-residential buildings*, Stuttgart, Fraunhofer Verlag
- Klein, K., Langner, R., Kalz, D., Herkel, S., Henning, H.-M., 2016, *Grid support coefficients for electricity-based heating and cooling and field data analysis of present-day installations in Germany. Applied Energy*, Band 162, Nummer; 853–867
- Klima- und Energiefonds, 2022, *Vorteile von Energiegemeinschaften*.
<https://energiegemeinschaften.gv.at/vorteile-von-energiegemeinschaften/>
- Klima- und Energiefonds, s.a., „Die Teilnehmer*innen müssen sich um gar nichts kümmern“.
https://energieforschung.at/presseaussendungen/die-teilnehmer*innen-muessen-sich-um-gar-nichts-kuemmern/
- Knissel, J., Großklos, M., 2012, *Luftqualitätsgeführte Wohnungslüftung und Nutzerfeedback zur Fensteröffnungsdauer*.

- Knissel, J., Großklos, M., 2012, Luftqualitätsgeführte Wohnungslüftung und Nutzerfeedback zur Fensteröffnungsdauer.
- Knotzer, A., Weiss, T., Metzger, A.S., Kastner, W., 2019, IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 67: Energie-flexible Gebäude.
- KBS, Kompetenzstelle Brandschutz, 2022, Errichtung von Fotovoltaikanlagen auf bzw. an Gebäuden. Aktenzahl MA37 – 476239-2022
- Kunz, C., 2019. Energiespeicher: Technologien und ihre Bedeutung für die Energiewende. Berlin.
- Laga, N., Bertin, E., Crespi, N., 2009, Building a user friendly service dashboard: Automatic and non-intrusive chaining between widgets. in: 2009 Congress on Services-I. IEEE; 484–491
- Lechner, H., 2014, Leistungsmodelle 2014. https://www.arching.at/mitglieder/552/leistungsmodelle_2014.html
- Liedtke, C., Welfens, M.J., Rohn, H., Nordmann, J., 2012, LIVING LAB: user-driven innovation for sustainability. International journal of sustainability in higher education
- Lowdermilk, T., 2013, User-centered design: a developer's guide to building user-friendly applications. O'Reilly Media, Inc.
- Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2017, STEP 2025 – Fachkonzept Produktive Stadt. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008500a.pdf>
- Mattila, P., Arhippainen, L., Ryymin, T., 2013, Towards innovative and user-friendly future learning spaces. in: Teacher Education Policy in Europe Conference. ; 16–18
- Netz Burgenland GmbH, s.a., Tarif für unterbrechbare Netznutzung. <https://www.netzburgenland.at/kundenservice/strom/services-strom/tarif-fuer-unterbrechbare-netznutzung.html>
- Obermann, R., Weiß, M., 2016, Digitale Infrastruktur als Basis für einen optimalen Informationsfluss. in: Informationstechnologien als Wegbereiter für den steuerberatenden Berufsstand. Springer; 163–177
- Pernetti, R., Reynders, G., Knotzer, A., Jensen, S., Madsen, H., Amaral Lopes, R., Junker, R., Aelenei, D., Li, R., Metzger, S., Lindberg, K., Marszal, A., Kummert, M., Bayles, B., Mlecnik, E., Lollini, R., Pasut, W., 2017, Annex 67: Energy Flexible Buildings Energy Flexibility as a key asset in a smart building future Contribution of Annex 67 to the European Smart Building Initiatives Position Paper of the IEA Energy in Buildings and Communities Program (EBC) Annex 67 „Energy Flexible Buildings“
- Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH, 2019, Spatial Energy Planning. <https://waermeplanung.at/>
- Schakib-Ekbatan, K., Wagner, A., Lützkendorf, T., 2012, Bewertung von Aspekten der soziokulturellen Nachhaltigkeit im lufenden Gebäudebetrieb auf der Basis von Nutzerbefragungen: Abschlussbericht.
- Schindler, M., Weißböck, L., 2021, Simulation Pilzgasse. Batteriespeicher. Sensitivitäts- und Wirtschaftlichkeitsanalyse, Präsentation vom 29.3.2021
- Steemers, K., Krangsås, S.G., Ashrafian, T., Giancola, E., Konstantinou, T., Liu, M., Prebreza, B., Soutullo, S., 2022. Challenges for a Positive Energy District Framework 10.
- Schneider, S., Zelger, T., Klauda, L., 2020. Überlegungen zur Frage, welcher Anteil erneuerbarer Energie 2050 in Österreich lokal aufgebracht werden muss. EnInnov 2020, Graz, p. 10.
- Schöfmann, P., Zelger, T., Bartlmä, N., Schneider, S., Leibold, J., Bell, D., 2020. Zukunftsquartier - Weg zum Plus-Energie-Quartier in Wien (No. 11/2020), Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Wien.
- Schuck, J., 2007, Passivhäuser: bewährte Konzepte und Konstruktionen. W. Kohlhammer Verlag
- Schulz, J., 2019, Energieflexible und netzdienliche Gebäude
- Schulze, E., Dietel, K., Oesterreich, D., Zirk, A., 2015, „Endbericht des Modellvorhabens Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität Nr. 4“.
- Schulze, E., Wilbrandt, A., Dietel, K., Oesterreich, D., 2013, Sozialwissenschaftliches Monitoring des „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität“. Berliner Institut für Sozialforschung
- Spaun, S., Kuster, H., Kuster, A., Lindenthal, J., Lechner, R., Dankl, C., 2019, Monitoringprojekt „Gebäude als Speicher“

- Spinellis, D., 2002, *The information furnace: User-friendly home control*. in: *Proceedings of the 3rd International System Administration and Networking Conference SANE 2002*. Citeseer; 145–174
- Statista (Hrsg.), 2020, *Statistiken zu Energiespeichern*.
https://de.statista.com/themen/2779/energiespeicher/#topicHeader_wrapper
- Sterner, M., Stadler, I., 2014. *Thermische Energiespeicher*, in: Sterner, M., Stadler, I. (Eds.), *Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 535–574. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37380-0_10
- Tah, J.H., Abanda, H.F., 2011, *Sustainable building technology knowledge representation: Using Semantic Web techniques*. *Advanced Engineering Informatics*, Band 25, Nummer 3; 547–558
- Trejo-Perea, M., Moreno, G.R., Castañeda-Miranda, A., Vargas-Vazquez, D., Carrillo-Serrano, R.V., Herrera-Ruiz, G., 2013, *Development of a real time energy monitoring platform user-friendly for buildings*. *Procedia Technology*, Band 7, Nummer; 238–247
- Trejo-Perea, M., Moreno, G.R., Castañeda-Miranda, A., Vargas-Vazquez, D., Carrillo-Serrano, R.V., Herrera-Ruiz, G., 2013, *Development of a real time energy monitoring platform user-friendly for buildings*. *Procedia Technology*, Band 7, Nummer; 238–247
- Veichtlbauer, A., Pfeiffenberger, T., 2013, *Generic middleware for user-friendly control systems in home and building automation*. *International Journal on Advances in Networks and Services*, Band 6, Nummer 1
- K. Steemers et al., 'Challenges for a Positive Energy District Framework', p. 10, 2022.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Die Anforderungen an eine Plus-Energie-Quartier-Definition sind so unterschiedlich wie die beteiligten Stakeholder*innen	15
Tabelle 2: Berücksichtige Energiedienstleistungen	20
Tabelle 3 Verwendete Gewichtung der Energieflüsse je Systemgrenze bei der Bilanzierung	22
Tabelle 4 Zielwerte je Systemgrenze.....	23
Tabelle 5 PEQ Beta Mobilitätsgutschrift je Nutzung	25
Tabelle 6: Typische Unterschiede zwischen Plus-Energie-Gebäuden und Plus-Energie-Quartiere n	26
Tabelle 7: Vergleich der thermischen Qualität wärmeübertragender Bauteile aus der OIB-Richtlinie 6 zum Beispielprojekt Pilzgasse.....	28
Tabelle 8: PV Spitzenleistungen BO Wien und Projektplanung.....	29
Tabelle 9: Technische Parameter thermischer Speichertechnologien (Bundesverband Energiespeicher e. V.2016)	40
Tabelle 10: Temperaturbereich, Wärmekapazität, Dichte und Anwendungsbereiche verschiedener Materialien (Sternner, Stadler 2014).....	42
Tabelle 11: Thermodynamische Kennwerte exemplarischer Baustoffe (Holzer et al. 2013).....	43
Tabelle 12: Nutzungen und NGF je Baukörper/Stiege.....	65
Tabelle 13: Variantenaufstellung	68
Tabelle 14: Bauteilflächen der thermischen Hülle.....	69
Tabelle 15: Annahmen/Rahmbedingungen Quartier	69
Tabelle 16: Annahmen/Rahmenbedingungen Heizen/Kühlen	69
Tabelle 17: Annahmen/Rahmenbedingungen Warmwasser	69
Tabelle 18: Annahmen/Rahmenbedingungen Netzdienlichkeit	70
Tabelle 19: Annahmen/Rahmenbedingungen E-Mobilität	70
Tabelle 20: Annahmen/Rahmenbedingungen Mobilität.....	70
Tabelle 21: Annahmen/Rahmenbedingungen Lasten und Bedarfe	70
Tabelle 22: Daten zur PV-Anlage, Montage-differenziert	71
Tabelle 23: Peakleistungen nach Montage und Baukörper	72
Tabelle 24: Anforderungen/Qualitäten an/von Bauteilen im Passivhaus	73
Tabelle 25: PV-Verpflichtung nach WBO der drei Baukörper	73
Tabelle 26: PV-Varianten im Vergleich zur Einreich-Variante	74
Tabelle 27: Allgemeine Angaben zu LFP Zellen (Hellpower 2021).....	88
Tabelle 28: Allgemeine Angaben zu Na-Ion Zellen (Bluesky-Energy 2021)	88
Tabelle 29: Simulationsergebnisse der Nutzungs- und PV-Teilung (Stand: 15.03.2022)	98
Tabelle 30: Laufende Energiekosten	105

Tabelle 31: Nutzungsdauern und Wartungskostenanteile zentraler gebäude- und anlagentechnischer Komponenten.....	106
Tabelle 32: ökologische Kennwerte zentraler gebäude- und anlagentechnischer Komponenten.....	109
Tabelle 33: Ausgangsstatus für die Phase des städtebaulichen Entwurfs.....	119
Tabelle 34: Ausgangsstatus für die Phase des Vorentwurfs	119
Tabelle 35: Ausgangsstatus für die Phase der Einreichplanung.....	121
Tabelle 36: Status bei Baueinreichung (Status zum Zeitpunkt der Berichtserstellung).....	122
Tabelle 37: Regelungsmodi und Regelungsfälle	139
Tabelle 38: Regelungsmodi Warmwasser.....	139
Tabelle 39: Auszug Messpunktliste; *1 Auswahl von 20 – 40 geeigneten Wohneinheiten	141
Tabelle 40: Übersicht über mögliche Geschäftsmodelle.....	150
Tabelle 41: Aufstellung BGF für Wohnabschnitt Süd und Gesamt	157
Tabelle 42: Sonden- Grobauslegung für Heizen und Kühlen	161
Tabelle 44: Übersicht PV- Varianten 1 und 2	163

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schematische Darstellung der PEQ-Definitionsmethodik. Links die drei funktionalen Systemgrenzen PEQ Alpha , PEQ Beta und PEQ Omega als Schalen. Die Bilanzierung (mitte) erfolgt über Gewichtung mittels monatlicher Konversionsfaktoren. Die Zielwerte der drei Schalen (rechts) werden als Gut- bzw. Lastschriften ausgedrückt: ein „Dichte-Ausgleich“ für PEQ Alpha sowie ein anteilmäßiges Budget für Mobilität und THG-Emissionen aus dem umliegenden 100% erneuerbaren Energiesystem für PEQ Beta und PEQ Omega.	17
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Systemgrenzen des Gebäudesektors im Zusammenhang mit den umliegenden Sektoren eines zukünftigen erneuerbaren Energiesystems, aus denen sich die Gutschriften Top-Down ableiten.....	18
Abbildung 3 Zielwert der Systemgrenze Alpha (Betrieb + Nutzerstrom) in Abhängigkeit der Geschoßflächenzahl (Rote Linie). Der Primärenergie-Saldo des Projekts muss in PEQ Alpha den hier dargestellten Zielwert überschreiten (um zusammen mit der Dichte-Gutschrift selber Größe und umgekehrten Vorzeichens eine insgesamt positive PE-Bilanz zu erzielen). Alle Quartiere, deren PE-Saldo über der roten Linie liegen, gelten als PEQ Alpha	24
Abbildung 4: Bilanzräume zur Anwendung von Zielen und Indikatoren.....	35
Abbildung 5: Analyse Wärmepumpenbetrieb mit vier Betriebsweisen.....	36
Abbildung 6: Beispiel zu Berechnungen der Koeffizienten mit Zielgröße des EEX-Preises	36
Abbildung 7: 24h-Verlauf des Anteils von Wind- und PV-Erzeugung am Stromverbrauch in Österreich der Jahre 2017, 2018, 2030 und 2050 (Schulz 2019).....	37
Abbildung 8: 24h-Verlauf des Import/Export-Saldos Österreichs der Jahre 2017, 2018, 2030 und 2050 (Exporte sind negativ, Importe positiv) (Schulz 2019).....	37
Abbildung 9: Heat Map Import/Export-Saldo Österreich 2020 [MW] (Electricity Map s.a.) (eigene Darstellung) ...	38
Abbildung 10: Einordnung von Energiespeichern nach der physikalischen Form	38

