

Schlussbericht

Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff

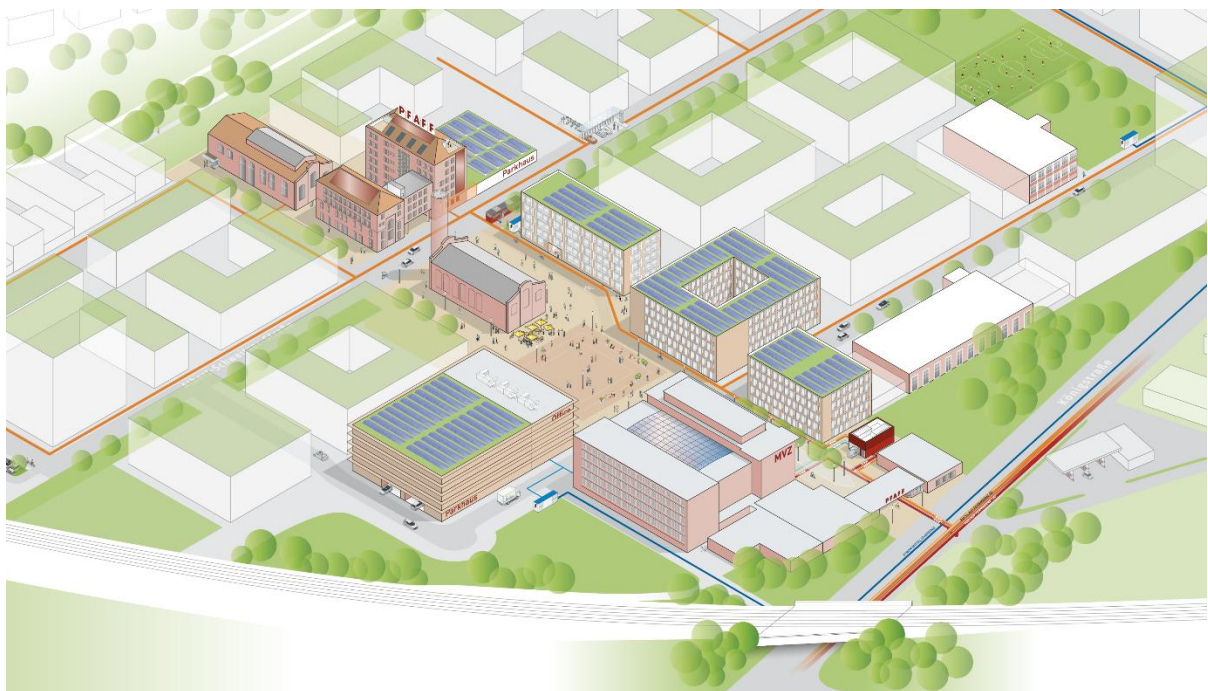
Teilvorhaben

Palatina Gebäudeinnovationen

Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff:

„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern - Integrierte Konzepte, innovative Technologien und sozialwissenschaftliche Forschung im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere“

Teilvorhaben EnStadt:Pfaff: „Palatina Gebäudeinnovationen“



Schlussbericht

Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff

Teilvorhaben

Palatina Gebäudeinnovationen

Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff:

„Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern - Integrierte Konzepte, innovative Technologien und sozialwissenschaftliche Forschung im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere“

Teilvorhaben EnStadt:Pfaff: „Palatina Gebäudeinnovationen“

Förderndes Ministerium:	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Projektträger:	Forschungszentrum Jülich GmbH
Förderkennzeichen:	03SBE112E
Projektlaufzeit:	01.10.2017 – 31.12.2024
Autoren:	Christian Persohn, Sophie Bechberger
Ausführende Stelle:	Palatina Wohnbau GmbH Am Altenhof 11 – 13, 67655 Kaiserslautern
Veröffentlicht:	August 2025

Die Verantwortung der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das Verbundprojekt EnStadt:Pfaff wurde von 8 Partnern durchgeführt und als Leuchtturmprojekt gemeinsam gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen zu EnStadt:Pfaff: <https://pfaffquartier-klimaneutral.de/>

Inhalt

Tabellen.....	4
1 Zusammenfassung.....	5
2 Allgemeiner Aufbau.....	6
3 Rolle der Palatina Wohnbau GmbH.....	6
4 AP 2.2.2 Innovative Solarnutzung im Alten Verwaltungsgebäude.....	7
4.1 Motivation/Zielsetzung	7
4.2 Vorgehen.....	7
4.2.1 <i>Thermische Gebäudehülle</i>	8
4.2.2 <i>Primärenergie und Anlagentechnik</i>	9
4.2.3 <i>PV-Anlagen</i>	9
4.2.4 <i>Raumklima und Wohnkomfort</i>	12
4.2.5 <i>Sommerlicher Wärmeschutz</i>	12
4.3 Ergebnisse	12
4.4 Erkenntnisse.....	12
5 AP 2.2.3 Sanierung denkmalgeschützter Gebäude (Neues Verwaltungsgebäude)	14
5.1 Motivation/Zielsetzung	14
5.2 Vorgehen.....	14
5.2.1 <i>Thermische Gebäudehülle</i>	15
5.2.2 <i>Primärenergie und Anlagentechnik</i>	17
5.2.3 <i>PV-Anlagen</i>	18
5.2.4 <i>Raumklima und Wohnkomfort</i>	18
5.2.5 <i>Sommerlicher Wärmeschutz</i>	19
5.3 Ergebnisse	19
5.4 Erkenntnisse.....	20
6 AP 3.1 Smarte Stromnetzkomponenten und E-Mobil-Ladesäulen	21
6.1 Motivation/Zielsetzung	21
6.2 Vorgehen.....	21
6.3 Ergebnisse	22
6.4 Erkenntnisse.....	23

Abbildungen

Abbildung 1: Altes Verwaltungsgebäude mit den Gebäudeteilen A, B und C (von links).....	7
Abbildung 2: Altes Verwaltungsgebäude mit den Gebäudeteilen A, B und C (von links).....	8
Abbildung 3: Dachintegrierte rote PV-Anlagen.....	10
Abbildung 4: Dach- und Fassadenintegrierte rote PV-Anlagen.....	10
Abbildung 5: Dach- und Fassadenintegrierte rote PV-Anlagen.....	10
Abbildung 6: Semitransparente Lichtkuppeln auf der Garage	11
Abbildung 7: Semitransparente Lichtkuppeln auf der Garage	11
Abbildung 8: Neues Verwaltungsgebäude	14
Abbildung 9: Neues Verwaltungsgebäude mit Innenhof	15
Abbildung 10: MVZ mit überdachtem Innenhof	16
Abbildung 11: Beispielbild Holzfenster mit Zwischenscheibenjalousie.....	17
Abbildung 12: PV-Anlage MVZ-Parkhaus, ca. 280 kWp.....	18
Abbildung 13: Übersicht der Temperaturverteilung im Innenraum mit 3 Verschattungsvarianten	19
Abbildung 14: Regelbarer Ortsnetztransformator MVZ.....	22
Abbildung 15: PV-Anlage MVZ Parkhaus.....	23

Tabellen

Tabelle 1: U-Werte der thermischen Gebäudehülle vor und nach Sanierung	9
--	---

1 Zusammenfassung

Das Vorhaben EnStadt:Pfaff untersuchte von Oktober 2017 bis Dezember 2024 in einem integrierten Ansatz technische, ökonomische und soziale Aspekte der Entwicklung klimaneutraler Quartiere in den Bereichen Energie, Mobilität und Digitalisierung. Dabei wurden praxisnahe Lösungen entwickelt, demonstriert und optimiert, um die Umsetzung klimaneutraler Quartiere zu erleichtern und zu beschleunigen.

Die Palatina Wohnbau GmbH vertritt die Eigentümer der Bestandsgebäude Altes und Neues Verwaltungsgebäude und fungiert als zentrale Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis im Reallabor Pfaff-Gelände. Als Vermittlerin unterstützt sie alle Akteure mit Grundlagendaten, Impulsen und Konzeptentwicklungen. Ziel ist es, übertragbare und funktionale Konzepte für Bestandsgebäude und Neubauten auf Gebäude- und Quartiersebene zu erarbeiten.

