

Demo light Impact-Monitoring und messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Gebäuden

DeLight Monitoring

P. Lampersberger, M. Wedam

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

10/2021

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 Michael Paula

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/>

Demo light Impact-Monitoring und messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Gebäuden

DeLight Monitoring

DI (FH) Paul Lampersberger, DI Walter Hüttler, DI (FH) Manuel Krempf,
DI (FH) Johannes Rammerstorfer, Alina Stipsits BSc, Andreas Bauer BSc
e7 Energie Markt Analyse GmbH

DI Michael Wedam
EUDT Energie und Umweltdatentreuhand GmbH

Wien, Jänner 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

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 von allen betroffenen Bereichen 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 AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	9
2	Abstract	11
3	Ausgangslage und Projektinhalt	13
3.1	Ausgangslage	13
3.2	Übersicht der Demonstrationsgebäude.....	13
3.3	Methodische Vorgehensweise.....	16
3.4	Beschreibung der Energiekennzahlen	19
4	Monitoring-Ergebnisse	21
4.1	Übersicht der Gebäudeergebnisse	21
4.2	Energiekennzahlen und -Komfortbedingungen nach Nutzungsart	24
4.2.1	Gebäudekategorie „Großvolumige Wohngebäude“	24
4.2.2	Gebäudekategorie „Krankenhaus“	25
4.2.3	Gebäudekategorie „Bürogebäude“	27
4.3	Wohnprojekt Wien	29
4.3.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	30
4.3.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	30
4.3.3	Energietechnische Kenngrößen.....	31
4.3.4	Energie-Nachfragestruktur	33
4.3.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	36
4.3.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	37
4.3.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	40
4.3.8	Optimierungspotentiale	42
4.3.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	44
4.4	Passivhaus Wohnhaus St. Paulus	46
4.4.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	47
4.4.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	47
4.4.3	Energietechnische Kenngrößen.....	48
4.4.4	Energie-Nachfragestruktur	50
4.4.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	53
4.4.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	54
4.4.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	56
4.4.8	Optimierungspotentiale	57
4.4.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	59
4.5	Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1	60
4.5.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	61
4.5.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	61

4.5.3	Energietechnische Kenngrößen.....	62
4.5.4	Energie-Nachfragestruktur	64
4.5.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	67
4.5.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	68
4.5.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	71
4.5.8	Optimierungspotentiale	73
4.5.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	75
4.6	Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4.....	76
4.6.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	77
4.6.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	77
4.6.3	Energietechnische Kenngrößen.....	78
4.6.4	Energie-Nachfragestruktur	79
4.6.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	82
4.6.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	83
4.6.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	85
4.6.8	Optimierungspotentiale	87
4.6.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	88
4.7	Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 (KHW)	89
4.7.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	90
4.7.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	90
4.7.3	Energietechnische Kenngrößen.....	91
4.7.4	Energie-Nachfragestruktur	93
4.7.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	96
4.7.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	97
4.7.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	99
4.7.8	Optimierungspotentiale	102
4.7.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	104
4.8	St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West).....	105
4.8.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	106
4.8.2	Gebäudetechnik und Messkonzept.....	106
4.8.3	Energietechnische Kenngrößen.....	107
4.8.4	Energie-Nachfragestruktur	109
4.8.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	113
4.8.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring.....	114
4.8.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	116
4.8.8	Optimierungspotentiale	117
4.8.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	119
4.9	Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf.....	121
4.9.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	122

4.9.2	Gebäudetechnik und Messkonzept	122
4.9.3	Energietechnische Kenngrößen	124
4.9.4	Energie-Nachfragestruktur	125
4.9.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	128
4.9.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring	129
4.9.7	Objektspezifische Schwerpunkt-Themen	133
4.9.8	Optimierungspotentiale	136
4.9.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	136
4.10	Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung.....	138
4.10.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	139
4.10.2	Gebäudetechnik und Messkonzept	139
4.10.3	Energietechnische Kenngrößen	140
4.10.4	Energie-Nachfragestruktur	142
4.10.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	146
4.10.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring	147
4.10.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	148
4.10.8	Optimierungspotentiale	150
4.10.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	151
4.11	AK-Bildungshaus Jägermayrhof	152
4.11.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	153
4.11.2	Gebäudetechnik und Messkonzept	153
4.11.3	Energietechnische Kenngrößen	154
4.11.4	Energie-Nachfragestruktur	156
4.11.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	160
4.11.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring	161
4.11.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	162
4.11.8	Auffälligkeiten und Optimierungspotentiale.....	164
4.11.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	165
4.12	Kindergarten St. Paulus.....	166
4.12.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	167
4.12.2	Gebäudetechnik und Messkonzept	167
4.12.3	Energietechnische Kenngrößen	168
4.12.4	Energie-Nachfragestruktur	170
4.12.5	Ergebnisse Energiemonitoring.....	172
4.12.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring	173
4.12.7	Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema.....	175
4.12.8	Optimierungspotentiale	178
4.12.9	Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen.....	179
4.13	Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft.....	180