Abbildung 11: Technologieüberblick thermische Speicher	39
Abbildung 12: Verlegte Heizkreise in der Decke, Projekt Mühlgrund in Wien (©FIN – Future IS Now, Kuster Energielösungen GmbH)	43
Abbildung 13: Mögliche stationäre elektrische Speichertechnologien (Fraunhofer Institut für System- und innovationsforschung ISI 2015)	47
Abbildung 14: Gegenüberstellung Batterietechnologien auf Basis von Herstellerangaben.	48
Abbildung 15: Wechselspiel zwischen Be- und Entlastung im November 2016 (Spaun et al. 2019)	51
Abbildung 16: Grundprinzip des Steuerungsprinzips mit Temperaturhub der Raumlufttemperatur bei Umweltenergiefreigabe, zur Speicherung von thermischer Energie aus Umweltenergie innerhalb der Gebäudestruktur (Friembichler et al. 2016)	53
Abbildung 17: Reihenfolge Bedarfsdeckung	55
<i>Abbildung 18: Zukünftige vergütete Flexibilitätsoptionen für Netzbenutzer*innen (E-Control 2020: 22)</i>	<i>58</i>
Abbildung 19: Vergleich regulärer Tarif und Tarif mit regelbarer Leistung (E-Control 2020)	59
Abbildung 20: Lage der Pilzgasse 33, 1210 Wien	64
Abbildung 21: Visualisierung Pilzgasse – Baukörper PIGA1, PIGA2 und EHG (SÜBA)	66
Abbildung 22: Schematisches Energiekonzept der Pilzgasse (eigene Darstellung)	66
Abbildung 23: PV-Anlage Pilzgasse Einreichung	71
Abbildung 24: Ertrag und Peakleistung PV-Anlage Pilzgasse (eigene Darstellung)	72
Abbildung 25: Var_PV3 – Brüstungs-PV	75
Abbildung 26: Schematische Darstellung der drei Systemgrenzen PEQ Alpha, PEQ Beta und PEQ Omega als Schalen. Die Icons symbolisieren die jeweils bilanziell berücksichtigten Energiedienstleistungen. Nicht dargestellt sind dynamische Zielwerte bzw. Gut/Lastschrift.	76
Abbildung 27: Wärmebilanz der Heizsaison für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen	77
Abbildung 28: Var_Einreichung - Wärmebilanz der Heizsaison für die Varianten ohne und mit DSM	77
Abbildung 29: Wärmebilanz der Heizsaison der Varianten betreffend der thermischen Hülle (Var_Einreich, Var_OIB und Var_PH)	78
Abbildung 30: Wärmebilanz der Kühlsaison für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen	78
Abbildung 31: Var_Einreichung - Wärmebilanz der Kühlsaison für die Varianten ohne und mit DSM	79
Abbildung 32: Nutzenergiebedarf für Gesamtquartier (Var_Einreich) und spezifisch für Nutzungen. Für die Nutzung Wohnen ist der Nutzenergiebedarf für Beleuchtung im Nutzerstrom enthalten. Die Nutzung Handel beschreibt eine Non-Food-Nutzung	80
Abbildung 33: Endenergiedeckung Var_Einreichung	81
Abbildung 34: Endenergiedeckung Var_Einreich nutzungsdifferenziert	81
Abbildung 35: Darstellung der dynamischen Deckung der Einreichvariante Beta für den Monat März	82
Abbildung 36: Endenergiedeckung Varianten der Nutzungen	82
Abbildung 37: Endenergiebedarf Varianten der Nutzungen	83
Abbildung 38: Endenergiedeckung Varianten der thermischen Hülle	83
Abbildung 39: Endenergiebedarf Warmwasser-Varianten	84

Abbildung 40: Endenergiedeckung der PV-Varianten	85
Abbildung 41: Primärenergiebedarf gesamt für die Systemgrenze Alpha (energetische Gebäudedienstleistungen inkl. Nutzer*innenstrom). Der Bedarf wird mit konventionellen Energieträgern berechnet.	86
Abbildung 42: Primärenergiebedarf gesamt für die Systemgrenze Beta (inkl. motorisierte individuelle Alltagsmobilität)	87
Abbildung 43: Simulationsergebnisse der gewählten Speicherkapazitäten aus Plus-Energie-Excel-Tool.....	89
Abbildung 44: Weltweite Preisentwicklung für Li-Ion (NMC) Zellen inkl. Prognose bis 2030 (Eigene Darstellung basierend auf Statista 2020, Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI 2020).....	90
Abbildung 45: Prognostizierte Zellkostenreduktion verschiedener Technologien (Eigene Darstellung basierend auf Statista 2020, Fraunhoferinstitut für System- und innovationsforschung ISI 2020)	91
Abbildung 46: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP); ohne Förderung	92
Abbildung 47: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP) inkl. OEMAG Förderung.....	92
Abbildung 48: LCC über 30 Jahre (Na-Ion zu LFP); DEMO-PROJEKT Förderung	93
Abbildung 49: Kumulierter Cashflow; Vergleich der ausgewählten Batteriespeicher.....	94
Abbildung 50: Projekt-Cashflow des 60kWh Na-Ion Batteriespeichers	95
Abbildung 51: Schema der Nutzungs- und PV-Teilung (eigene Darstellung)	97
Abbildung 52: Endenergiedeckung mit/ohne DSM und mit/ohne ND	99
Abbildung 53: Eigenverbrauchsanteil mit/ohne DSM und mit/ohne ND (WPS)	100
Abbildung 54: Primärenergiebilanz PEQ Alpha (Gebäude Betrieb und Nutzung); mit/ohne Netzdienlichkeit (ND); mit/ohne DSM.....	100
Abbildung 55: GSC_{rel} Jahreswerte (Betrachtungszeitraum 8760 h) für die DSM-Varianten PV, PV+WPS (Windproduktion AT 2020) und ND-Prognose (Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020; Lastverschiebungszeitraum 24 h); Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich).....	101
Abbildung 56: GSC_{rel} Tageswerte (Betrachtungszeitraum 24 h) für die DSM-Variante ND-Prognose; Lastverschiebungszeitraum 24 h; Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich)	102
Abbildung 57: GSC_{rel} Tageswerte (Betrachtungszeitraum 24 h) für die DSM-Variante PV; Lastverschiebungszeitraum 24 h; Bewertungs-Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020 (-100...-10 netzadvers, -10...+10 netzneutral, +10...+100 netzdienlich)	103
Abbildung 58: Eigenverbrauchsanteile der DSM-Varianten PV, PV+WPS (Windproduktion AT 2020) und ND-Prognose (Zielgröße Import/Export-Saldo AT 2020; Lastverschiebungszeitraum 24 h).....	104
Abbildung 59: Lebenszykluskosten dargestellt als Differenzkosten für die Variante Einreichung im Vergleich zur Referenzvariante Var_OIB	107
Abbildung 60: Lebenszykluskosten dargestellt als Differenzkosten für die Variante Passivhaus im Vergleich zur Referenzvariante Var_OIB	108
Abbildung 61: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar durch Herstellung und Instandsetzung.....	110
Abbildung 62: Treibhauspotential durch Herstellung und Instandsetzung.....	111
Abbildung 63: Treibhauspotential durch Herstellung und Instandsetzung.....	112

Abbildung 64: Gesamtbelastungen Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus für Bilanzgrenze PEQ Omega	113
Abbildung 65: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2019.	116
Abbildung 66: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2020.	117
Abbildung 67: Timeline der wissenschaftlichen Planungsbegleitung der Pilzgasse 2021.	118
Abbildung 68: idealer PEQ-Planungsprozess.....	124
Abbildung 69: Interessensgruppen und Interaktion der Akteur*innen.....	132
Abbildung 70: Post-Occupancy Evaluation.....	135
Abbildung 71: „Stakeholder-Modell zur Einbindung von Nutzerzufriedenheitsanalysen in Zertifizierungssysteme“	136
Abbildung 72: Skizze „Bürgerenergiegemeinschaft“ bzw. „Erneuerbare-Energiegemeinschaft“ (Quelle: Institute of Building Research & Innovation)	146
Abbildung 73: Bilanzgrenzen BEG/EEG im elektrischen Netz (NE – Netzebene) (Quelle: Institute of Building Research & Innovation).....	147
Abbildung 74: Draufsicht auf das Ottakringer_leben Areal mit der Lagerhalle links in grau	156
Abbildung 75: Solare Analyse des betrachteten Areals (PVSites).....	157
Abbildung 76: Flächenpotential PV- Dachbelegung für Umsetzungsphase 1.....	158
Abbildung 77: Monatliche Bilanz der Endenergiedeckung mit PV- Variante „nur Dach“.....	159
Abbildung 78: Exemplarische PV- Erzeugung und Verbrauchsprofile für eine sonnige Juliwoche.....	159
Abbildung 79: Gesamte Arealentwicklung mit PV- Belegung der nutzbaren Dächer.....	160
Abbildung 80: Monatliche Endenergiebilanz für das gesamte Areal.....	160
Abbildung 81: Gegenüberstellung der entzogenen und abgegebenen Wärmeenergie pro Jahr, sowie der resultierende elektrische Energiebedarf je ienstleistung für die 1. Ausbaustufe.....	161
Abbildung 82: Gegenüberstellung der entzogenen und abgegebenen Wärmeenergie pro Jahr, sowie der resultierende elektrische Energiebedarf je Dienstleistung für den Vollausbau	162
Abbildung 83: PV-Belegung Baufeld G11 in PVSites	163
Abbildung 84: Entscheidungsbaum für Technologien in der PEQ-Planung.....	164
Abbildung 85: Darstellung der Auswirkungen von Geländern auf den PV- Ertrag.....	188

Abkürzungsverzeichnis

BGF	Bruttogeschoßfläche
BS	Betriebsstrombedarf
BTA	Bauteilaktivierung
COP	Coefficient of Performance
DSM	Demand Side Management
EER	Energy-Efficiency-Ratio / Kälteleistungszahl
EFH	Einfamilienhaus
GSC	Grid Support Coefficient
HHSB	Haushaltsstrombedarf
HWB	Heizwärmebedarf
JAZ	Jahresarbeitszahl
LCA	Life Cycle Analysis / Lebenszyklusanalyse
LCC	Life Cycle Costing / Lebenszykluskosten
NE	Netzebene
NGF	Nettogeschoßfläche
PEQ	Plus-Energie-Quartier
PH	Passivhaus
PV	Photovoltaik
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
WP	Wärmepumpe
WPS	Wind-Peak-Shaving
WW	Warmwasser

Anhang

Energetische Anforderungen aus dem Architekturwettbewerb, 12.05.2020

Auszug aus dem Gutachterverfahren Pilzgasse 33 1210.

Ausloberin: SÜBA Bau- und Projekterrichtungs GmbH

B.1.3 Plus-Energie-Konzept

Da das Bauvorhaben als „Plus-Energie-Quartier“ ausgelegt ist, liegt der Fokus auf der energietechnischen Optimierung. Die benötigten Flächen für die Realisierung einer Photovoltaik-Anlage auf Dächern und Fassaden stellen eine große Herausforderung an das gestalterische Konzept der Bebauung dar.

Es ist geplant, einen hohen Zertifizierungsstandard zu erreichen, z.B. ÖGNI Gold oder Platin.

Dazu folgende Empfehlungen der „UIV Urban Innovation Vienna GmbH“:

Der Wiener Gemeinderat hat beschlossen, dass die Treibhausgasemissionen in Wien bis zum Jahr 2030 halbiert und bis 2050 um 85 Prozent (jeweils pro Kopf und bezogen auf 2005) reduziert werden. Alle Gebäudeeigentümer und -errichter sind aufgefordert ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele zu leisten.

Ein integriertes Energiekonzept für Neubauquartiere soll daher darstellen, wie bei dem Bauvorhaben die Energieverbräuche (Wärme, Kälte, Strom, ev. Mobilität) minimiert und sinnvolle Nutzungen von Vor-Ort-Energiepotenzialen (Abwärme, Erneuerbare) erfolgen können.

Zur Umsetzung dieser Ziele sei auf Folgendes hingewiesen:

Ziel ist die Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgungslösung, d.h. es sollen die vor Ort verfügbaren erneuerbaren Energie- und Abwärmepotenziale genutzt werden.