Bearbeitet wurden die Arbeitspakete Innovative Solarnutzung im Alten Verwaltungsgebäude (AP 2.2.2), Sanierung denkmalgeschützter Gebäude (Neues Verwaltungsgebäude) (AP 2.2.3) und Smarte Stromnetzkomponenten und E-Mobil-Ladesäulen (AP 3.1).

In den Arbeitspaketen 2.2.2 und 2.2.3 erfolgte die Ermittlung der Sanierungsmaßnahmen über eine thermische Gebäudebilanzierung. Dafür wurde der Ist-Zustand der Gebäude digital erfasst und in Form von digitalen Zwillingen abgebildet. Diese enthalten alle energetisch relevanten Informationen wie Kubatur, Flächen, Nutzungsarten, Bauteilaufbauten und Anlagentechnik. Auf Basis von Simulationen wurde der Energiebedarf im Bestand ermittelt. Durch gezielte Maßnahmen können die Effizienzstandards KfW 40, 55 und 70 erreicht werden.

Im Arbeitspaket 3.1 wurden die energetischen Potenziale des MVZ und des Parkhauses analysiert. Ein Energieflussmodell diente als Planungsgrundlage für ein quartiersübergreifendes Arealnetz mit einem speziell entwickelten „MVZ-Tarif“. Aufgrund des hohen Strombedarfs im MVZ und der PV-Potenziale des Parkhauses wurde auf klassische Smart-Home-Technologien verzichtet und stattdessen netzdienliche Komponenten wie Lademanagement und regelbare Kälteerzeugung integriert. Eine Großbatterie wurde verworfen zugunsten einer mobilen Speicherlösung mit bidirektionalem Laden, bei der Elektrofahrzeuge als dezentrale Energiespeicher zur intelligenten Eigenstromnutzung eingesetzt werden.

Durch die umgesetzten Maßnahmen konnte der Primärenergieverbrauch des Alten Verwaltungsgebäudes um rund 80 % und des Neuen Verwaltungsgebäudes um 33 % gesenkt werden. Beide Gebäude wurden zu Hocheffizienzgebäuden weiterentwickelt, die Wohn- und Arbeitsräume für ein nachhaltiges, generationenübergreifendes Miteinander bieten.

Zur energetischen Optimierung des Quartiers wurden zwei regelbare Ortsnetztransformatoren sowie eine PV-Anlage auf dem MVZ-Parkhaus installiert – verbunden mit Herausforderungen in den Bereichen Brandschutz, Betriebskonzept und bidirektionales Laden. Die Schnellladesäulen werden entgegen der ursprünglichen Planung von den Stadtwerken Kaiserslautern betrieben. Eine Großbatterie wurde aus wirtschaftlichen Gründen verworfen; stattdessen erhielt das Alte Verwaltungsgebäude smarte Messtechnik zur Untersuchung von Technologieakzeptanz und Lebensqualität. Für dessen Garage wurde ein E-Mobility-Hub mit 22 Ladepunkten vorbereitet, bei dem Elektrofahrzeuge als mobile, bidirektionale Energiespeicher genutzt werden sollen.

Aus planerischer Sicht hat sich gezeigt, dass eine kontinuierliche fachliche Begleitung über sämtliche Projektphasen hinweg unerlässlich ist – insbesondere zur präzisen Klärung technischer Details, Schnittstellen und Abstimmungen zwischen den Beteiligten, um reibungslose Abläufe zu gewährleisten. Rückblickend verdeutlicht das Vorhaben, dass bereits in der Phase der Grundlagenermittlung und Entwurfsplanung ein ganzheitlicher, interdisziplinärer Ansatz entscheidend für die erfolgreiche Zielerreichung ist.

2 Allgemeiner Aufbau

Der Schlussbericht der Palatina Wohnbau GmbH orientiert sich an den Arbeitspaketen

- AP 2.2.2 Innovative Solarnutzung im Alten Verwaltungsgebäude
- AP 2.2.3 Sanierung denkmalgeschützter Gebäude (Neues Verwaltungsgebäude)
- AP 3.1 Smarte Stromnetzkomponenten und E-Mobil-Ladesäulen

3 Rolle der Palatina Wohnbau GmbH

Die Palatina Wohnbau GmbH vertritt die Eigentümer der beiden Bestandsgebäude Altes und Neues Verwaltungsgebäude. Sie bildet die Schnittstelle zwischen Realität und Forschung (Reallabor) und Unterstützt in Ihrer Eigenschaft als Vermittler alle Akteure auf dem Areal des Pfaff-Geländes mit Grundlagendaten, Impulsen sowie Konzepterarbeitungen. Die Herausforderung besteht darin sowohl für Bestandsgebäude als auch für Neubauten funktionale und übertragbare Konzepte auf Gebäude- und Quartiersebene zu erarbeiten. Wie nachfolgend zu sehen, ist das der Palatina Wohnbau hervorragend gelungen.

4 AP 2.2.2 Innovative Solarnutzung im Alten Verwaltungsgebäude

4.1 Motivation/Zielsetzung

Das AP hat das Ziel für das Pilotgebäude „Alte Verwaltung“ eine innovative, multifunktionale Gebäudehülle mit solarer Energiegewinnung und dezentralem, flexiblem Lüftungssystem zu entwickeln und beispielhaft zu demonstrieren. Ausgehend von der Erstellung eines Gesamtenergiekonzeptes für das Gebäude unter Berücksichtigung der geplanten vielfältigen Nutzung sollen zwei innovative Bestandteile der Gebäudehülle zu einem Gebäude mit geringem Energieverbrauch und hohem Nutzerkomfort beitragen: ein architektonisch und farblich angepasstes BIPV-System (Building Integrated Photovoltaik) in der Südostfassade sowie ein dezentrales, fensterintegriertes Lüftungssystem. Beides wird kombiniert mit einer Wärmedämmung des Gebäudes. Die Funktionsweise dieser innovativen und multifunktionalen Gebäudehülle wird durch ein Monitoringsystem evaluiert und der Betrieb wissenschaftlich begleitet.

Das BIPV-System wird ergänzt durch eine dachintegrierte PV-Anlage sowie eine 100 kWh Li-Ionen-Batterie, die in Kombination mit einem intelligenten Gebäudeenergiemanagementsystem und der Integration von Elektromobil-Ladesäulen das Ziel einer hohen Eigenversorgung mit Solarstrom und damit zur Senkung der Stromkosten für die Mieter verfolgt. Der Solarstrom soll vollständig im Gebäude verbraucht werden, eine Einspeisung ist nicht vorgesehen.

4.2 Vorgehen

Durch die Sanierung soll eingemischt genutztes Gebäude mit hohem Arbeits- und Lebensstandard entstehen, das einen möglichst hohen Effizienzstandard aufweist und das eine Erneuerbaren-Energien-Klasse (EE-Klasse) mit einem Anteil von mindestens 65 % erneuerbaren Energien erreicht. Die Herausforderungen hierbei sind vor allem der hohe thermische und elektrische Energiebedarf bei geringem Erzeugerpotential am und im Gebäude sowie die Erreichung des KfW 55 bzw. 40 Standards bei gegliederter Kubatur und Baujahr 1936.



Abbildung 1: Altes Verwaltungsgebäude mit den Gebäudeteilen A, B und C (von links)



Abbildung 2: Altes Verwaltungsgebäude mit den Gebäudeteilen A, B und C (von links)

Der Effizienzhausstandard 55 bildet für ein Gebäude dieser Altersklasse und komplexer Kubatur ein ambitioniertes Sanierungsziel. Die Ermittlung der dafür notwendigen Maßnahmen erfolgt über eine thermische Gebäudebilanzierung. Dazu wird zunächst der Ist-Zustand des Gebäudes erfasst. Dazu wird ein digitaler Zwilling erstellt, der alle energetisch relevanten Informationen wie die Kubatur, Flächen, Nutzungsarten, den Aufbau der begrenzenden opaken und transparenten Bauteile sowie die Anlagentechnik enthält. Mittels Simulation kann der Energiebedarf des Gebäudes in seinem Ist-Zustand ausgewiesen werden. Das alte Verwaltungsgebäude gehört zu den energetisch schlechtesten Gebäuden in Deutschland.