4.13.1	Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion	181
4.13.2	Gebäudetechnik und Messkonzept	181
4.13.3	Energetechnische Kenngrößen	182
4.13.4	Energie-Nachfragestruktur	185
4.13.5	Ergebnisse Energiemonitoring	189
4.13.6	Komfort- und CO ₂ -Monitoring	191
4.13.7	Optimierungspotentiale	192
4.13.8	Erfahrungen der GebäudenutzerInnen und soziale Wirkungen.....	193
5	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	194
5.1	Schlussfolgerungen aus dem Monitoring von 11 innovativen Gebäuden	194
5.2	Empfehlungen für einen energieeffizienten Anlagen- und Gebäudebetrieb – multiplizierbare Optimierungspotenziale.....	195
5.2.1	Heizung und Warmwasserbereitung	195
5.2.2	Kühlung.....	196
5.2.3	Raumluftechnik	197
5.2.4	Steigerung der Energieeffizienz und des Raumkomforts durch NutzerInnen-Sensibilisierung	198
5.2.5	Beleuchtung.....	199
5.2.6	Eigenstromnutzung von Photovoltaikanlagen.....	199
5.2.7	Frostschutzeinrichtungen im Außenbereich	199
6	Verzeichnisse.....	200
7	Anhang.....	211
7.1	Data Management Plan (DMP)	211

1 Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Hochmoderne, energieeffiziente Gebäude müssen sich hohen ökologischen und energietechnischen Anforderungen stellen. Ein wesentliches Argument für die Ausführung eines Energieverbrauchsmonitorings stellt die Möglichkeit dar, die energietechnische Performance eines Gebäudes beurteilen zu können. Häufig werden in der Praxis Abweichungen zwischen Planung und Realbetrieb zu Lasten von Betriebskosten und Umweltwirkung festgestellt. Jedoch wird Monitoring meist nur bei innovativen Gebäuden oder geförderten Objekten mit Monitoring als Förderaufgabe umgesetzt. Vereinzelt statten Bauträger ihren Gebäudebestand mit Zählerinfrastruktur aus, um durch Fernzugriff eine zeitnahe Fehlererkennung zu gewährleisten. Komplexere Gebäude mit Gebäudeautomatisierung verfügen meist über die Möglichkeit der Datenaufzeichnung von Zählpunkten oder Messfühlern, eine kontinuierliche Auswertung der Energienachfrage ist jedoch nur selten Stand der Technik.

Inhalte und Zielsetzungen

Die Erfahrung aus einer Vielzahl vorangegangener Forschungs- und Beratungsprojekten zeigt, dass die Möglichkeit für ein Monitoring vielfach gegeben ist, die Umsetzung und kontinuierliche Auswertung jedoch nur vereinzelt erfolgt. Das DeLight Monitoring Projekt hat die Zielsetzung sowohl Gebäude aus dem Dienstleistungssektor (Büro-, Bildungs-, Sport-, Pflege- und Krankenhauseinrichtungen) als auch großvolumige Wohngebäude mittels Monitoring den Energieverbrauch und Komfortparameter zu untersuchen und aufzuzeigen, welche Optimierungspotenziale für den laufenden Betrieb aber auch für künftige neue Bauvorhaben daraus ableitbar sind. Die 11 Monitoring-Objekte aus Österreich umfassen Gebäude mit energietechnischen Standards wie Passivhäuser, Plus-Energie-Gebäude, Low-Tech-Gebäude und hocheffiziente Sanierungen.