Weiters sollte der Sommertauglichkeit/ Klimawandelanpassung besonderes Augenmerk gelten um Wohn- und Arbeitsräume zu schaffen, die auch in mehreren Jahrzehnten noch attraktiv sind (Betonkernaktivierung).

Am gegenständlichen Grundstück gibt es ausreichend gute Voraussetzungen für die Nutzung erneuerbarer vor-Ort Energiequellen (Erdreich, Abwasser, Sonne etc.) und von Abwärme aufgrund der Mischnutzung (Büro, Gewerbe und Wohnen).

Energetische Empfehlungen

Bauliche Gestaltung

Baukörper

Um die Gebäude hocheffizient zu gestalten wird eine kompakte Bauweise mit einem optimierten Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen empfohlen. Es ist eine Wandstärke von 45 cm einzuplanen.

PV Flächen

Bei der Situierung der Gebäude soll die Nutzung von Photovoltaik sowie die Ausrichtung der Gebäude zur optimierten Nutzung von aktiven und passiven solaren Erträgen berücksichtigt werden. PV-Anlagen können als architektonische Gestaltungselemente eingesetzt werden, die darüber hinaus den Zusatznutzen einer Verschattung erfüllen können.

Auf dem Gebäude sollen rund 700 kWp Photovoltaik installiert werden. Dies entspricht einer Modulfläche von 3.500 m² in horizontaler Aufstellung (bspw. Dachfläche). Um die Anlage möglichst kostengünstig ausführen zu können, soll ein hoher Anteil (mind. 2.000 m²) der PV Module am Dach untergebracht werden. Hierfür muss die 1,25-fache Modulfläche als Dachfläche zur Verfügung stehen und ein Abstand von mind. 0,5 m zur Attika eingehalten werden. Weiters ist auf eine möglichst große, zusammenhängende Fläche zu achten (Minimierung der Unterbrechungen durch Dachauslässe und Aufbauten). Eine ergänzende Integration in statische Verschattungselemente (bspw. Vordächer) ist sinnvoll.

Auch die Nutzung der (Süd-, Ost-, West-) Fassadenflächen ist möglich, hierbei müssen aber je m² horizontaler Fläche 1,3 m² vertikaler Fläche geplant werden. Die Abmessungen von Standard-Modulen sind 1 x 1,6 m.

Weitere Informationen zu Gestaltungsmöglichkeiten und deren Auswirkung auf das Energiekonzept können beim Energie-Expertenteam (siehe unten) eingeholt werden.

Die PV Flächen sind in der Visualisierung darzustellen und in einer Flächenaufstellung nachzuweisen.

Schutz vor sommerlicher Überwärmung

Es ist speziell auf die langfristige Sommertauglichkeit der Gebäude zu achten. Auf die Berücksichtigung von internen Lasten (Personenabwärme, Geräteabwärme etc.) und externen Lasten sowie von klimatischen Entwicklungen bis 2030 wird besonders hingewiesen.

Um die Sommertauglichkeit zu gewährleisten sind passive, architektonische Maßnahmen bestmöglich auszunutzen, um außeninduzierte Lasten zu vermeiden.

Der Schutz vor sommerlicher Überwärmung ist, vor allem bei Bürogebäuden mit großflächigen Glasfassaden, aber auch bei Wohngebäuden, ein zentrales Thema zur Einsparung von Energie. Er ist abhängig von der Ausrichtung des Gebäudes, der Art und Variabilität der Fassade gegenüber Solarstrahlung und dem Gebäudeaufbau. Eine Verminderung von sommerlicher Überwärmung ist beispielsweise durch passive Sonnenschutzmaßnahmen etc. anzustreben. Es wird empfohlen, bauliche Verschattungen bzw. regulierbaren Sonnenschutz so anzudenken, dass zu hohe solare Einträge in der warmen Jahreszeit reduziert werden (sommerliche Überwärmung), jedoch ausreichend natürliche Belichtung gewährleistet wird. Im Zusammenhang mit Sonnenschutzglas wird darauf hingewiesen, dass passive solare Einträge in der kalten Jahreszeit ggf. erwünscht sind.

Vermeidung von Heat Islands

Besonders in Gebieten mit einer höheren sommerlichen Temperaturbelastung (Urban Heat Islands) muss auf ein Gleichgewicht aus solaren Gewinnen und der Vermeidung von Überhitzung geachtet werden um die Sommertauglichkeit zu gewährleisten.

Zudem kann eine optimierte Baukörperkonfiguration eine ausreichende Belüftung des Planungsgebiets gewährleisten.

Die Ausgestaltung der Sockelzone ist ein zentraler Faktor im Spannungsfeld von Heat Islands und klimatisch sinnvoller Durchlüftung der Stadt. Durch poröse Flächenausgestaltung und Bepflanzung kann die Sockelzone für die gesamte Umgebung aufgewertet werden.

Die Farbgebung der Fassade und der Fenster wirkt sich auf die Temperatur der Grenzschicht vor der Fassade aus und damit ebenfalls auf die Themen sommerliche Überwärmung und Heat Islands.

Abwärme, die an die Außenluft abgegeben wird, heizt die Umgebung und somit den Stadtraum auf. Daher sind Überlegungen zur weiteren Nutzung bzw. Vermeidung von Abwärme (s. unten) ein wesentlicher Beitrag um Hitzeentwicklung zu reduzieren.

Wärmeversorgung:

Die Wärmeversorgung des Areals wird über lokale Ressourcen (thermische Nutzung des Untergrunds und ggf. Abwasserwärmenutzung) erfolgen.

Zu berücksichtigen ist ein Aufstellraum für Wärmetauscher, Lastausgleichsspeicher und Wärmepumpen, mit geeigneten Einbringöffnungen, mit einer Richtgröße von ca. 100 m² Fläche und 4 m Raumhöhe, der für die Möglichkeit eines externen Anlagenbetreibers für diesen permanent zugänglich gehalten werden muss.

Technische Gebäudeausrüstung

Wärmeverteilung, Temperierung und Kühlung

Die Nutzung von thermischer Betonkernaktivierung kann zu einer effizienten Gebäudekonditionierung beitragen. Sie bietet die Möglichkeit thermische Überlasten im Sommer abzuführen und dient gleichzeitig als thermische Speichermasse. Dadurch können Lastspitzen abgefedert werden.

In allen Nutzungen wird Bauteilaktivierung zur Raumkonditionierung (Heizen und Kühlen) empfohlen.

Als weitere energetische Optimierung wird für die Warmwasserbereitung vorgeschlagen, Zirkulationsleitungen zu exponierten Zapfstellen zu vermeiden.

Beleuchtung

Eine Kombination aus optimierter Tageslichtbeleuchtung und effizienten Beleuchtungssystemen ist anzustreben.

Den Planungsteams wird die Möglichkeit geboten sich (kostenlos) Unterstützung zum Energiekonzept von Experten des Forschungsprojektes Zukunftsquartier 2.0 zu holen. Der aktuelle Planungsstand sowie Anmerkungen und Fragen können ab 2. Juni per e-mail (Betreff: „Energiekonzept – Pilzgasse 33“) an DI Petra Schöfmann, MSc (schoefmann@urbaninnovation.at) übermittelt werden. Die Antwort erfolgt in Form einer kurzen Stellungnahme innerhalb von 5 Werktagen.

Informationen zu hilfreichen Broschüren und Leitfäden findet man unter <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma20/publikationen/index.html>

Detailannahmen LCA Haustechnik

Für einige Haustechnikkomponenten mussten Vereinfachungen und plausible Annahmen getroffen werden.

Das betrifft die folgenden Komponenten:

- **TG Tor** wurde vereinfacht als Aluminiumblech definiert
- **Gehsteig 1** wurde anhand folgenden Dokuments https://www.steine.at/bilder/Qualitaetspflaster-Lebensgefuehl_fuer_alle-FQP-.pdf (Seite 9) definiert
- **Kinderspielplatz** entspricht Gehsteig 1, jedoch erweitert um 5cm EPDM-Gummi
- **Volumenstromregler** wurde anhand folgender Umweltproduktdeklaration definiert: https://www.wildeboer.de/fileadmin/user_upload/Produkte/Luftverteilung/VRE1/deutsch/Umwelt-Produktdeklaration_VRE1_VR1.pdf
- **Pumpen, Ventile** wurden vereinfacht als „Umwälzpumpe für Solaranlagen, 40 W“ definiert
- **e-Durchlauferhitzer Teeküche, e-Durchlauferhitzer sanitär, Frischwasserstation** wurden vereinfacht definiert als Elektrischer Durchlauferhitzer (21 kW)
- **Kältemaschine Außenluft** wurde definiert als „Wärmepumpe Bösch LWPA18S-RX23 (zweidichtbetrieb) 10kW“
- **Abwärmenutzung Abluftanlage** wurde definiert als „Elektr. Durchlauferhitzer 21kW“
- **Schaltschränke, Ladestationen Elektromobilität Tiefgarage bis 22kW, Ladestationen Elektromobilität Tiefgarage ab 50kW, Hausstation** wurden definiert als „Elektroinstallationen für 3 kWp Photovoltaikanlage“

PV-Konsultation Becker

Mit den PV- Experten von ATB-Becker wurden über einen Werkvertrag in folgenden Bereichen, die PV-Integration betreffend, Unterstützung und Fachexpertise hinzugekauft:

- Technische Beratung, Fachwissen und Bewertung der PV- Anlagenkonzepte in dem Projekt Zukunftsquartier 2.0
- Kostenplanung, Förderoptionen und Plausibilitätscheck
- Organisation und Teilnahme von 2 Exkursionen zu umgesetzten PV- Projekten und Modulhersteller

Im konkreten wurden unter technische Beratung, Fachwissen und Beratung die Plausibilität und Umsetzbarkeit der einzelnen PV- Auslegungen im Forschungsprojekt abgeglichen. Auftretende Fragen hinsichtlich Absturzsicherung auf den Dächern, entweder mittels Seilsicherung oder ein Geländer wurden diskutiert und untersucht wieviel Fläche dadurch verloren geht (Seilsicherung) bzw. um wieviel der Ertrag durch Verschattungen (Geländer) reduziert wird und daher die installierte Leistung größer sein muss. Die detaillierte Betrachtung eines Gebäudes ergab, dass je weiter der Abstand zum Geländer die Verluste geringer werden und in der Dachmitte mit 0,1- 0,3% vernachlässigbar sind. In unmittelbarer Nähe des Geländers sind es allerdings zwischen 4 bis 5%. Wobei die genauen Werte auf den einzelnen String zu sehen sind.

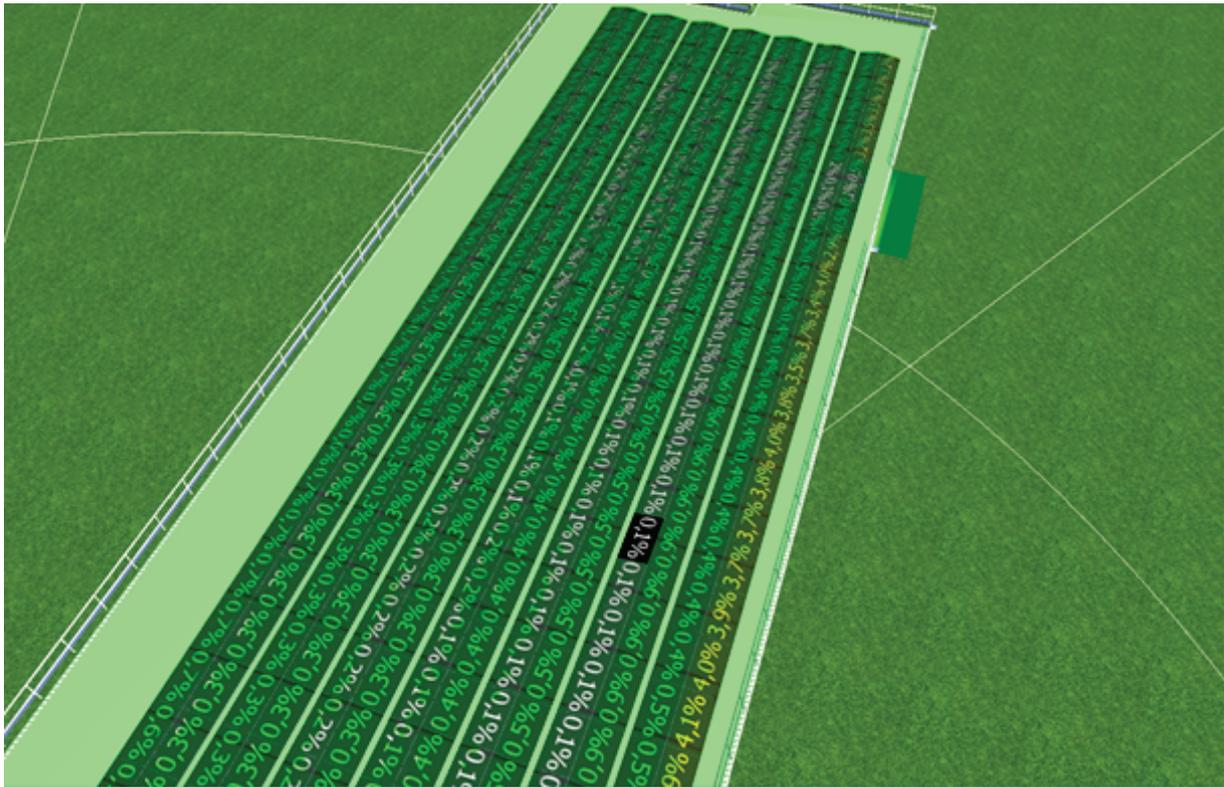


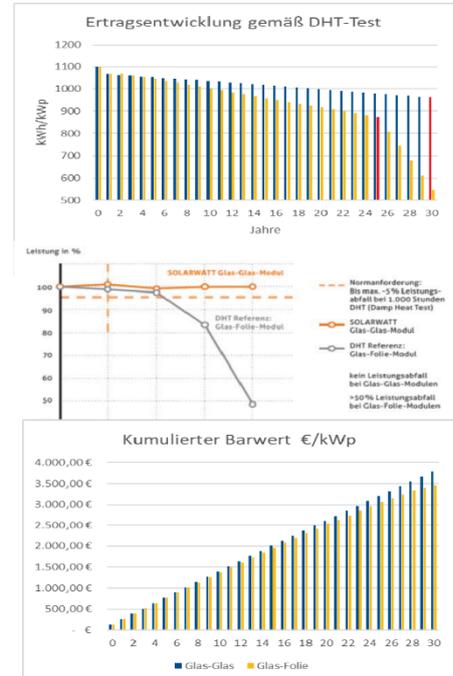
Abbildung 85: Darstellung der Auswirkungen von Geländern auf den PV- Ertrag