Dennoch kann mit passgenauen Maßnahmen das gesteckte Ziel EH 55 erreicht werden. Dazu können verschiedene Bausteine eingesetzt werden: die Ertüchtigung der thermischen Gebäudehülle (opake und transparente Bauteile), die Senkung des Primärenergiebedarfs durch den Einsatz von Energieträgern mit niedrigem Primärenergiefaktor, eine effiziente Verteilung von Wärme und Kälte im Gebäude mit möglichst niedrigem Temperaturniveau, die Nutzung erneuerbarer Energien wie Umweltwärme (Außenluft, Solarthermie, Geothermie) und PV-Strom sowie sommerlicher Wärmeschutz.

4.2.1 Thermische Gebäudehülle

Die thermische Hülle des alten Verwaltungsgebäudes erstreckt sich über die drei Gebäudeteile A, B und C mit unterschiedlicher Geschossigkeit, teilweiser Unterkellerung und Überhang. Aufgrund der gegliederten Kubatur, teilweiser Unterkellerung und teilweisem Ausbau des Dachgeschosses, musste für jede Nutzungseinheit ein individuelles und praktisch umsetzbares Maßnahmenpaket für die Ertüchtigung der thermischen Hülle ausgearbeitet werden. Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus Sand- und Bimsstein und wurden größtenteils mittels Wärmedämmverbundsystem von außen gedämmt. Ein Teil von Gebäudeteil A konnte aufgrund einer erhaltenswerten Sandsteinverkleidung der Fassade nur von innen gedämmt werden. Um dabei die Wahrscheinlichkeit von Feuchteschäden durch Tauwasserausfall zwischen Innendämmung und Außenwand zu minimieren, wurde eine hygrothermische Simulation durchgeführt. Im Rahmen dieser wurden verschiedene Varianten und Wandaufbauten mit Innendämmung hinsichtlich des Feuchteverhaltens simuliert. Im vorliegenden Fall fiel die Entscheidung aufgrund vorhandener Kompetenzen in der Bauherrenschaft auf eine Trockenbau Vorsatzschale mit Mineralwolle. Eine feuchtevariable Dampfbremse reguliert die Feuchteabgabe nach außen. Da die Dichtigkeit der Dampfbremse essentiell ist, schützt eine vorgesetzte Installationsebene diese vor Verletzungen. So können Elektroinstallationen auch ohne luftdichte Unterputzdosen und Steckdosen erfolgen. Auch der untere und obere Gebäudeabschluss wurden energetisch ertüchtigt: Dämmung der Bodenplatte gegen Erdreich von oben, Dämmung der Kellerdecke und des Überhangs von unten, Dämmung der obersten Geschossdecke gegen unbeheizten Dachraum, Dämmung des ausgebauten Daches gegen Außenluft.

Die Fenster wurden in dreifach verglaste Modelle mit außenliegender Jalousie getauscht. Durch die Ertüchtigung der thermischen Hülle kann der Transmissionswärmeverlust im Wohngebäudebereich von ca. 860 MWh/a auf ca. 168 MWh/a gesenkt werden. Das entspricht einer Reduktion um ca. 80 %. Im Nichtwohnbereich liegt die Einsparung ebenfalls bei über 80%.

Tabelle 1: U-Werte der thermischen Gebäudehülle vor und nach Sanierung

	U-Wert [W/m²K]			
	vorher		nachher	
	WG	NWG	WG	NWG
<i>obere Abgrenzung</i>	1,82	1,33	0,15	0,21
<i>seitliche Abgrenzung</i>	1,73	2,01	0,18	0,33
<i>untere Abgrenzung</i>	0,83	2,54	0,17	0,23
<i>Fenster/Türen</i>	2,70	2,71	1,06	0,92

4.2.2 Primärenergie und Anlagentechnik

Neben der Gebäudehülle bestimmt auch der Bedarf an Primärenergie maßgeblich den Effizienzhausstandard. Der Primärenergiebedarf ergibt sich aus der Anlagentechnik und den eingesetzten Energieträgern. Je umweltfreundlicher der Energieträger desto niedriger ist der Primärenergiefaktor. Neben diesem Faktor ist auch der Anteil an erneuerbaren Energien bei der Wärme- und Kälteerzeugung entscheidend. So gilt nicht nur im GEG sondern auch bei der KfW die Anforderung, dass für die EE-Klasse mindestens 65 % der Energie zum Heizen und Kühlen aus Erneuerbaren Energien stammen. Da die gebäudespezifischen Potentiale zur erneuerbaren Energieerzeugung am und im alten Verwaltungsgebäude gering sind, wurden Energiequellen in räumlicher Nähe aktiviert. Hierzu zählt bspw. die Nutzung des Rücklaufs (Temperaturniveau bei 55°C) des städtischen Fernwärmenetzes zur Beheizung. Dessen Primärenergiefaktor ist mit 0,30 zwar sehr niedrig, allerdings liegt der Erneuerbare-Energien-Anteil nach eigener Angabe bei lediglich 27 % und ist damit nicht ausreichend für die Einhaltung der Vorgaben. Zur Unterstützung wurde eine Außenluft-Wärmepumpe in das Konzept integriert, welche gleichzeitig eine aktive Kühlung der Räumlichkeiten ermöglicht. Die Wärmeverteilung erfolgt über Flächenheizungen, die Erhöhung des Fernwärmeverlaufs von 55°C auf 65°C Trinkwarmwassertemperatur erfolgt dezentral über Durchlauferhitzer und wird über die PV-Anlagen unterstützt. Durch die geringe Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Endtemperatur fungieren die vergleichsweise ineffizienten Durchlauferhitzer als Spitzenlastzeuger und der Energieeinsatz kann deutlich reduziert werden. Eine PV-Optimierung ist gerade ein der Entwicklung. Der Einsatz wird kommunikativ vorbereitet, um zukünftig Überschussstrom aus den PV-Anlagen thermisch speichern zu können.

4.2.3 PV-Anlagen

Um den Nutzungsanteil erneuerbarer Energien durch Eigenerzeugung und -verbrauch zu steigern, werden PV-Anlagen genutzt. Die Gesamtleistung der installierten PV-Anlagen zur Eigenstromerzeugung liegt bei ca. 135 kWp. Die PV-Anlagen sind in die Dachflächen der Gebäudeteile A und C, in die Fassade von Gebäudeteil C und in die Lichtkuppeln der Garage integriert. Des Weiteren wird die Garagenfläche mittels Kombination aus PV und bienenfreundlichem Gründach ausgeführt. Das unterstützt die Retentionswirkung der Dachfläche, erzeugt ca. 70 MWh PV-Strom pro Jahr und unterstützt das Gelände im Bereich Biodiversität sowie bei der Verbesserung des Quartiersklimas.



Abbildung 3: Dachintegrierte rote PV-Anlagen



Abbildung 4: Dach- und Fassadenintegrierte rote PV-Anlagen



Abbildung 5: Dach- und Fassadenintegrierte rote PV-Anlagen

In die Entwicklung des ehemaligen Pfaff-Geländes ist auch der Gestaltungsbeirat der Stadt Kaiserslautern involviert. Dieser hat hierfür ein einzuhaltendes Farbkonzept verabschiedet, welches unter anderem das für das Quartier typische „Pfaff Rot“ beinhaltet. Daher wurden auch die Module in Dach und Fassade farblich angepasst und rot beschichtet. Die Fassadenanlage wurde hinterdämmt sowie hinterlüftet und bildet eine Ebene mit der gedämmten und verputzten Außenwand. Es waren besondere Auflagen hinsichtlich des Brandschutzes sowie der Standsicherheit einzuhalten, denen man in Abstimmung mit den städtischen Akteuren gerecht werden konnte.