Ein weiterer Punkt war während der Phase der Einreichung das Thema Brandschutz. Hier wird laut Baubehörde für die Fassaden der Pilzgasse ein PV-Modul benötigt, das ein Brandverhalten B-d1 aufweist. Welche Produkte haben einen entsprechenden Nachweis vorweisen können. Laut Gernot Becker (20211014) gibt es einen Prüfstand bei der MA39, wo PV Module geprüft werden können (oder er ist im Aufbau). Das Brandgutachten kann dann für Einreichungen etc. benutzt werden. D.h. Im Gegensatz zu Chemiehochhaus, wo ein Einzelnachweis gefordert war, gibt es dann eine Kennzeichnung für ein Produkt, das dann in unterschiedlichen Bauvorhaben genutzt werden kann. Derzeit werden Hersteller gesucht, die diese Versuche machen lassen. Wann diese dann vorliegen, wird man sehen. Die Frage ist, ob das dann für alle Einsatzzwecke gilt (z.B. Balkonbrüstung, Fassadenintegration, Vordach privat oder Laubengang etc.)?

Unter Kostenplanung, Förderoptionen und Plausibilitätscheck wurden aktuelle Kosten eingefordert und ein Vergleich über den Lebenszyklus von 30 Jahren für Standardmodulen (Glas- Folien Modul) zu Glas-Glas- Modulen durchgeführt.

ATB-Modulvergleich 30 Jahre-150121

energetischer und finanzieller Vergleich verschiedener Modultechnologien über 30 Jahre		
	SOLARWATT Glas-Glas-Modul	Glas-Folien-Modul
Ertrag pro kWp/a	1100 kWh/kWp'a	1100 kWh/kWp'a
Leistungsgarantie	30 Jahre auf 87% der Nennleistung	25 Jahre auf 80% der Nennleistung
Strompreis / Kalkulationszinssatz	0,12 €/kWh	0%
Gesamtertrag pro kWp nach 30 Jahren	30.443 kWh	27.780 kWh
Finanzieller Ertrag über 30 Jahre	3.853 €	3.344 €
Barwert (Present Value)	3.785 €	3.466 €
Differenz nach der Garantiezeit €/kWp	319 €	
Preisdifferenz je kWp	160 €	
Vorteil pro kWp nach Garantiezeit	159 €	
Vorteil bei 3kWp	478 €	
Vorteil bei 5kWp	797 €	
Vorteil bei 10kWp	1.595 €	
Vorteil bei 100kWp	15.950 €	
Hinweis:		
Die oben angeführte Berechnung basiert auf der rechtlichen Grundlage der, seitens der Hersteller definierten, Garantie-Laufzeiten und garantierten Leistungen. Dadurch entstehen unterschiedliche Betrachtungszeiträume für die unterschiedlichen Technologien. Basis dieser Bewertung sind die aktuellen Test-Ergebnisse, welche klar aufzeigen, dass Glas-Glas-Module deutlich leistungsstabiler sind als Glas-Folien-Module. In der Grafik rechts wird die Leistungsentwicklung der beiden Technologien im sogenannten DHT (Damp Heat Test oder Dampf-Hitze-Test) gezeigt. Dieser Test simuliert die Alterung von PV-Modulen.		



Im Laufe des Projektes waren zwei Exkursionen mit der Hilfe und unter Führung von ATB- Becker geplant um alle relevanten Beteiligten und Stakeholder des Projektes mit der Thematik Einsatz von PV vertraut zu machen. Die erste davon war an der Energybase, wo im Labor und an der Fassade unterschiedliche Arten von PV begutachtet und in die Hand genommen werden konnten. Anschließend wurde von Gernot Becker noch der PV- Dachgarten auf dem BOKU- Gebäude vorgestellt, bei dessen Realisierung er maßgeblich beteiligt war.

Eine zweite Exkursion war zu ERTEX- Solar geplant. Diese musste dann wegen den wieder anziehenden Covid Beschränkungen abgesagt werden.

Bericht ATB-Becker e.U Green Technologies

Zukunftsquartier
Pilzgasse

ATB-Becker e.U
Green Technologies

Gernot Becker
Oleg Stelzhammer

Datum
15. Februar 2022

Inhalt

1	Verschattung Geländer	3
1.1	PVSol Simulation	3
2	Preisentwicklung PV 2019 – 2022	5
3	30 Jahre PV - Modul	6
3.1	Welche Hürden gab es damals, was erhoffte/erwartete man damals?	7
3.2	Die damalige Situation der PV in Österreich/Europa	8
3.3	Wie stellte man sich die Zukunft (also das Jetzt) vor – wie ist es tatsächlich gekommen?	9
3.4	Wie stellt man sich jetzt die Zukunft vor?	9

Verschattung Geländer

Um zu eruieren, ob das angedachte Sicherungsgeländer am Dach der Gebäude des Projektes Pilzgasse einen wesentlichen Einfluss auf den Energieertrag der PV-Anlage ausübt (Verschattung), wurde ein SketchUp Modell des Geländers erstellt (Abb. 01) und dieses in das schon existierende Modell der Gebäude integriert (Abb. 02).

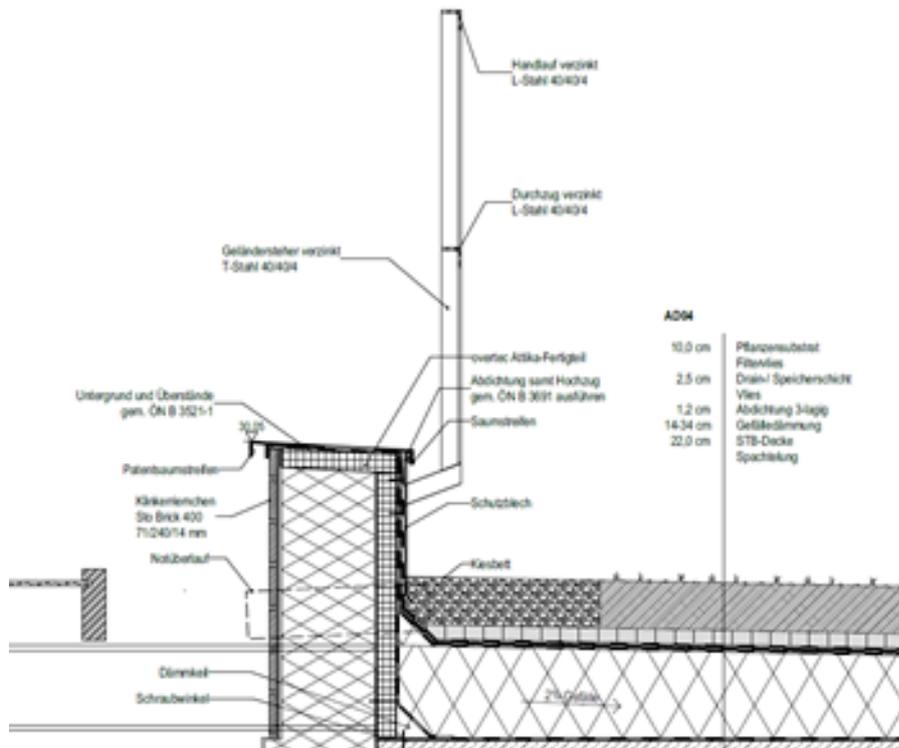


Abbildung 1: Absturzsicherung, Quelle: Arch.Dipl.-Ing. Helmut Wittmann

Die Absturzsicherung weist eine Höhe von 1,2 m (inkl. Attika) auf. Die Geländerständer und deren Durchzug haben eine Dicke von 4 cm und einen Ständerabstand von 1,5 m. Ausserdem hat die Installation einer Absturzsicherung mittels Geländer den Vorteil, dass diese keine jährlichen Wartung/Kontrolle benötigt. Dies wäre bei Installation einer Seilsicherung nötig und verpflichtend einzuhalten.

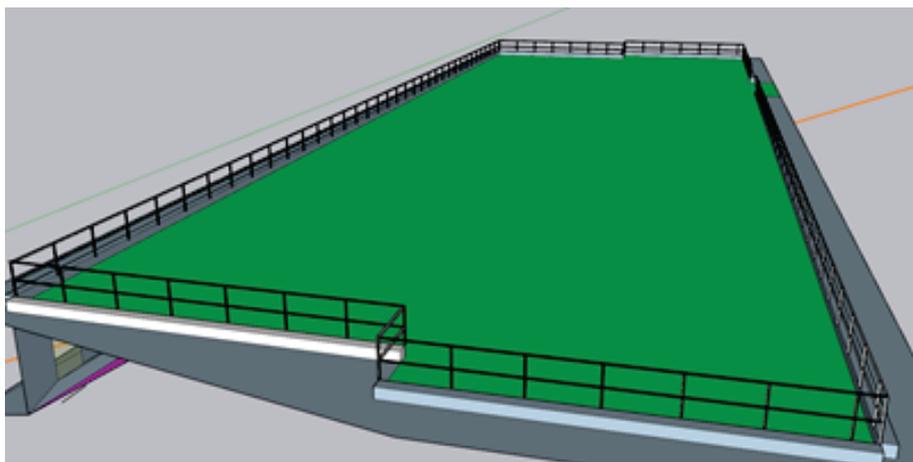


Abbildung 2: Absturzsicherung in SketchUp nachgebildet, Quelle: ATB-Becker

PVSol Simulation

Im nächsten Schritt wurde das SketchUp Modell als 3D-Studio Modell exportiert und in PVSol (Photovoltaiksimulationsprogramm) eingespielt. Mithilfe dieses Programmes kann die Verschattung, welche durch das Geländer auftritt, berechnet und simuliert werden.

In Abb.3 ist deutlich zu erkennen, dass das Geländer einen sehr geringen Einfluss (Verschattung) auf die PV-Anlage hat. Der Ertragsverlust erreicht nie einen höheren Wert als 4,9%. Diese Verluste reduzieren sich zudem noch da diese nur in einem String der Anlage auftreten und somit nicht die Gesamtanlage wesentlich beeinflussen.

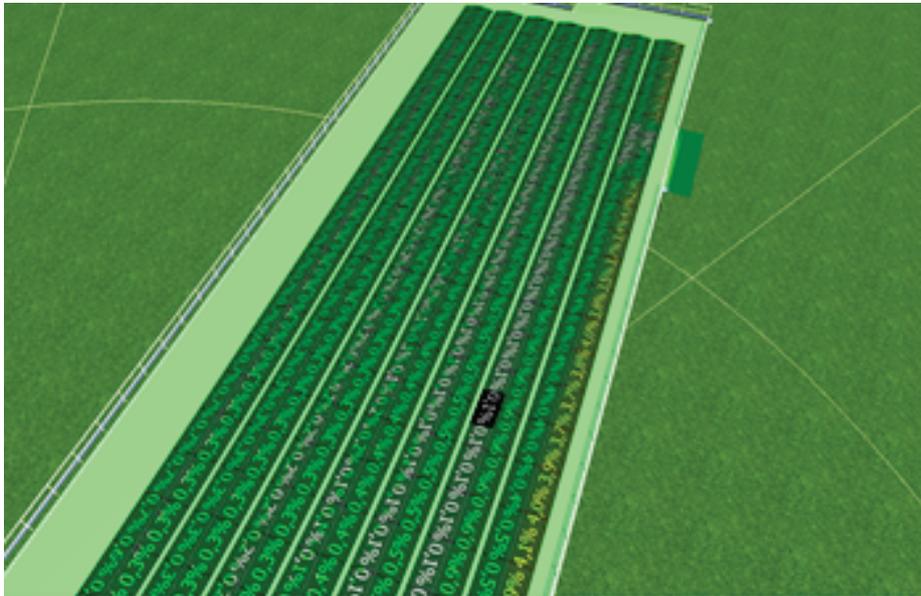


Abbildung 3: Verschattung der PV-Anlage durch das Geländer, Quelle: ATB-Becker

Preisentwicklung PV 2019 – 2022

Eine im Laufe eines Projektes entstandene PV - Preistabelle aus dem Jahre 2019 wurde Anfang 2022 von uns um die Preiserhöhungen am Markt aktualisiert.