Für die Lichtkuppeln der Garage wurde eine eigene Lösung entwickelt, um gleichzeitig zur Energieerzeugung mit semitransparenten PV-Modulen auch eine Tageslichtversorgung herzustellen. Module, die als Überdachung oder in Fassaden genutzt werden sollen, benötigen eine bauaufsichtliche Zulassung für die Montage über Kopf, eine sogenannte Überkopfzulassung. Diese stellt die Durchdringungsfestigkeit und die Tragfähigkeit der Module fest, die als harte Dacheindeckung dienen sollen.

Die PV-Lichtkuppeln nutzen zudem einen direkten Synergieeffekt mit dem darunter liegenden Ladepark in der Garage. Hier wird eine zukunftsfähige mobile Speicherlösung als E-Mobility-Hub ausgebaut

werden, sodass die parkenden Elektroautos zukünftig als Energiespeicher für das Gebäude fungieren können. Leider existieren noch politischen Hürden aus dem EnWG (Energiewirtschaftsgesetz), so dass wir die Infrastruktur bereits vorbereitet haben und hoffen kurzfristig in Betrieb gehen zu können. So kann das Gebäude bereits jetzt innerstädtische Lademöglichkeiten für E-Autos bereitstellen. Die E-Fahrzeuge können somit auch während des Parkens genutzt werden. Ein Auto steht bei durchschnittlichem Nutzerverhalten ca. 23 Stunden pro Tag. In dieser Zeit können die bi-direktionalen (aktuell noch uni-direktional) E-Fahrzeuge als Pufferspeicher die Auswirkungen der Überproduktion aus erneuerbaren Energien am Tag und der Lastspitzen am Morgen und am Abend durch eine kontrollierte Belastung abmildern. Die Fahrzeuge erfüllen somit eine netzdienliche Funktion und demonstrieren einen sektorübergreifenden Lösungsansatz zur Erhöhung des Eigenstromverbrauchs der Hausenergieversorgung. Des Weiteren werden Lastmanagementsysteme in der Praxis erprobt, um die zur Verfügung stehende Hausanschlussleistung nicht zu überschreiten.



Abbildung 6: Semitransparente Lichtkuppeln auf der Garage



Abbildung 7: Semitransparente Lichtkuppeln auf der Garage

Durch den Eigenstromanteil aller auf und am Gebäude installierten PV-Anlagen von etwa 50 % kann jährlich eine Energiemenge von ca. 68 MWh eingespart werden. Durch die Einbindung des Lastmanagements für die Ladestationen (Elektromobilität) und der Kälteerzeugung kann der Anteil auf über 95 % (ca. 125MWh) erhöht werden. Vor diesem Hintergrund ergibt sich für die Installation der ursprünglich angedachten stationären Li-Ionen Batterie kein Potential. Stattdessen wurden die Ladepunkte für bidirektionales Laden vorbereitet.

4.2.4 Raumklima und Wohnkomfort

Um das Gebäude zu belüften, wurde eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebracht. Die Pendellüfter sind in die gedämmten Rollladenkästen der Fenster integriert. Eine Einheit besteht aus jeweils zwei Lüftern, die in einem definierten Zeitintervall die Richtung des Luftstroms wechseln – also pendeln. Mittels einer Schnittstelle können dort auch Raumklimadaten wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt abgegriffen und an eine Regelung übertragen werden. Im Rahmen der Planung wurde eine Bemessung der Luftwechselraten erstellt sowie ein Lüftungskonzept für die Wohn- und Gewerbeeinheiten erarbeitet.

Im Gebäude entstehen auch mit Smart Home ausgestattete Musterwohnungen für altersgerechtes Wohnen. Das alltägliche Leben soll durch die Technik erleichtert und sicherer gemacht werden. Die Sensorik soll neben den Standard Smart-Home Anwendungen beispielsweise Stürze erkennen und Kontaktpersonen informieren können sowie die Kommunikation mit Rettungskräften vereinfachen. Ziel ist es ein altersgerechtes aber angstfreies sowie selbstbestimmtes Leben führen zu können. Bei einer Übertragung auf andere Quartiere kann hier ein nicht zu vernachlässigender Beitrag zur Entlastung der Pflegenden sowie der Pflegeeinrichtungen erreicht werden.

4.2.5 Sommerlicher Wärmeschutz

Durch die global steigenden Temperaturen wird zukünftig deutlich mehr Kälte erzeugt werden müssen, um die Innenraumtemperaturen auf einem erträglichen Niveau halten zu können. Zur Reduktion der notwendigen Kühllasten ist ein außenliegender sommerlicher Wärmeschutz unabdinglich. Im alten Verwaltungsgebäude wurde eine Einzelraumsimulation durchgeführt, um den notwendigen sommerlichen Wärmeschutz raumweise verorten zu können. Zusätzlich wurde eine aktive Klimatisierung installiert. Diese wird durch die Kombination aus PV-Energie und Hocheffizienzwärmepumpe kostengünstige Kälte über die solaren Überschüsse in den Sommermonaten bereitstellen.

4.3 Ergebnisse

Insgesamt können im Wohngebäudeteil durch die Sanierung jährlich ca. 130t CO₂ eingespart werden. Im Nichtwohngebäudeteil liegt die Reduktion bei einer CO₂-Einsparung von ca. 62 t/a. Das entspricht einer Gesamteinsparung von 200t CO₂ pro Jahr. Durch die durchgeführten Maßnahmen wurde der Primärenergieverbrauch des alten Verwaltungsgebäudes um ca. 80 % reduziert. So entsteht aus einem Sanierungsfall ein Hocheffizienzgebäude, das Wohn- und Arbeitsraum für ein nachhaltiges sowie generationenübergreifendes Miteinander schafft.

Durch die Mehrfachnutzung von Flächen sowie der Kombination verschiedener Erzeuger- und Einsparpotentiale werden der Energiebedarf und damit die zukünftigen Betriebskosten zuverlässig minimiert.

4.4 Erkenntnisse

Rückblickend hat das Vorhaben deutlich gemacht, dass bereits in der Phase der Grundlagenermittlung und Entwurfsplanung ein ganzheitlicher Ansatz zur Zielerreichung verfolgt werden muss. Dazu zählt insbesondere eine fundierte wirtschaftliche Betrachtung unter Einbeziehung der jeweils aktuellen Fördermittellandschaft sowie der damit verbundenen technischen Mindestanforderungen. Ebenso essenziell ist das frühzeitige Einbinden von Entscheider:innen und Investor:innen, die sich bewusst für

nachhaltige Lösungen engagieren. Nur durch deren langfristiges Commitment kann ein Projekt strategisch sinnvoll entwickelt und umgesetzt werden.

Aus planerischer Sicht hat sich gezeigt, dass eine fachliche Begleitung über alle Projektphasen hinweg unerlässlich ist – insbesondere, um technische Details, Schnittstellen und Abstimmungen zwischen den Beteiligten präzise zu klären und reibungslose Abläufe sicherzustellen.

Vorausschauend belegt das Projekt „Altes Verwaltungsgebäude“ eindrucksvoll das enorme Potenzial von Bestandsgebäuden. Die Sanierung bestehender Gebäudestrukturen – auch komplexer Kubaturen – ist möglich, sofern erfahrene und kompetente Partner an der Seite stehen. Diese Potenziale zu aktivieren, schafft ökologische wie wirtschaftliche Mehrwerte für sämtliche Interessensgruppen und sollte auch künftig eine hohe Priorität genießen.

Nicht zuletzt verlangt das Erreichen ambitionierter Zielsetzungen auch kreative, unkonventionelle Lösungen. Dazu zählen beispielsweise Sonderbaulösungen wie farblich angepasste PV-Anlagen, die sich gestalterisch in das Stadtbild einfügen, Tageslichtsysteme über Lichtkuppeln oder die gezielte Ergänzung von Anlagentechnik zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien.