Die von uns angegebenen Zahlen und Prozente basieren auf von uns umgesetzten Projekten und müssen nicht dem allgemeinen Markt entsprechen.

30 Jahre PV - Modul

1982 hat uns Bernd Schaefers und Wolfgang Eichinger von der Constantin Filmgesellschaft den Auftrag für eine Studie und ein Konzept für „Fernsehen von München bis Venedig gegeben. Wir wurden zu drei Mann und Monika exklusiv engagiert. Das war die Geburtsstunde unserer Firma und Bernd Schaefers hat mir auch noch einen Rat mit auf den Weg gegeben.

„Sie müssen sich immer wieder persönlich ein Ziel setzen eine außerordentliche Projektidee zu kreieren und zu realisieren. Dann machen Sie Ihren Weg.“

Diesen Ratschlag habe ich mir bis heute bewahrt und auch unsere 34 Jahre PV sind eine dieser besonderen Herausforderungen gewesen. Das Projekt war der Wendepunkt, weg von der Sendertechnik für Rundfunk und Fernsehen hin zu PV-Lösungen und in der Folge hin zu ganzheitlichen Umweltlösungen.

1985 standen wir der Aufgabe gegenüber einen kleinen TV-Sender für den Ortsteil Gries zu errichten. Die Stromzuleitung der TIWAG wurde uns damals um ca. 400.000 öS angeboten und hat das

Projektbudget von ORF und der Gemeinde Längenfeld gesprengt. Per Zufall habe ich ein Photovoltaik-Modul entdeckt und den damals jüngsten Bürgermeister Tirol's gefragt, ob er mit mir gemeinsam das Risiko tragen würde, dass die Leute von Gries auch hie und da einen Tag kein Fernsehen empfangen könnten, weil die Sonne in Schlechtwetterperioden keine Energie zum Aufladen der Batterien liefern würde. Ich habe ein Element gefunden, das aus Sonnenlicht Strom erzeugt, aber ich musste auch eingestehen, dass ich damals keine Ahnung hatte wie das funktioniert. Er stand sofort hinter dieser neuartigen Idee und ich machte mich schlau, wie das zu planen war.

Das Glück stand auf unserer Seite, denn wir hatten den besten Lehrmeister gefunden. Herr Wagner damals AEG gab uns die wichtigsten Tipps wie Batterien für Inselanlagen ausgelegt werden mussten und was die richtige Größenordnung für Photovoltaik-Modulfläche notwendig ist. Wenn wir uns erinnern die Fernsehprogramme 1 und 2 begannen 1986 um 5 Uhr Nachmittags mit der Kindersendung und endeten um 24 Uhr mit dem Testbild.

Also mussten wir die Energie für 2 Fernsehprogramme über 7 Stunden aus der Batterie versorgen und diese Energie mussten diese mir noch unbekanntes Wunderplatten aus der Sonne gewinnen. Genügend Energie zum Laden des Tagesbedarfs und für die Reserve von 5 Tagen Schlechtwetter. Aber Herr Wagner belehrte uns etwas Besseren und wir planten deshalb, dass wir Batterien täglich nur zur Hälfte entladen wollten. Das war gut so, denn die Sendedauer der Fernsehprogramme wurde jedes Jahr noch länger und trotzdem hatten wir nach 16 Jahren als die erste Batterie ihr Leben ausgehaucht hatte noch genügend Energie für 24 Stunden Servedversorgung. 16 Jahre Batterie Lebensdauer war schon eine außerordentliche Lebensdauer für Bleibatterien, aber wir haben diese Qualität der Planung - also den Tip von Herrn Wagner - bis heute beibehalten.

Und die AEG-Photovoltaik-Module sind heute nach 30 Jahren immer noch die gleichen und Sie können sich zwei Module dieser Anlage heute anschauen und selbst beurteilen wie gut sie aussehen. Wir haben zwei dieser Module vom AIT (Austrian Institut for Technology) prüfen lassen und sie haben nur 11% Abweichung vom Nennwert.

Es hat sich technologisch in diesen Jahren viel getan und wenn damals 1 m² Photovoltaik 72 Wp lieferte, heute liefert 1 m² 180 Wp also eine Technologie, die viele Grenzen gesprengt hat und auch noch in Zukunft viel Potential für Anwendungen bringt.

Ich bin stolz, dass wir das Abenteuer gewagt haben und vor Allem bin ich stolz, dass Monika und ich den Virus Photovoltaik an die nächste Generation übertragen haben. Thomas mit seinem Team ist nicht nur in der Photovoltaik und deren Anwendungen exzellent, nein die Mannschaft hat auch schon über 1.600 Architekten, Planer und Handwerker im zertifizierten Photovoltaik-Kurs ausgebildet. Eine verrückte Idee, die wir mit Hubert Fechner vor vielen Jahren (2006) kreiert haben und die wir mit nur 6.000 € Budget mit einem hohen Eigenfinanzzuschuss zu einem enormen Erfolg geführt haben.

Eine Idee, die auch nach dem Ratschlag von Bernd Schaefers von der Constantin Film eine besondere Leistung war, die aber bereits vom jungen Team um Thomas gemeinsam mit dem Team von Hubert Fechner gestaltet und gemeinsam mit dem AIT unter die Leute gebracht wurde.

Welche Hürden gab es damals, was erhoffte/erwartete man damals?

Unser 34 Jahre alter PV-Sender, ein Beispiel. Unsere Hoffnungen gingen in Erfüllung:

PV-Start: 1987

Hochfrequenztechnik (TV- und UKW-Sender) → PV ab 1987 → erneuerbare Energien ab 2000

Glas/Glas Module damals 80 Wp/m² heute 175 – 180 Wp/m²

Abweichung nach 29 Jahren 11% vom Pnenn. Gemessen vom AIT im Zuge einer Schulung.

Glas/Glas-Module damals 6 Monate Garantie heute 30 Jahre Garantie

OPzS-Batterieauslegung nach 10 Jahren Pnenn

Batterietausch nach 16 Jahren

614 Wp PV + 9,6 kWh Batterie damals 13.875€ heute 4.082 €

Module + Halterung: 16.570 €/kWp heute 1.628 €/kWp

9,6 kWh-Bleibatterie damals 385 €/kWh heute 265 €/kWh

Stromzuleitung hätte 29.070 € gekostet

Der TV-Sender wurde wegen der Digitalisierung der TV-Programme nicht mehr benötigt. Die PV-Module wurden am Firmengelände von ATB-Becker wieder aufgebaut und werden bis heute messtechnisch weiterbetrieben.

Die damalige Situation der PV in Österreich/Europa

Wir waren 1987 newcomer, Fraunhofer hat bereits 1983 eine PV auf der Insel Pellworm und 1987 eine PV am Rappeneckerhof mit AEG Glas/Glas-Modulen errichtet. Wir hatten damals den besten Lehrer Österreichs, Herrn Ing. Wagner von AEG (später EVN), der uns bereits 1987 die richtige Dimensionierung von PV mit Batterien beigebracht hat. Die Regeln gelten heute noch, deshalb haben auch unsere Bleibatterien ein Alter von 10 – 16 Jahren erreicht.

Die Situation damals ist noch ohne Regeln und Einschränkungen ausgekommen, eine faire Planung und Dimensionierung für ein langes Leben der Anlagen war unser Kernpunkt.

Einschränkungen kamen erst mit dem 200 kW-Breitentest in dem wir bereits 1993 unsere eigene PV-Anlage mit 3,6 kWp (2.020 €/kWp) realisierten.

Der Stromversorger (EVU) verlangte, dass unsere damalige Stromzuführung am Dach in eine Erdzuleitung geändert werden musste, obwohl das zwei voneinander unabhängige Dachflächen waren. Das EVU konnte die Kosten der Änderung so auf den Kunden verlagern. Weitere Hürden gab es damals noch nicht, die kamen erst mit den Jahren, mit den Normen und mit dem zunehmenden Widerstand der EVU's gegen private Erzeugung. Wir wollten Erfahrungen sammeln und wollten selbst feststellen, ob das für uns ein neues Geschäftsfeld wird.

Nun begann auch das Auf und Ab der Fördervolumen und damit auch das Auf und Ab der jährlichen Umsätze. Wir haben uns deshalb auf eine kleine Mitarbeiterschar gestützt und haben die Auftragsfluktuation durch Mehrstunden ausgeglichen. Klein aber fein war unsere Devise. Die Ressource Mensch hat all unser Wissen in hohem Maß gespeichert und wir hatten das Glück, dass unsere Mitarbeiter uns treu blieben.

Als Hürde hatte sich damals die Qualität der WR herausgestellt, denn die ersten WR mussten wir jährlich zu Reparatur einsenden und das nicht nur bei unserer, sondern auch bei den Kundenanlagen.

Die Produkte wurden von Jahr zu Jahr besser und heute haben wir erreicht, was wir uns damals erhofft hatten. Die WR haben eine Lebensdauer von 10 – 13 Jahren und können nach Austausch von Kondensatoren weiter betrieben werden. Allerdings hat sich in den Jahren auch der Wirkungsgrad von früher 90% auf heute 98% verbessert und deshalb findet heute eher ein Austausch als ein Service der Wechselrichter statt.

Hürden waren auch die immer neuen Forderungen für die WR (dreiphasig, cosphi, etc.), auf die die Hersteller sehr flexibel reagierten, heute können viele WR netzstützende Funktionen erfüllen. Behördliche Auflagen gibt es noch, aber gute Abstimmung erleichtert den Arbeitsaufwand.

Neue Richtlinien, wie die R11 oder die R20 sollte sich jeder einprägen. Wir schulen seit Jahren die Feuerwehren, dann gibt es hier kaum Widerstand.

Wie stellte man sich die Zukunft (also das Jetzt) vor – wie ist es tatsächlich gekommen?

Durch die sehr volatilen Fördergelder hatten wir sehr oft die hohe Erwartung, „jetzt geht's los“ und wir haben diese Situation auch heute noch.

Toll war für uns die stark nach unten gerichtete Preisspirale, die uns mit jeder Preissenkung mehr reelle Marktanteile brachte. Die Konsequenz daraus ist auch heute noch, diese Preisnachlässe direkt an den Kunden weiterzugeben. Aufschläge im einstelligen Prozentbereich waren und sind heute noch die Realität, man muss Solar- und Umwelttechnik lieben, wenn die Energiewende erreicht werden soll. Aber auch die Qualität muss stimmen, deshalb haben wir ausschließlich europäische Produkte in unserem Systemhaus. Dies ist auch notwendig, wenn wir unsere Fördergelder bei uns behalten wollen und die

Gelder nicht ins Ausland abgeben wollen. Es geht um Europa als Wirtschaftsraum und um Arbeitsplätze, die hier bei uns entstehen sollen.

Wie stellt man sich jetzt die Zukunft vor?

Nun stehen wir wieder vor einer großen Chance. Die Fördergelder werden im Zuge des Klimaschutzes im Jahr 2022 angehoben. Das neue EAG-Gesetz (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz) wurde als Grundlage für Energiegemeinschaften und den Ausbau der erneuerbaren Energien im Sommer 2021 beschlossen. Leider fehlen bis Ende 2021 noch die notwendigen Verordnungen, damit auch die neuen Fördersätze wirksam werden. Der Weg zum optimierten Eigenenergieverbrauch wird mit dem EAG auf eine neue Stufe angehoben und entlastet gleichzeitig das öffentliche Netz, da Umweltenergie dort verbraucht wird, wo sie auch erzeugt wird. Neue Verteil- und Verrechnungsmodelle können entstehen und zudem besteht die Möglichkeit in neuen Geschäftsmodellen erneuerbare Energie zu günstigeren Kosten für die kWh anbieten als die kWh aus der Steckdose mit all ihren Nebenkosten.

Was wir uns wünschen, sind mehr gemeinsame statt einsamer Ergebnisse, dazu braucht es jedoch ein offenes Aufeinander zugehen und es braucht Kooperationen für tolle gemeinsame Ideen, dann ist es ein Benefit für alle und das muss von den Akteuren erkannt und anerkannt werden – wir bleiben eine Gemeinschaft mit sozialer Verantwortung.