5 AP 2.2.3 Sanierung denkmalgeschützter Gebäude (Neues Verwaltungsgebäude)

5.1 Motivation/Zielsetzung

Das Ziel des APs ist die Ertüchtigung der denkmalgeschützten Gebäude auf ein Niveau, das die Klimaneutralität des Pfaff-Quartiers ermöglicht. Daher müssen diese Gebäude so effizient wie möglich saniert und die Wärmeübertragung an die Räume mit möglichst niedriger Vorlauftemperatur erfolgen. Des Weiteren soll die in einzelnen Gebäudeabschnitten benötigte Kühlung energieeffizient betrieben werden. Auch hierfür sind flächige Wärmeentzugstechnologien vorteilhaft.

Um die Einbindung der denkmalgeschützten Gebäude in das energieeffiziente Quartier zu erreichen, müssen technische Konzepte für die Gebäude entworfen, deren Implementierung (auch mit Begleitung in der Bauphase) und Messung im Betrieb erfolgen. Für die Optimierung ist dann eine Auswertung der Messungen und eine Anpassung und Abstimmung der technischen Gebäudeausstattung nötig. Begleitend wird ein umfangreiches Monitoring durchgeführt.

5.2 Vorgehen

Die Anforderung ist die Sanierung zu einem modernen medizinischen Versorgungszentrum mit möglichst hohem Energieeffizienzstandard. Die zentrale Herausforderung ergibt sich aus dem Erhalt des historischen Erscheinungsbilds – eine Anforderung des Denkmalschutzes, die mit den technischen Notwendigkeiten eines modernen medizinischen Versorgungsbetriebs in Einklang gebracht werden musste. Hinzu kommt ein hoher thermischer und elektrischer Energiebedarf, der für den reibungslosen Betrieb der medizinischen Infrastruktur unabdingbar ist. Gleichzeitig ist das Erzeugungspotenzial für Eigenenergie aufgrund der baulichen Gegebenheiten und den denkmalpflegerischen Vorgaben stark eingeschränkt. Darüber hinaus war eine dauerhaft stabile Spannungsqualität sicherzustellen, da zahlreiche medizinische Geräte im MVZ äußerst empfindlich auf Spannungsschwankungen reagieren.



Abbildung 8: Neues Verwaltungsgebäude



Abbildung 9: Neues Verwaltungsgebäude mit Innenhof

Der Effizienzhausstandard 70 bildet für ein denkmalgeschütztes Gebäude aus dem Baujahr 1957 und Kubatur mit Innenhof ein ambitioniertes Sanierungsziel. Die Ermittlung der dafür notwendigen Maßnahmen erfolgt über eine thermische Gebäudebilanzierung. Dazu wird zunächst der Ist-Zustand des Gebäudes erfasst. Dazu wird ein digitaler Zwilling erstellt, der alle energetisch relevanten Informationen wie die Kubatur, Flächen, Nutzungsarten, den Aufbau der begrenzenden opaken und transparenten Bauteile sowie die Anlagentechnik enthält. Mittels Simulation kann der Energiebedarf des Gebäudes in seinem Ist-Zustand ausgewiesen werden. Das neue Verwaltungsgebäude gehört zu den energetisch schlechtesten Gebäuden in Deutschland.

Dennoch kann mit passgenauen Maßnahmen das gesteckte Ziel EH 70 erreicht werden. Dazu können verschiedene Bausteine eingesetzt werden: das Ausreizen der architektonischen Möglichkeiten, die Ertüchtigung der thermischen Gebäudehülle (opake und transparente Bauteile), die Senkung des Primärenergiebedarfs durch den Einsatz von Energieträgern mit niedrigem Primärenergiefaktor, eine effiziente Verteilung von Wärme und Kälte im Gebäude mit möglichst niedrigem Temperaturniveau, die Nutzung erneuerbarer Energien wie Umweltwärme (Außenluft, Solarthermie, Geothermie) und PV-Strom sowie sommerlicher Wärmeschutz.

5.2.1 Thermische Gebäudehülle

Die Gebäudekubatur mit Innenhof führt zu einer besonders großen thermischen Hüllfläche, was sich unmittelbar auf den Heiz- und Kühlbedarf auswirkt. Eine zusätzliche Herausforderung ergibt sich durch die denkmalgeschützte Fassade: Eine außenseitige Dämmung ist nicht zulässig, wodurch alternative Dämmstrategien innerhalb der Gebäudehülle notwendig werden. Ebenso muss der Austausch der Fenster unter Berücksichtigung des historischen Erscheinungsbilds erfolgen, was die Auswahl geeigneter, energetisch optimierter Fensterlösungen einschränkt. Aufgrund des Fassadenschutzes ist keine klassische Außenverschattung möglich. Dies erschwert die sommerliche Wärmeregulierung zusätzlich und erfordert alternative Lösungen, um den thermischen Komfort sicherzustellen.

Um die thermische Außenhülle zu verkleinern, wurden die architektonischen Möglichkeiten ausgereizt. Der ehemals offene Innenhof wurde mit einem Glasdach abgedeckt, das von Brettsperrholzträgern getragen wird. Dadurch wurde die Gebäudehüllfläche gegen die Außenluft deutlich verkleinert und das Gebäude kompakter. Diese Maßnahme reduziert die Wärmeverluste erheblich, da der Innenhof nun eine thermische Pufferzone darstellt. Das Glasdach ermöglicht weiterhin eine natürliche Belichtung der zum Atrium orientierten Räume, so dass kein zusätzlicher Bedarf an künstlicher Beleuchtung entsteht.

Das Gebäude wurde in holzbauweise aufgestockt, um die Dämmung des Dachgeschosses herzustellen. Eine Außendämmung der Klinkerfassade war aufgrund des Denkmalschutzes nicht möglich. Deshalb wurde bei den Außenbauteilen eine Innendämmung mit Holzfaserplatten und Dämmputz eingesetzt. Um dabei die Wahrscheinlichkeit von Feuchteschäden durch Tauwasserausfall zwischen Innendämmung und Außenwand zu minimieren, wurde eine hygrothermische Simulation durchgeführt. Holzfaserplatten bieten gute Dämmeigenschaften und sind diffusionsoffen, was die Feuchtigkeitsregulierung im Gebäudeinneren unterstützt und für ein angenehmes Raumklima sorgt. Der Anschluss an die Fenster wurde mit einem speziellen Wärmedämmputz hergestellt, dessen Lambda-Wert an den der Holzfaserdämmplatten heranreicht. Auch der untere Gebäudeabschluss wurde energetisch ertüchtigt: Dämmung der Bodenplatte gegen Erdreich von oben, Dämmung der Kellerdecke von unten.



Abbildung 10: MVZ mit überdachtem Innenhof

Einen Schwerpunkt bildete die Untersuchung verschiedener Verglasungsvarianten für das neue Verwaltungsgebäude im Pfaff-Quartier. Im Rahmen der Sanierung sollte das Gebäude ursprünglich mit elektrochromer Verglasung ausgestattet werden. Im Verlauf des Planungsprozesses zeigte sich jedoch, dass die vom Denkmalamt geforderte Fensterform (zweiflügelig, mit schmalen Rahmen) mit diesem Glastype nicht umgesetzt werden konnte. Von Seiten der zukünftigen Mieter wurden zudem Bedenken bzgl. der Färbung des einfallenden Tageslichts durch die getönten Scheiben geäußert. Aufgrund dieser Entwicklung wurden alternative Lösungen für die Verglasung des neuen Verwaltungsgebäudes untersucht. Als Kriterien wurden hierbei neben den Anforderungen des Denkmalschutzes der sommerliche und winterliche Wärmeschutz, der Schallschutz und die Ökobilanz einbezogen. Der sommerliche Wärmeschutz ist bei diesem Gebäude aufgrund des hohen Fensterflächenanteils von besonderer Bedeutung. Aber auch beim winterlichen Wärmeschutz bestehen in Folge des angestrebten Energiestandards KfW 70 hohe Anforderungen an die Verglasung. Mit einer Bahnlinie in direkter Nachbarschaft und der medizinischen Nutzung des Gebäudes muss die Verglasung zudem einen effektiven Schallschutz gewährleisten. Die Verglasung soll zudem eine möglichst positive Ökobilanz aufweisen.

In Zusammenarbeit mit der Firma Becker wurde ein Fenster entwickelt, das alle aufgeführten Anforderungen erfüllt. Es handelt sich um ein Holzintegralfenster mit 4 Glasscheiben und einer Jalousie im äußersten Scheibenzwischenraum. Durch die Jalousie kann die direkte Sonneneinstrahlung stark reduziert und damit ein effektiver sommerlicher Wärmeschutz realisiert werden. Aufgrund ihrer unauffälligen Positionierung im Scheibenzwischenraum ist sie mit den Anforderungen des Denkmalschutzes vereinbar. Die Lamellen der Jalousie ermöglichen zudem eine gezielte Tageslichtlenkung und in der Folge eine Absenkung des Kunstlichtbedarfs. Mit insgesamt 4 Glasscheiben (die äußerste Glasscheibe ist hinterlüftet), Krypton-Füllungen der Scheibenzwischenräume und speziellen Wärmeschutzbeschichtungen liefert das Fenster einen sehr guten U-Wert ($0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$) und damit einen entscheidenden Beitrag zur Erfüllung der KfW 70 Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle. Die Bauform „Integralfenster“ erfüllt die von Seiten des Denkmalsamts gestellten Anforderungen an das äußere Erscheinungsbild der Fenster. Bei dieser Bauform verschmelzen der äußere Fensterrahmen und der innere Flügelrahmen zu einer optischen Einheit. Mit der resultierenden schlanken Rahmenoptik ähneln die Fenster den in den 1950er Jahren ursprünglich verbauten Modellen. Der Rahmen des Integralfensters der Firma Becker wird vollständig aus Holz gefertigt, eine Seltenheit bei Integralfenstern. Für den Witterungsschutz werden Holzintegralfenster im Regelfall mit einer Aluminiumblende ausgestattet. Durch Einsatz einer innovativen Multiholzkante kann beim Modell von Becker darauf verzichtet und damit Außenoptik und Ökobilanz entscheidend verbessert werden.



Abbildung 11: Beispielbild Holzfenster mit Zwischenscheibenjalousie

Die Auswirkungen des Rahmenmaterials wurden mit einer vergleichenden Ökobilanz in den Wirkungskategorien „Globales Erwärmungspotential“, „Versauerungspotential“, „Einsatz von Süßwasserressourcen“ und „Nicht erneuerbarer Primärenergieeinsatz“ untersucht. In allen vier Wirkungskategorien zeigen sich klare Vorteile für den Fensterflügelrahmen aus Holz gegenüber von Aluminium und Kunststoff (PVC). Besonders ausgeprägt sind diese Vorteile in den Wirkungskategorien „Globales Erwärmungspotential“ und „Nicht erneuerbarer Primärenergieeinsatz“.

5.2.2 Primärenergie und Anlagentechnik

Neben der Gebäudehülle bestimmt auch der Bedarf an Primärenergie maßgeblich den Effizienzhausstandard. Der Primärenergiebedarf ergibt sich aus der Anlagentechnik und den eingesetzten Energieträgern. Je umweltfreundlicher der Energieträger desto niedriger ist der Primärenergiefaktor.

Zur fundierten Einschätzung der energetischen Situation des MVZ wurde eine umfassende Energiebilanz für den elektrischen und thermischen Energiebedarf erstellt. Die Bedarfswerte wurden auf Basis realer Verbrauchsdaten vergleichbarer Objekte ermittelt. Ergänzend dazu erfolgte eine Lastganganalyse, um den Energieverbrauch einzelnen Zeitfenstern zuzuordnen und somit potenzielle Lastspitzen sowie Möglichkeiten zur Eigenstromnutzung gezielt zu identifizieren. Parallel wurde eine Potenzialanalyse für lokale Energieerzeugung durchgeführt.

Auf Gebäudeebene zeigen sich die Potenziale zur Energieerzeugung jedoch als äußerst begrenzt, was eine besondere Herausforderung darstellt. Um die Anforderungen des KfW-Effizienzstandards dennoch

erreichen zu können, ist es erforderlich, emissionsfreie und lokal verfügbare Energieträger zu aktivieren und sinnvoll in das Versorgungskonzept zu integrieren.

Im Umfeld des Gebäudes konnten mehrere externe Quellen mit hohem energetischem Potenzial identifiziert werden:

- Stromerzeugung aus dem benachbarten Parkhaus durch PV-Anlagen
- Einbindung in das Hochtemperatur-Wärmenetz der Stadtwerke SWK, um den Wärmebedarf im Winter abzudecken (Primärenergiefaktor 0,30)
- Kälteerzeugung im Sommer über Kompressionskältemaschinen mittels Überschussstrom aus der PV-Anlage. Die Abwärme der Kältemaschinen wird ins Quartiers-Wärmenetz eingespeist.

5.2.3 PV-Anlagen

Zur Stromerzeugung für das MVZ wurde auf dem Dach des benachbarten Holz-MVZ-Parkhaus eine PV-Anlage mit Modulreihen in Ost-West-Ausrichtung installiert. Die elektrische Leistung beträgt 280 kWp, der erwartete jährliche Stromertrag liegt bei etwa 300 MWh. Um den am Parkhaus erzeugten Solarstrom im MVZ, auf dem aufgrund des Denkmalschutzes keine PV-Anlagen installiert werden können, nutzen zu können, wurden die beiden Gebäude durch eine Kundenanlage nach §3 Nr. 24a EnWG verbunden (früher Arealnetz genannt). Dies bedeutet, dass dieses Stromnetz von den Gebäudeeigentümern selbst installiert und betrieben wird. So kann der Solarstrom vom Nachbargebäude ohne Netzgebühren und Steuern kostengünstig als Eigenstrom genutzt werden. Der Anschluss zum Netz der allgemeinen Versorgung erfolgt durch einen regelbaren Ortsnetztrafo.



Abbildung 12: PV-Anlage MVZ-Parkhaus, ca. 280 kWp

Durch die PV-Anlage kann ohne Optimierungsmaßnahmen pro Jahr eine Energiemenge von über 200.000 kWh direkt im MVZ verbraucht werden. Das liegt maßgeblich an der Integration der Kälteanlage mit 840 kW Kälteleistung. Mit Integration des Lastmanagement zur Einbindung der Elektromobilitätsladestationen sowie der regelbaren Kälteerzeuger kann der Anteil auf mehr als 95 % erhöht werden. Das entspricht einer Energiemenge von ca. 280.000 kWh/a und 121 tCO₂/a.

5.2.4 Raumklima und Wohnkomfort

Die Wärmeverteilung erfolgt über Klimadecken. Klimadecken stellen ein flächenaktives System zur thermischen Raumkonditionierung dar, das sowohl zur Heizung als auch zur Kühlung eingesetzt werden

kann. Sie basieren auf wasserführenden Rohrleitungen, die in abgehängte Decken integriert sind. Durch den Einsatz von Strahlungsaustausch anstelle konvektiver Luftbewegung ermöglichen Klimadecken eine gleichmäßige Temperaturverteilung und ein besonders behagliches Raumklima. Herausforderungen bestehen insbesondere in der Vermeidung von Kondensation im Kühlbetrieb, was eine präzise Regelung der Vorlauftemperatur und eine kontinuierliche Raumlufüberwachung erfordert.

5.2.5 Sommerlicher Wärmeschutz

Im Rahmen der sommerlichen Wärmeschutzstrategie kommt der Wahl des Verschattungssystems eine zentrale Bedeutung zu. Der thermische Eintrag durch solare Strahlung kann maßgeblich reduziert werden, wenn geeignete Maßnahmen bereits vor dem Eindringen der Strahlung in das Gebäude greifen. In diesem Zusammenhang wurden drei gängige Systeme hinsichtlich ihrer Wirkungsweise, bauphysikalischen Effizienz und praktischen Umsetzbarkeit untersucht: Innenjalousien, Jalousien im Scheibenzwischenraum (SZR) und Außenjalousien (z. B. Raffstores).