MEMO Heizkostenabrechnung ohne Wärmemengenzähler? Sattler & Schanda Rechtsanwälte, 02.12.2020

S A T T L E R & S C H A N D A

RECHTSANWÄLTE

Memo

Heizkostenabrechnung ohne Wärmemengenzähler?

1. Fragestellung

Beurteilt werden soll, ob in hocheffizienten Gebäuden mit Niedertemperatur-Wärmepumpensystem eine Verrechnung der Kosten für die Raumwärmebereitstellung über die Nutzfläche oder über die Nutzwerte rechtlich zulässig ist, und ob es dabei Unterschiede zwischen Mietobjekten und Wohnungseigentumsobjekten gibt.

2. HeizKG

.1 Aufteilung von Energiekosten nach Verbrauchsanteilen und Ausnahme davon (§ 5 HeizKG)

Nach § 5 Abs 1 HeizKG sind die Energiekosten überwiegend nach den Verbrauchsanteilen aufzuteilen, wenn

- die Verbrauchsanteile durch Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ermittelt werden können und
- der Energieverbrauch - bezogen auf das Gebäude (wirtschaftliche Einheit) - überwiegend von den Wärmeabnehmern beeinflussbar sind.

§ 5 Abs 2 HeizKG ermöglicht die Antragstellung zu einem Gerichtsbeschluss, wonach die Energiekosten mit Wirksamkeit für die der Entscheidung folgenden Abrechnungen zur Gänze nach der beheizbaren Nutzfläche aufzuteilen ist. Ein Antrag nach § 5 Abs 2 HeizKG kann im Außerstreitverfahren an das zuständige Bezirksgericht gestellt werden. Voraussetzung dafür ist, dass

- die Erfassung (Messung) des Wärmeverbrauchs aus technischen Gründen, insbesondere infolge der wärmetechnischen Ausgestaltung des Gebäudes oder der Gestaltung der gemeinsamen Wärmeversorgungsanlage und der Heizkörper, zur zumindest näherungsweisen Ermittlung der Verbrauchsanteile nicht tauglich ist.

Auf wirtschaftliche Parameter (Kosten der Messung höher als Energie) stellt § 5 HeizKG nicht ab.

Das Verhältnis von § 5 Abs 1 und § 5 Abs 2 zueinander erscheint nicht gänzlich eindeutig. Insbesondere erscheint unklar, ob sich die Tatbestände nach Abs 1 und Abs 2 wechselseitig ausschließen. Auf den ersten Blick ist das wohl zu bejahen: Wenn die Messung *aus technischen Gründen zur zumindest näherungsweisen Ermittlung der Verbrauchsanteile nicht tauglich ist* (und deshalb der Tatbestand des Abs 2 erfüllt ist), dann kann wohl der Tatbestand des Abs 1 (*die Verbrauchsanteile durch Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ermittelt werden können*) nicht erfüllt werden.²⁸ Bzw umgekehrt: Wenn die *Verbrauchsanteile durch Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ermittelt werden können* (und deshalb der Tatbestand des Abs 1 erfüllt ist), dann kann wohl der Tatbestand des Abs 2 (*die Messung aus technischen Gründen zur zumindest näherungsweisen Ermittlung der Verbrauchsanteile nicht tauglich ist*) nicht erfüllt werden.

Auf den zweiten Blick würde eine solche Auslegung allerdings die Notwendigkeit eines *Gerichtsantrags* eigentlich entbehrlich machen. Wenn nämlich die Voraussetzung für einen solchen Gerichtsantrag vorläge (*die Messung aus technischen Gründen zur zumindest näherungsweisen Ermittlung der Verbrauchsanteile nicht tauglich ist*), dann läge auch der Tatbestand des Abs 1 (*die Verbrauchsanteile durch Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ermittelt werden können*) nicht vor. Es bestünde dann schon keine Pflicht zur Aufteilung der Energiekosten nach Verbrauchsanteilen nach Abs 1.

Leider geben weder die Gesetzesmaterialien (Erläuterungen zur Regierungsvorlage) noch die Rechtsprechung dazu klare Antworten. Diese Frage kann aus nachstehende Gründen aber letztlich offen bleiben.

2.2 Anwendung auf Niedertemperatur-Wärmepumpensystem

Wir haben verstanden, dass eine *Messung des Wärmeverbrauchs* bei Verwendung von Niedertemperatur- Wärmepumpensystem kaum möglich ist, bzw mit hoher Ungenauigkeit behaftet ist. Dies deshalb, weil in solchen Systemen nur eine geringe Differenz zwischen Vorlauf- und

²⁸ Das wirft freilich die Frage auf, wie in einem solchen Fall nach Verbrauchsanteilen aufgeteilt werden soll, wenn kein Antrag an das Gericht gestellt wird.

Rücklauftemperatur besteht, die mit verfügbaren Messgeräten nicht aussagekräftig gemessen werden kann.

Das gilt auch für die *Messung des Wärmeverbrauchs* von Warmwasser, weil eine (grundsätzliche mögliche) Messung des Mengendurchflusses von Warmwasser keine *Wärmemessung* darstellt.

Damit dürfte bei solchen Heizungssystemen die Voraussetzung des § 5 Abs 2 HeizKG (*Messung des Wärmeverbrauchs wegen Gestaltung der gemeinsamen Wärmeversorgungsanlage und der Heizkörper nicht tauglich*) erfüllt sein. Zugleich bedeutet das, dass die Voraussetzungen nach Abs 1 (*die Verbrauchsanteile durch Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ermittelt werden können*) nicht erfüllt wären. Zur Erlangung von Rechtssicherheit könnte aber vorsorglich ein Antrag nach Abs 2 gestellt werden.

2.3 Geltungsbereich HeizKG und Wirtschaftlichkeit

Das HeizKG gilt gleichermaßen für Mietobjekte und für Wohnungseigentumsobjekte. Es gilt auch für Objekte im schlichten Miteigentum. Voraussetzung ist lediglich, dass mindestens *vier Nutzungsobjekte* durch eine *gemeinsame Wärmeversorgungsanlage mit Wärme versorgt werden und mit Vorrichtungen zur Ermittlung der Verbrauchsanteile ausgestattet sind oder nach den Bestimmungen dieses Bundesgesetzes, nach anderen Rechtsvorschriften oder auf Grund vertraglicher Verpflichtungen auszustatten sind* (§ 3 Abs 1 HeizKG).

Die Geltung des HeizKG lässt sich danach also vermeiden, wenn die Nutzungsobjekte weder mit *Vorrichtungen zur Ermittlung der Verbrauchsanteile* ausgestattet sind, noch damit ausgestattet werden müssen.

Nach § 6 Abs 1 HeizKG kann jeder Wärmeabnehmer auch nachträglich die Ausstattung mit Vorrichtungen zur Erfassung (Messung) der Verbrauchsanteile verlangen, wenn

1. jeder Wärmeabnehmer den Energieverbrauch iSd § 5 Abs 1 beeinflussen kann und
2. sich die Wirtschaftlichkeit einer solchen Ausstattung aus einem Vergleich der dafür entstehenden Kosten mit dem daraus zu erzielenden Nutzen ergibt. Die Wirtschaftlichkeit ist gegeben, wenn die aus der Ermittlung der Verbrauchsanteile innerhalb der üblichen Nutzungsdauer zu erwartende Einsparung an Energiekosten
 - a. mindestens 10 vH beträgt und
 - b. höher ist als die Summe aus den nach dem Stand der Technik erforderlichen Kosten der Ausstattung einerseits und aus den innerhalb der üblichen Nutzungsdauer laufend anfallenden Aufwendungen für die Ermittlung der Verbrauchsanteile andererseits.

Zu beachten ist, dass die beiden Kriterien für die Bejahung der Wirtschaftlichkeit von Wärmemengenzählern kumulativ vorliegen müssen. Die zu erwartende Energiekosteneinsparung über die übliche Nutzungsdauer muss also nicht nur 10 % übersteigen; diese Energiekosteneinsparung muss auch betraglich höher sein als die Kosten für die Ausstattung (CAPEX) und für die Ermittlung der Verbrauchsanteile (OPEX) über die übliche Nutzungsdauer.

Auf Basis Ihrer Information, demnach im Anlassfall die laufenden Kosten der Messung sogar die Gesamtkosten des Energieverbrauchs übersteigen, dürften die *Kosten einer Ausstattung mit Vorrichtungen zur Erfassung der Verbrauchsanteile* im Vergleich zu dem daraus zu erzielenden Nutzen recht eindeutig nicht wirtschaftlich sein. Damit wäre die Voraussetzung des § 6 Abs 1 Z 2 HeizKG nicht erfüllt.

Das würde bedeuten, dass solche Nutzungseinheiten nicht mit Vorrichtungen zur Erfassung (Messung) der Verbrauchsanteile ausgestattet werden müssen. Wenn Nutzungseinheiten nicht mit Messgeräten ausgestattet werden müssen, und auch nicht mit Messgeräten ausgestattet werden, könnte der Anwendungsbereich des HeizKG (nach § 3 HeizKG) also uE vermieden werden.

3. EEffG

3.1 Der Inhalt des EEffG

§ 22 Abs 2 2. Satz EEffG normiert, dass in Gebäuden mit mehreren Wohnungen, die über eine zentrale Anlage zur Wärme-/Kälteerzeugung verfügen, sofern technisch machbar und kosteneffizient, auch individuelle Verbrauchszähler zu installieren sind, um den Wärme-, Kälte- oder Warmwasserverbrauch der einzelnen Einheiten messen zu können.

Auch hier gibt es eine Ausnahme: Ist ein Einbau eines individuellen Zählers technisch nicht machbar oder nicht kosteneffizient, sind individuelle Heizkostenverteiler zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs der einzelnen Heizkörper einzusetzen (§ 22 Abs 2 3. Satz).

§ 22 Abs 3 sagt, dass bei Neubauten oder Gebäuden, die einer größeren Renovierung im Sinne der Richtlinie 2010/31/EU unterzogen werden, jedenfalls individuelle Zähler zu installieren sind.

Abs 3 dürfte sich als Gegen Ausnahme zu Abs 2 2. Satz verstehen, also anordnen, dass bei Neubauten oder Gebäuden, die einer größeren Renovierung im Sinne der Richtlinie 2010/31/EU unterzogen werden, jedenfalls individuelle Verbrauchszähler zu installieren sind (also individuelle Heizkostenverteiler nicht ausreichen).

Diese Bestimmung des EEffG ist also für *Neubauten* und für *Gebäude, die einer größeren Renovierung unterzogen werden* wesentlich strenger als jene des HeizKG. Das EEffG kommt kumulativ zum HeizKG zur Anwendung. Der Umstand, dass nach HeizKG (gem § 6 HeizKG) keine Verpflichtung zur Ausstattung mit Wärmemengenzählern besteht, entbindet nicht von der rechtlichen Vorgabe des § 22 EEffG.

3.2 Umsetzung alte Energieeffizienzrichtlinie

Die Erläuterungen zur Regierungsvorlage zum EEffG²⁹ verweisen darauf, dass die Bestimmungen zu den Messgeräten für Wärme, Kälte und Warmwasser aus der Umsetzungsverpflichtung gemäß Art 9 der RL 2012/27/EU resultieren. Bei dieser RL handelte es sich um die „alte“ EnergieeffizienzRL idF 2012. Art 9 dieser RL hatte folgenden Wortlaut:

Artikel 9

Verbrauchserfassung

(1) Soweit es technisch machbar, finanziell vertretbar und im Vergleich zu den potenziellen Energieeinsparungen verhältnismäßig ist, stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass alle Endkunden in den Bereichen Strom, Erdgas, Fernwärme, Fernkälte und Warmbrauchwasser individuelle Zähler zu wettbewerbsfähigen Preisen erhalten, die den tatsächlichen Energieverbrauch des Endkunden genau widerspiegeln und Informationen über die tatsächliche Nutzungszeit bereitstellen.

²⁹ 182 der Blg XXXV. GP.

Ein solcher individueller Zähler zu einem wettbewerbsfähigen Preis ist stets bereitzustellen, wenn:

- a) ein bestehender Zähler ersetzt wird, außer in Fällen, in denen dies technisch nicht machbar oder im Vergleich zu den langfristig geschätzten potenziellen Einsparungen nicht kostenwirksam ist;
- b) neue Gebäude mit neuen Anschlüssen ausgestattet oder Gebäude größeren Renovierungen im Sinne der Richtlinie 2010/31/EU unterzogen werden.

[...]

(3) [...]

In Gebäuden mit mehreren Wohnungen [...], die über eine zentrale Anlage zur Wärme-/Kälteerzeugung verfügen [...], sind bis 31. Dezember 2016 — soweit technisch machbar und kosteneffizient durchführbar — auch individuelle Verbrauchszähler zu installieren, um den Wärme-, Kälte- oder Warmwasserverbrauch der einzelnen Einheiten zu messen. Wo der Einsatz individueller Zähler zur Messung der verbrauchten Wärme technisch nicht machbar oder nicht kosteneffizient durchführbar ist, werden individuelle Heizkostenverteiler zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs der einzelnen Heizkörper verwendet, **es sei denn, der betreffende Mitgliedstaat weist nach, dass die Installation derartiger Heizkostenverteiler nicht kosteneffizient durchführbar wäre. In diesen Fällen können alternative kosteneffiziente Methoden zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs in Betracht gezogen werden.**

[...]

3.3 Neue Energieeffizienzrichtlinie

Inzwischen wurde die RL 2012/27/EU mehrfach geändert, insbesondere durch die „neue“ EnergieeffizienzRL 2018/2002 (als Teil des „Clean Energy Package“). In der aktuellen Fassung finden sich die Vorgaben zur Einzelverbrauchserfassung und Kostenverteilung für die Wärme-, Kälte und Trinkwasserversorgung in Art 9b dieser Neufassung der RL mit folgendem Wortlaut:

Artikel 9b

Einzelverbrauchserfassung („Sub-metering,“) und Kostenverteilung für die Wärme-, Kälte- und Trinkwarmwasserversorgung

(1) In Gebäuden mit mehreren Wohnungen [...], die über eine zentrale Anlage zur Wärme-/Kälteerzeugung verfügen [...], werden individuelle Verbrauchszähler installiert, um den Wärme-, Kälte- oder Trinkwarmwasserverbrauch der einzelnen Einheiten zu messen, wenn dies im Vergleich zu den potenziellen Energieeinsparungen unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit technisch durchführbar und kosteneffizient ist.

Wenn der Einsatz individueller Zähler technisch nicht machbar ist oder wenn es nicht kosteneffizient ist, den Wärmeverbrauch in jeder Einheit zu messen, werden an den einzelnen Heizkörpern zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs individuelle Heizkostenverteiler verwendet, es sei denn, der betreffende Mitgliedstaat weist nach, dass die Installation derartiger Heizkostenverteiler nicht kosteneffizient durchführbar wäre. In diesen Fällen können alternative kosteneffiziente Methoden zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs in Betracht gezogen werden. Jeder Mitgliedstaat erläutert klar die allgemeinen Kriterien, Methoden und/oder Verfahren zur Feststellung, ob eine Maßnahme als“

technisch nicht machbar,, oder “nicht kosteneffizient durchführbar,, anzusehen ist, und veröffentlicht diese.

(2) In neuen Gebäuden mit mehreren Wohnungen [...], die mit einer zentralen Anlage zur Wärmeerzeugung für Trinkwarmwasser ausgestattet sind [...], werden ungeachtet des Absatzes 1 Unterabsatz 1 individuelle Trinkwarmwasserzähler bereitgestellt.

[...]

Zwischen alter und derzeit geltender Richtlinie gibt es also einen hier wichtigen Unterschied: Die Vorgabe der alten Richtlinie (Art 9 Abs 1 lit b), demnach ein *individueller Zähler stets bereitzustellen* ist, wenn *neue Gebäude mit neuen Anschlüssen ausgestattet oder Gebäude größeren Renovierungen im Sinne der Richtlinie 2010/31/EU unterzogen werden*, findet sich in der geltenden Richtlinie nicht mehr. Das ist aber genau der Satz, der in § 22 Abs 3 EEffG umgesetzt wurde.

3.4 Richtlinienkonforme Auslegung

Nationale Gesetzesbestimmungen, die EU-Richtlinien umsetzen sind *richtlinienkonform*, dh im Sinne der Vorgaben der Richtlinie, auszulegen.³⁰ Der Text der Richtlinie bietet daher eine Auslegungshilfe bei der Auslegung der Bestimmung des nationalen § 22 EEffG. § 22 Abs 3 EEffG ist daher am Maßstab der zugrundeliegenden Richtlinie auszulegen. Nicht gänzlich klar ist, ob sich das Gebot der richtlinienkonformen Interpretation auf die Fassung der Richtlinie bezieht, die im nationalen Gesetz umgesetzt wurde, oder auf die jeweils geltende Fassung der jeweiligen Richtlinie (hier idF 2018/2002). Dies bedürfte noch vertiefter Judikaturforschung.

Diese aktuelle Richtlinie normiert die Verpflichtung zur individuellen Wärmemessung jedenfalls nur unter der Voraussetzung, dass diese *kosteneffizient* ist (Art 9b Abs 1 1. Satz). Auch die ersatzweise Verwendung von individuellen Heizkostenverteilern an den einzelnen Heizkörpern gilt nur unter der Voraussetzung der Kosteneffizienz (Art 9b Abs 1 2. Satz arg. „*es sei denn, der betreffende Mitgliedstaat weist nach, dass die Installation derartiger Heizkostenverteiler nicht kosteneffizient durchführbar wäre*“). Wenn weder individuelle Zähler noch Heizkostenverteiler kosteneffizient sind, *können alternative kosteneffiziente Methoden zur Messung des Wärmeenergieverbrauchs in Betracht gezogen werden* (Art 9b Abs 1 3. Satz). Ein unbedingtes Gebot der Verwendung von individuellen Zählern in *Neubauten* oder in *Gebäuden, die einer größeren Renovierung unterzogen werden*, ergibt sich aus der Richtlinie hingegen nicht.

Der Erfolg einer solchen richtlinienkonformen Interpretation am Maßstab der aktuell geltenden Richtlinie ist allerdings ungewiss. Es gibt auch Rechtsprechung, die besagt, dass *die richtlinienkonforme Interpretation nicht dazu führen darf, dass der normative Gehalt der nationalen Regelungen grundlegend geändert wird*.³¹ Eine Argumentation in diese Richtung wäre aber zumindest denkbar.

3.5 Umsetzung der „alternativen kosteneffizienten Methode“ im österreichischen EEffG steht bevor

Sowohl nach der alten Fassung der Richtlinie, die seinerzeit im EEffG umgesetzt wurde, also auch nach der derzeit geltenden Fassung der Richtlinie wäre es den Mitgliedstaaten explizit erlaubt, *alternative*

³⁰ Vgl OGH RS0111214.

³¹ 8 Ob 96/13w.

kosteneffiziente Methoden zur Messung des Wärmeverbrauchs zu normieren (Art 9 Abs 3 3. Satz alte RL und Art 9b Abs 1 3. Satz neue RL). Voraussetzung dafür ist (nach aktueller Richtlinie), dass der Mitgliedstaat die Kriterien, Methoden und/oder Verfahren erläutert und veröffentlicht.

Die Europäische Kommission hat zur Umsetzung der Richtlinie eine Empfehlung an die Mitgliedstaaten (Commission Recommendation of 25.9.2019 on the implementation of the new metering and billing provisions of the Energy Efficiency Directive 2012/27EU; C(2019)6631) veröffentlicht. Im Annex zu dieser Recommendation heißt es zu Art 9b: [...] *the provision now spells out the obligation for Member States to clearly set out and publish the 'general criteria, methodologies and/or procedures' used to determine a lack of technical feasibility or cost effectiveness.*

In Österreich ist nach unserem Kenntnissstand eine Novelle zum EEffG zur Umsetzung der neuen Richtlinie in Vorbereitung. Im Zuge dieser Vorbereitung wurde vom Klimaschutzministerium eine Studie bei e7 Energie Markt Analyse GmbH (vgl unter www.e-sieben.at) über „Kriterien für die nationale Umsetzung des Art 9b Abs 1 EED 2018“ beauftragt, zu der der Endbericht bereits erstattet wurde, die jedoch bislang nicht öffentlich ist. Ziel dieser Studie ist die Findung von Benchmarks zur Beantwortung der Frage, in welchen Fällen ein Wärmemengenzähler in Relation zu den Kosten solcher Zähler nicht kosteneffizient ist. Nach meinem Kenntnisstand wird in dieser Studie bei Neubauten darauf abgestellt, ob der Standard der OIB-RL 2019 (10er-Linie HWB-Grenzwerte ab 1.1.2021) erfüllt wird.

Ein Begutachtungsentwurf zur EEffG-Novelle liegt bislang nicht vor. Vom Inhalt der Neuregelung im EEffG wird es jedoch abhängen, ob und wie die derzeitige Vorgabe des § 22 Abs 3 EEffG (*jedenfalls individuelle Zähler bei Neubauten und in Gebäuden, die einer größeren Renovierung unterzogen werden*) an die aktuelle Richtlinie angepasst wird, und welche *alternative kosteneffizienten Methoden erläutert und veröffentlicht* werden.

Wien, am 02.12.2020

RA Dr. Reinhard Schanda

Protokoll vom Workshop zu Geschäftsmodelle am 10.09.2019

Folgende Geschäftsmodelle wurden in Zuge des Workshops am 10.09.2019 von 09:00-13:00 Uhr ausgearbeitet.

Teilnehmer*innen: Nadja Bartlmä, Thomas Hahn, Ferdinand Lechner, Simon Schneider, Petra Schöfmann, Tobias Schwab, Felix Wimmer, Thomas Zelger

Ziel des Workshops war:

- Kennenlernen von Business Model Methoden
- Ideen für Geschäftsmodelle generieren – über den Tellerrand blicken
- Ideen auswählen und konkretisieren
- Offene Punkte sammeln für zukünftigen Business Plan

Renewable Use

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Zahlende (Mieter*innen, Büros/Unternehmen)

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

Abrechnung nach zeitabhängigem Verbrauch

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

- günstige Energiekosten
- hoher Grad an (lokalen) Erneuerbaren und kleinen CO₂ Fußabdruck
- Möglichkeit der Einflussnahme
- Verbundenheit Bereitstellung: Benchmarking, App (Grundmodell für Systementscheidung)

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

- App – Grundmodelle für Systementscheidung
- Benchmarking zwischen Mieter*innen und Unternehmen

Offene Punkte

- Ist eine langfristige Verhaltensänderung beim User möglich? – Fragebogen
- Erhöhen superflexible Nutzer die Wirtschaftlichkeit? – theoretische Berechnung/ Simulation
- Sensitivitätsanalyse der Wartungskosten
- Kosten für Abrechnung
- Mehrinvestitionskosten gegenüber Standard-Gebäude
- Wieviel Strom (kWh) werden für Allgemeinstrom und Bürokühlung benötigt werden?
- Preis für konventionellen Netzstrom (€/kWh)

Simple Use

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Zahlende (Mieter*innen, Büros/Unternehmen)

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

Mögliche Abrechnung nach:

1. Tatsächlicher Verbrauch (€/kWh)
2. Anschlussleistung (Strom) & Wohnfläche (Wärme, 21-26°C)
3. All-inclusive (€/m²) – Strom/ Wärme/ Miete

Packages können dazu gebucht werden – 100 % erneuerbar, car sharing, e-bike sharing, Lastenrad, Kühlung, e-scooter, eLadestation, smart home system etc.

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

Flexible Wahl des Abrechnungssystems, simples Verbrauchsverhalten

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

Offene Punkte:

- Bevorzugen Nutzer*innen ein „rücksichtsloses“ Verhalten? – Recherche Forschungsprojekte
- Flatrate ist für Investor/ Betreiber nicht teurer als Einnahmen – Recherche zu Nutzer*innenakzeptanz/-verhalten
- Wie sehen die zukünftigen Entwicklungen aus, welche Modelle entwickeln Energieversorger?

Freemium

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Zahlende (Mieter*innen, Büros/Unternehmen)

Bedürfnisse der Zielkunden:

- Wahlmöglichkeiten
- Unkompliziert, einfach und transparent
- Nachhaltigkeitsgedanke

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

- Kein Kauf von Leistungen, die nicht sicher in Anspruch genommen werden
 - Hohe Individualisierungs/Wahlmöglichkeit
 - Kompetitiver Basispreis
 - Einfache Auswahl und singulärer Ansprechpartner
1. Tatsächlicher Verbrauch (€/kWh)
 2. Anschlussleistung (Strom) & Wohnfläche (Wärme, 21-26°C)
 3. All-inclusive (€/m²) – Strom/ Wärme/ Miete

Packages können dazu gebucht werden – 100 % erneuerbar, car sharing, e-bike sharing, Lastenrad, Kühlung, e-scooter, eLadestation, smart home system etc.

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

- Bei niedrigen Betriebskosten höhere Mietkosten
- Verkauf von Premiumangeboten, welche kaum Mehrkosten verursachen

Mögliche Premiumangebote:

- + Erneuerbar
- + Carsharing
- + E-Bike Zugang
- + Lastenrad Zugang
- + Steuerbarkeit + BTA
- + Kühlung
- + Öffi-Anbindung durch eigenen E-Scooter
- + E-Ladestation
- + Smarthome System

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

Energieerzeugung (Strom und Wärme) am eigenen Grundstück

Offene Punkte:

- Bevorzugen Nutzer*innen ein „rücksichtsloses“ Verhalten? – Recherche Forschungsprojekte
- Flatrate ist für Investor/ Betreiber nicht teurer als Einnahmen – Recherche zu Nutzer*innenakzeptanz/-verhalten
- Wie sehen die zukünftigen Entwicklungen aus, welche Modelle entwickeln Energieversorger?