Für eine wirksame Reduktion des sommerlichen Wärmeeintrags sind außenliegende Verschattungssysteme wo möglich aus bauphysikalischer Sicht zu bevorzugen. Innenliegende Systeme können ergänzend eingesetzt werden, bieten jedoch keinen ausreichenden thermischen Schutz. Jalousien im Scheibenzwischenraum stellen eine technisch elegante, aber kostenintensive Zwischenlösung dar, die sich insbesondere für hygienisch sensible Bereiche und im Denkmalschutz anbietet, vgl. Abbildung 13.

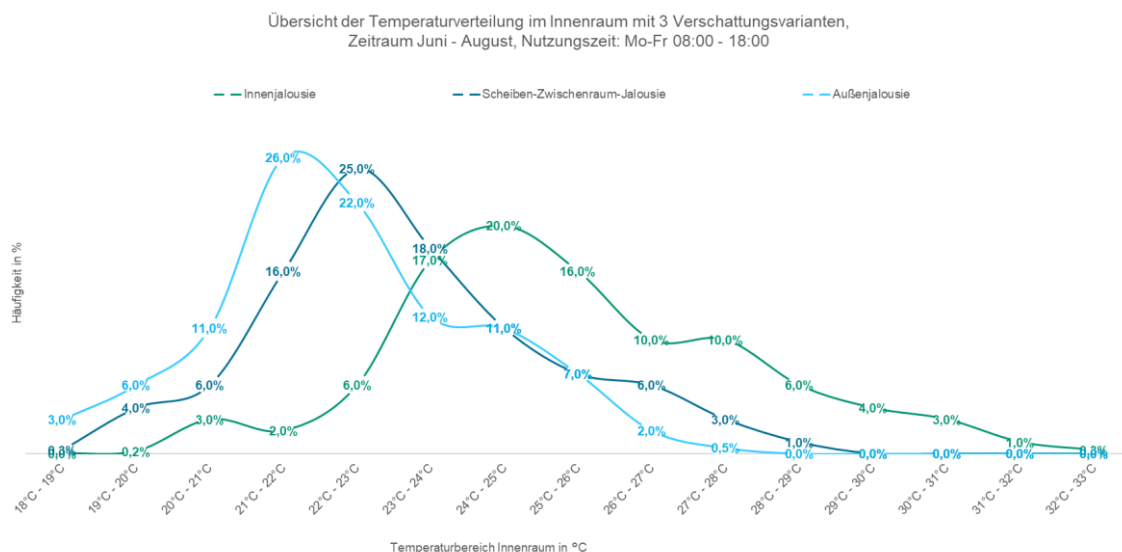


Abbildung 13: Übersicht der Temperaturverteilung im Innenraum mit 3 Verschattungsvarianten

Ein effektiver sommerlicher Wärmeschutz erfordert zudem die automatisierte Regelung der Jalousie im Scheibenzwischenraum. Im Fall des neuen Verwaltungsgebäudes soll die Regelung die Multifunktionalität des Fassadensystems berücksichtigen. Dies erfordert die synchrone Optimierung von Sonnenschutz, Blendschutz und Tageslichtnutzung.

5.3 Ergebnisse

Der unter Denkmalschutz stehende ehemalige Verwaltungsbau aus dem Jahr 1958, konnte durch einen Mix von verschiedenen Maßnahmen auf den KfW EH 70 Standard saniert werden. Insgesamt können

durch die Sanierung jährlich ca. 596 tCO₂ eingespart werden. Durch die durchgeführten Maßnahmen wurde der Primärenergieverbrauch des neuen Verwaltungsgebäudes um ca. 33 % reduziert.

Durch Holzintegralfenster konnte ein wirksamer sommerlicher Wärmeschutz ohne außenliegende Jalousien und eine hohe Effizienz der Verglasung erreicht werden. Die schmalen Fensterrahmen entsprechen dem historischen Vorbild, so dass der Denkmalschutz auch diesbezüglich gewährleistet ist. Darüber hinaus wurde mit den Holzrahmen eine ökologisch vorteilhafte Lösung gewählt.

Die Wärmeversorgung erfolgt aus der städtischen Fernwärme, die Kälteversorgung aus eigenen Kompressionskältemaschinen. Die Stromeigenversorgung mit Solarstrom erfolgt durch PV-Anlagen auf dem Nebengebäude, da beide Gebäude über ein eigenes Stromnetz verbunden sind (Kundenanlage nach §3 Nr. 23a EnWG).

5.4 Erkenntnisse

Rückblickend hat das Vorhaben deutlich gemacht, dass bereits in der Phase der Grundlagenermittlung und Entwurfsplanung ein ganzheitlicher Ansatz zur Zielerreichung verfolgt werden muss. Dazu zählt insbesondere eine fundierte wirtschaftliche Betrachtung unter Einbeziehung der jeweils aktuellen Fördermittellandschaft sowie der damit verbundenen technischen Mindestanforderungen. Ebenso essenziell ist das frühzeitige Einbinden von Entscheider:innen und Investor:innen, die sich bewusst für nachhaltige Lösungen engagieren. Nur durch deren langfristiges Commitment kann ein Projekt strategisch sinnvoll entwickelt und umgesetzt werden.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass eine fachliche Begleitung über alle Projektphasen hinweg unerlässlich ist – insbesondere, um technische Details, Schnittstellen und Abstimmungen zwischen den Beteiligten präzise zu klären und reibungslose Abläufe sicherzustellen.

Vorausschauend belegt das Projekt „Neues Verwaltungsgebäude“ eindrucksvoll das enorme Potenzial von denkmalgeschützten Gebäuden. Die Sanierung bestehender Gebäudestrukturen – auch komplexer Kubaturen – ist möglich, sofern erfahrene und kompetente Partner an der Seite stehen. Diese Potenziale zu aktivieren, schafft ökologische wie wirtschaftliche Mehrwerte für sämtliche Interessensgruppen und sollte auch künftig eine hohe Priorität genießen.

Nicht zuletzt verlangt das Erreichen ambitionierter Zielsetzungen auch kreative, unkonventionelle Lösungen. Dazu zählen beispielsweise Sonderbaulösungen wie das Glasdach des Innenhofs sowie die vierfach verglasten Holzintegralfenster mit Zwischenscheibenjalousie, die sich gestalterisch in das Gebäude einfügen oder die Schaffung eines Arealkontext zur Nutzung von lokalem PV-Strom.

6 AP 3.1 Smarte Stromnetzkomponenten und E-Mobil-Ladesäulen

6.1 Motivation/Zielsetzung

Das Arbeitspaket 3.1 verfolgt zwei zentrale Ziele. Zum einen soll gezeigt und analysiert werden, wie durch den Einsatz eines regelbaren Ortsnetztransformators (RONT) und einer Großbatterie die Stromversorgung des medizinischen Versorgungszentrums innerhalb eines Quartiers stabilisiert werden kann. Dabei liegt der Fokus auf der Integration einer leistungsstarken, aber fluktuierenden Photovoltaikanlage mit etwa 280 kWp sowie auf der Bewältigung von Lastspitzen, wie sie durch drei Schnellladesäulen für Elektromobilität entstehen. Unterstützt durch ein entsprechendes Energiemanagementsystem soll zudem demonstriert werden, dass selbst höchste Anforderungen an die Stromqualität erfüllt werden können.

Zum anderen untersucht das Arbeitspaket, welchen Beitrag smarte elektrische Betriebsmittel auf der Seite großer Stromverbraucher zur Stabilisierung des gesamten Quartiersenergiesystems leisten können. Es wird erörtert, ob solche netzdienlichen Komponenten – unabhängig davon, ob sie vor oder hinter dem Stromzähler des Kunden installiert sind – sinnvoller beim Endverbraucher selbst oder auf Quartiersebene zum Einsatz kommen sollten. Dabei erfolgt die Betrachtung sowohl aus technischer Sicht, etwa in Bezug auf die Stromnetzqualität, als auch aus ökonomischer und geschäftsmodellbezogener Perspektive.