Investor Use

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Investor(en)

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

- Regionalität der erneuerbaren Energie
- Verbindung zu erneuerbaren Energieerzeugung („reines Gewissen“)
- Flexible Rendite für Investition

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

Jeder der in Erzeugungsanlagen (PV & Wärme) investiert erhält:

- Günstigere Energiepreise
- Anteil an Einnahmen

Contractor

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Energieverbraucher (privat und gewerblich)

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

- Stromanbieter mit Mieterstrommodell z.B.: Wien Energie

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

Verpachtung der Dachfläche an den Energieversorger

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

Errichtung und Betrieb der PV-Anlage durch Stromanbieter (komplette Auslagerung)

Büro

Zielkunden: Wer sind unsere Zielkunden?

Büro & Gewerbenutzer

Ertragsmechanismus: Was bieten wir den Zielkunden konkret an?

- Nachhaltiges Image
 - +E Zertifikat
 - Keine Abwärme an Umgebungsluft → keine Urban-Heat-Islands durch Rückkühler (stimmt ja jetzt nicht ganz, da möglicherweise doch Rückkühler)
 - kein Lärm
- hoher Raumkomfort
- niedrige Betriebskosten
- Individualisierte Zusatzpakete – vertraglich wählbar/zubuchbar

Wertversprechen: Wie wird sichergestellt, dass das Geschäftsmodell überlebensfähig ist?

- Höhere Mietkosten für Wohnbau
- Leicht verbesserte Vermietbarkeit der Büros (geringerer Leerbestand)

Bereitstellung: Wie stellen wir die Leistung her?

+EQ

Qualitätenliste

Beschreibung der zielführenden Qualitäten in Vorentwurfs- und Entwurfsphase

Datum: 25.09.19

Ersteller: Nadja Bartlmä (IBR&I) und Felix Wimmer (IBR&I)

Verteiler: Forschungsteam intern

Checkliste für die 3 Bauphasen die die Qualitäten in unterschiedlicher Detailtiefe bearbeiten und im Zuge der Projektentwicklung dafür sorgen, dass die Ziele im Auge behalten werden. Anfänglich nur Grundideen die sich mit dem Projektfortschritt konkretisieren und genauer ausgearbeitet werden. Zielkonflikte sollten gegen Ende der Entwurfsphase weitestgehend ausgeräumt sein, um Probleme oder Zielverfehlungen in der Ausführungsphase zu verhindern.

Vorentwurfsphase [VE]

Grundlegende Informationen und Entscheidungen zu:

- Aufenthaltsqualität Innen und Außen
 - o Tageslicht (nach OIB RL3 oder EN 13773)
 - o Außenraumanbindung (Wegeführung, Erschließung)
 - o Freiräume und Aufenthaltsräume (z.B. Balkone, Teeküche, Partyraum)
- Bauphysik
 - o Hüllqualitäten
 - o Sonnenschutzüberlegungen
- Haustechnik
 - o Lüftung (Abschätzung)
 - o Wärme und Kältebereitstellung, Verteilung und Abgabe (Systemübersicht)
 - o PV (Fläche, Ausrichtung, Anschlüsse)
 - o Zentralen und Schächte (Abschätzung)
 - o Speicherinfrastruktur (Systemübersicht)
- Infrastruktur und Mobilität
 - o Vorhandene Infrastruktur eruieren (Ärzte, Schulen, Öffis, etc.)
 - o Abstellflächen für PKW, Fahrräder und Mikromobilität
 - o Anschlüsse für E-Mobilität
- Mikroklima im Außenraum
 - o Vorhandenes Mikroklima und Beeinflussung durch P33
 - o Lage der Freiräume (Größe, Orientierung, Verschattung)
- Flexibilität
 - o Bauweise (Skelett, Massiv, etc.)
 - o Rastersystem
 - o Schächte
- Nutzerfreundlichkeit
 - o Im VE über grundlegende Festlegung der Haustechnik

Mögliche Zielkonflikte in VE (**jederzeit zu erweitern**)

- PV am Dach statt Freiräumen
- Massivbau und Flexibilität

Entwurfsphase [E]

Qualitative Umsetzung der Überlegungen und Entscheidungen der VE hinsichtlich:

- Aufenthaltsqualität Innen und Außen
 - o Innenraumkomfort (thermisch, akustisch, visuell, hygrisch)
 - o Luftqualität (Baustoffemissionen, CO₂)
 - o Tageslicht und künstliche Belichtung
 - o Außenraumanbindung (Wegeführung, Erschließung)
 - o Freiräume und Aufenthaltsräume (z.B. Balkone, Teeküche, Partyraum)
- Bauphysik
 - o Hüllqualitäten
 - o Sonnenschutzmaßnahmen
 - o Aufbauten und Baustoffwahl
- Haustechnik
 - o Lüftung (Planung)
 - o Wärme und Kältebereitstellung, Verteilung und Abgabe (Planung)
 - o PV (Fläche, Ausrichtung, Anschlüsse, Ertragssimulation)
 - o Zentralen und Schächte (Planung)
 - o Speicherinfrastruktur (Planung und Simulation)
 - o Steuer- und Regelungskonzepte (MSR, Monitoring Ansätze, Messinfrastruktur)
- Infrastruktur und Mobilität
 - o Vorhandene Infrastruktur bekannt (Ärzte, Schulen, Öffis, etc.)
 - o Abstellflächen für PKW, Fahrräder und Mikromobilität (Planung)
 - o Anschlüsse für E-Mobilität (Planung)
- Mikroklima im Außenraum
 - o Vorhandenes Mikroklima und Beeinflussung durch P33 bekannt
 - o Lage der Freiräume (Größe, Orientierung, Verschattung, Gestaltung) (Planung)
- Flexibilität
 - o Bauweise (Planung)
 - o Rastersystem
 - o Schächte (Belegung)
- Nutzerfreundlichkeit
 - o Im E über Eingriffsmöglichkeiten in die Haustechnik

Mögliche Zielkonflikte in E (jederzeit zu erweitern)

- Fensterflächen zur Tageslichtversorgung gegenüber Sommerlichen Überwärmung
- Bauteilaktivierung gegenüber Flexibilität

Kostenüberblick

	SÜBA Standard (BAB / Tulln)	Projekt Pilzgasse	Mehrkosten	
1 Gebäudehülle	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	570.000	Anmerkungen
1,1 Dämmstärke Außenwand	20cm	24cm	120.000	8€/m ² - Außenwandfläche, bei 20% Fensteranteil
1,2 Dämmstärke Dach	20cm	30cm	100.000	14€/m ² - Dachfläche
1,3 Kellerdecke	16cm	16cm	0	-
1,4 Fenster Uw-Wert	1,00 / 0,90 W/m ² K	0,90 W/m ² K	260.000	10€/ ² NGF - Ug =0,6 + Argonfüllung
1,5 Fenstereinbau in Dämmebene	Nein	Nein	0	-
1,6 außenliegender Sonnenschutz	Ja	Ja	0	-
1,7 Luftdichtheit	1,5 1/h	0,6 1/h	40.000	1,50€/m ² NGF - hochwertige Ausführung Luftdichtheit
1,8 Wärmebrücken (Isokörbe etc.)	Standard	optimiert	50.000	2,00€/m ² NGF - hochwertige Ausführung Wärmebrücken
2 Lüftungstechnik	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	650.000	Anmerkung
2,1 kontrollierte Wohnraumlüftung	Nein	Nein	0	-
2,2 Abluftwärmerückgewinnung	Nein	Ja	250.000	Pauschale - Abwärmenutzung der Abluft für z.B. Sondenregeneration
2,3 Lüftungsanlage Büro	Standard	optimiert	400.000	Pauschale - hochwertigere Lüftungsanlage für Büros mit besseren Effizienz
3 Sanitär	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	100.000	Anmerkung
3,1 Optimierte Lösung zur WW Zirkulation	Nein	Ja	100.000	Pauschale
4 Wärme / Kälte	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	475.000	Anmerkung
4,1 Erdsonden	Ja	Ja	125.000	Pauschale - höhere Qualität bei Herstellung bedingt durch Kontamination
4,2 Wärmepumpen + Hydraulik	Standard	optimiert	350.000	Pauschale - hochwertige, optimierte Wärmezentrale,
4,3 Abwasserwärmenutzung	Nein	altern. zu Pos. 2.2	0	-
5 Elektrotechnik	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	405.000	Anmerkung
5,1 Beleuchtung (Büro)	Standard	optimiert	200.000	Pauschale
5,2 Serverlösung (Büro)	Standard	optimiert	75.000	Pauschale
5,5 MSR & Monitoring	Standard	erweitert	130.000	5€/m ² NGF
7 PV	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	1.500.000	Anmerkung
7,1 PV (kWp)	45	700	1.500.000	Dach + Fassade kostengünstig
7,2 Lösung von Flächenkonflikten PV / HT	Nein	Ja	250.000	
6 Sonstiges	SÜBA Standard	Projekt Pilzgasse	440.000	Anmerkung
6,1 Bauzeitverlängerung	Nein	ca. 3 Monate	240.000	aufgrund der geplanten baulichen Mehrmaßnahmen
6,2 Sonstige Maßnahmen			200.000	-
Zwischensumme (ohne PV)			2.640.000	Anmerkung
PV Variante A "Min"			1.500.000	
PV Variante A "Opt"			2.500.000	
PV Variante B "Max"			3.800.000	
GU Aufschlag		12 %		
Summe A exkl Ust			4.640.000	
Summe A exkl Ust			5.760.000	
Summe B exkl Ust			7.210.000	
* Anmerkung zu Architektur ergänzen				
** Anmerkung zu PV ergänzen				

Gesprächsprotokoll zu prozessualen Erkenntnissen aus dem PEQ-Planungsprozess

Gespräch mit Dipl.-Ing. Matthias Kendlbacher am 19.4.2022

Im Folgenden wird das Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing. Matthias Kendlbacher vom Ingenieurbüro P. Jung vom 19.4.2022 zu Kapitel 8.5 „Prozessuale Erkenntnisse aus dem PEQ-Planungsprozess“ wiedergegeben:

LPH 1: Grundlagenanalyse:

Herr Kendlbacher sieht in der Leistungsphase „Grundlagenanalyse – LPH 1) die Notwendigkeit die PEQ-spezifischen Fachbereiche genau zu definieren (u.a. Energiekonzipierung, Gebäudesimulationen, Zertifizierung). Außerdem sei in dieser Leistungsphase die konkrete Zielsetzung in Bezug auf PE-Erreichung und was das für die unterschiedlichen Gewerke bedeute an jeden/jede Fachplaner*in zu kommunizieren. Dabei reichen ungefähre Zielwerte.

Herr Kendlbacher sieht dabei „Plus-Energieerreichung“ als keine unbedingt erforderliche Kompetenz im Planungsteam.

LPH 2-3: Vorentwurf und Entwurf

Herr Kendlbacher sieht den erhöhten Planungsaufwand durch PEQ-spezifische Qualitäten insbesondere in den Planungsphasen 1-3. Im Vorentwurf, spätestens aber im Entwurf sollten alle energetischen Größen feststehen und somit in weiterer Folge kaum Mehraufwand entstehen.

Qualitäten in Auslobung (Exkurs):

PE-Erreichung kann nach Herrn Kendlbacher in der Auslobung alleinig durch Verweis auf die entsprechende Methodik (bspw. Zukunftsmethodik) vorgegeben werden. Es bräuchte somit keine weiteren Spezifikationen.

Andere Qualitäten sollten ebenso vorgeschrieben werden. Diese nicht-energetischen Rahmenbedingungen sollten in der Auslobung - bspw. durch die Vorgabe des klimaaktiv silber- oder gold-Standards oder zumindest durch Angabe eines Grünflächenfaktors berücksichtigt werden.

Herr Kendlbacher gibt an, dass durch weitere nicht-energetische Vorgaben, Zielkonflikte insbesondere durch Energiesparmaßnahmen vorgebeugt werden könnten. Bspw. könnten durch die Energieeinsparungen eines Passivhaus Standards in der Regel die Energieerzeugungsflächen verringert und anderweitig genutzt werden (z.B.: Begrünung, Terrasse).

Zielgruppe:

Als Zielgruppe der idealen Planungsschiene und PEQ-Leistungsphasenbeschreibung sieht Herr Kendlbacher insbesondere Projektentwickler*innen und Architekt*innen. Diese könnten die PEQ-spezifischen zusätzlich zu den konventionellen Leistungen in Form von Checklisten vor Beginn und Abschluss einer Planungsphase heranziehen. Ein Zusammenführen der Leistungsphasen nicht-PEQ/PEQ wäre somit hilfreich.

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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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