6.2 Vorgehen

Zu Beginn des Arbeitspakets wurden detaillierte Analysen der energetischen Bedarfe und Potenziale des Medizinischen Versorgungszentrums (MVZ) sowie des angrenzenden Parkhauses durchgeführt. Ein eigens entwickeltes Energieflussdiagramm bildete die bekannten Energieflüsse und Leistungen übersichtlich ab. Es diente der Identifikation von Schnittstellen für Mess- und Kommunikationstechnik sowie als übergreifende Arbeitsgrundlage für den weiteren Projektverlauf.

Die Analyse zeigte ein klares Ungleichgewicht: Das MVZ weist einen hohen Strombedarf bei gleichzeitig begrenztem Potenzial zur Eigenstromerzeugung auf. Im Gegensatz dazu bietet das Parkhaus erhebliche Möglichkeiten zur Stromproduktion mittels Photovoltaik bei geringem Eigenverbrauch.

Aus der Analyse wurde die Strategie abgeleitet, das Parkhaus als Stromerzeuger für das MVZ zu nutzen. Gemeinsam mit den Stadtwerken Kaiserslautern (SWK) wurde ein quartiersübergreifendes Arealnetz entwickelt, das die im Parkhaus erzeugte Energie bereitstellt. Ein eigens entwickelter „MVZ-Tarif“ ermöglicht die direkte energetische Kopplung zwischen Erzeuger- und Verbrauchseinheiten.

Auf Basis des makro- und mikroskopisch aufgebauten Energieflussmodells konnte ein eichrechtskonformes Messkonzept umgesetzt werden, mit dem sich ein Nutzungsanteil des PV-Stroms von über 95 % im MVZ realisieren lässt.

Die Integration klassischer Smart-Home-Technologien im MVZ wurde verworfen. Der medizinische Betrieb unterliegt strengen regulatorischen Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf Patientensicherheit und Datenschutz. Smart-Home-Systeme können diese Anforderungen nicht zuverlässig erfüllen. Stattdessen wurden für das MVZ netzdienliche Komponenten auf Quartiersebene

priorisiert. So wurden unter anderem ein Lademanagementsystem für die Elektromobilitätsstationen sowie regelbare Kälteerzeuger in das Energiegesamtkonzept eingebunden.

Zur Absicherung der Netzqualität, insbesondere bei der Einspeisung großer Mengen dezentral erzeugter Energie, wurde ein regelbarer Ortsnetztransformator (RONT) installiert. Dieses Betriebsmittel ermöglicht eine bedarfsgerechte Spannungsanpassung und gewährleistet somit die Stabilität im lokalen Stromnetz.

Im Rahmen der Detailplanung wurde die Wirtschaftlichkeit und Effektivität der ursprünglich vorgesehenen Hybrid-Großbatterie überprüft. Simulationen ergaben, dass sich ohne Batterie bereits eine Eigenstromnutzung von rund 95 % erzielen lässt. Eine Eigenstromoptimierung der PV-Anlagen wurde über ein Lastmanagement der großen Verbraucher Kältemaschinen (2x430 kW), der Wärmepumpe für den Kopfbau und der E-Mobilitäts-Ladesäulen im Parkhaus (10 x 22 kW) realisiert. Durch eine intelligente Steuerung wird der Eigenstrom kosten- und ressourceneffizient erhöht. Der verbleibende Überschuss an nicht genutztem Strom betrug unter 5 %, weshalb der Einsatz einer Großbatterie als energetisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll bewertet wurde. Statt der Großbatterie wurde das Alte Verwaltungsgebäude mit smarter Messtechnik ausgestattet, um Technologieakzeptanz und Auswirkungen auf die Lebensqualität im Quartier zu untersuchen.

Für die Garage des Alten Verwaltungsgebäudes wurde eine zukunftsfähige, mobile Speicherlösung vorbereitet. Geplant ist ein E-Mobility-Hub, bei dem Elektrofahrzeuge als dezentrale Energiespeicher für das Gebäude genutzt werden. Die 10 Ladepunkte wurden für bidirektionales Laden vorbereitet.

Bereits vor Inbetriebnahme konnte das Gebäude innerstädtische Lademöglichkeiten für E-Autos bereitstellen und in das Monitoringkonzept integrieren. Mithilfe eines nachhaltigen Flottenmanagements sollen Lastspitzen durch unkoordiniertes Laden vermieden werden. Ein intelligentes Energiemanagementsystem verknüpft Ladepark, PV-Anlagen und Gebäudelast. Die Ladestationen werden gezielt angesteuert und idealerweise mit selbst erzeugtem Solarstrom vom Garagendach mit Biodiversitätsfunktion versorgt.

6.3 Ergebnisse

Die beiden regelbaren Ortsnetztransformatoren (RONT) wurden in Q3/2023 installiert und steuerungstechnisch eingebunden, vgl. folgende Abbildung.



Abbildung 14: Regelbarer Ortsnetztransformator MVZ

Auch die PV-Anlage (Abbildung 1) auf der Dachfläche des MVZ-Parkhauses mit einer Leistung von ca. 280 kWp wurde installiert. Hier lagen die Herausforderungen vor allem bei den Themen Brandschutz, Betriebskonzept und die Möglichkeit zum bidirektionalen Laden.



Abbildung 15: PV-Anlage MVZ Parkhaus

Hinsichtlich der Schnellladesäulen hat es sich auf Basis der Detailplanung ergeben, dass die Schnellladesäulen anstatt von der Palatina Wohnbau GmbH von der SWK Kaiserslautern installiert und betrieben werden.

Der Einsatz einer Großbatterie erwies sich als energetisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll. Stattdessen wurde das Alte Verwaltungsgebäude mit smarter Messtechnik ausgestattet, um Technologieakzeptanz und Auswirkungen auf die Lebensqualität im Quartier zu untersuchen.

Für die Garage des Alten Verwaltungsgebäudes wurde eine zukunftsfähige, mobile Speicherlösung vorbereitet. Geplant ist ein E-Mobility-Hub, bei dem Elektrofahrzeuge als dezentrale Energiespeicher für das Gebäude genutzt werden. Die 22 Ladepunkte wurden für bidirektionales Laden vorbereitet.

6.4 Erkenntnisse

Das Arbeitspaket 3.1 erwies sich insgesamt als äußerst komplex. Neben infrastrukturellen Voraussetzungen mussten auch baurechtliche, brandschutztechnische und betriebswirtschaftliche Fragestellungen neu gedacht und in umsetzbare Konzepte überführt werden.

Es hat sich gezeigt, dass eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Gebäudeeinheiten erforderlich ist. Die Nutzungsszenarien müssen jeweils durch spezifische Lastgangsimulationen abgebildet werden, um belastbare Grundlagen für die Planung und Auslegung smarter Netzkomponenten zu schaffen.

Für die Erfassung und Steuerung der unterschiedlichen Energieerzeuger und Verbrauchslasten sind benutzerspezifische Messkonzepte notwendig. Diese müssen in Abstimmung mit dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen entwickelt und auf ihre praktische Umsetzbarkeit hin überprüft werden.

Dabei ist die jeweils aktuelle gesetzliche Lage (z. B. EEG, EnWG) zu berücksichtigen. Gesetzesänderungen können sich dabei sowohl förderlich als auch hemmend auf die langfristige Umsetzung von Quartierskonzepten auswirken.

Besonderes Augenmerk liegt auf dem Themenfeld Datenschutz und IT-Infrastruktur. Die Systeme müssen in der Lage sein, alle relevanten Daten sicher zu erfassen, zu übertragen und zu verarbeiten.

Da sich im Verlauf der Planung und Umsetzung mitunter Standorte, Leitungswege und Datenverarbeitungszentralen verändern, entstehen fortlaufend neue Anforderungen an die Systemarchitektur und den Datenschutz. Dies macht eine kontinuierliche Anpassung technischer und organisatorischer Maßnahmen erforderlich.