Methodische Vorgehensweise

In allen Gebäuden wurden über einen Zeitraum von mindestens zwölf Monaten die Energiemengen für die Bereitstellung und Verteilung von Heizungswärme, Warmwasser und Kälte, der Stromverbrauch inkl. vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie (z.B. Strom aus PV-Anlagen oder Wärme aus Solarthermie-Anlagen) nach einem detaillierten Messkonzept erfasst. Ebenfalls wurden die Komfortparameter Temperatur, relative Feuchte und CO₂-Konzentration der Raumluft in ausgewählten Referenzräumen gemessen. Die viertelstündliche Erfassung der Messdaten und deren Validierung erfolgten mit einer professionellen webbasierten Hard- und Softwarelösung. Die webbasierte Monitoring-Plattform ermöglichte auch die Verwendung durch Gebäudeeigentümer bzw. –Betreiber, um mit dieser Möglichkeit die Vorteile eines automatisierten Controllinginstruments für die energie- und kosteneffiziente Betriebsführung der energietechnischen Ausstattung erkennen zu können.

Übergeordnetes Ziel des Projekts war die Auswertung und Interpretation der Monitoringdaten. Zum einen kamen standardisierte Auswertemethoden der Monitoringsoftware zur Anwendung, zum anderen wurde auf spezialisierte e7-Auswertungstools zurückgegriffen. Es wurden Vergleiche zwischen Plan- und Ist-Verbräuchen angestellt und Analysen zu festgestellten Abweichungen

vorgenommen. Darüber hinaus wurde je Objekt ein objektspezifisches Schwerpunktthema definiert und anhand der Monitoringdaten detailliert analysiert. Die Ausarbeitung von Optimierungsmaßnahmen erfolgte auf Basis der Monitoringergebnisse in enger Zusammenarbeit mit Gebäudeeigentümern bzw. -Betreibern. Ebenso erfolgte die Erhebung der sozialen Wirkungen zu innovativer Gebäudetechnik sowie Monitoringinfrastruktur im Austausch mit den verantwortlichen Personen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das gegenständliche Projekt verdeutlicht, dass für innovative Gebäude, bei denen oftmals eine hohe Komplexität der Haustechnik vorliegt, ein Monitoring von Energieverbräuchen und Komfortparametern hohe Relevanz hat. Es ermöglicht den Energieverbrauch im Gebäude bestimmten Regelungseinstellungen aber auch einem speziellen Nutzerverhalten zuzuordnen, Störungen rasch zu orten und ggf. mit Maßnahmen beim Anlagenbetrieb oder dem NutzerInnenverhalten gegenzusteuern.

Zudem wurden im Zuge dieses Projekts eine Vielzahl von Optimierungspotenzialen erkannt. Als Hilfestellung zur Steigerung der Energieeffizienz im Anlagen- und Gebäudebetrieb bei Bestandsgebäuden und zukünftigen Bauvorhaben wurden die relevanten Optimierungspotenziale in einer übersichtlichen Darstellung für die Zielgruppen GebäudeerrichterInnen, PlanerInnen, aber auch GebäudebetreiberInnen zusammengefasst.

Ausblick

Das Monitoring von Energie- und Komfortparameter erweist sich als ein ideales Instrument für die Überwachung des Regelbetriebs von Gebäuden. Die Empfehlung lautet daher, dass bei jedem künftigen großvolumigen Neubau- und Sanierungsprojekt zumindest eine Grundausstattung an Monitoringinfrastruktur realisiert werden sollte und die damit erfassten Daten während des Gebäudebetriebs in regelmäßigen Intervallen analysiert werden sollten.

2 Abstract

Initial situation/Motivation

Innovative, energy-efficient buildings have to meet high ecological and energy-technical standards. An essential advantage of energy consumption monitoring is the possibility to compare the energy performance of a building. In reality, deviations between planning and actual operation are commonly found, to the detriment of operating costs and environmental impact. However, monitoring is usually only implemented in innovative buildings or properties that only implement monitoring to receive funding. Occasionally, builders equip their building stock with a meter infrastructure to ensure timely fault detection through remote access. More complex buildings with building automation usually have the option of recording data from metering points or sensors, but continuous evaluation of energy demand is rarely state of the art.

Project contents and objectives

The experience from a multitude of previous research and consulting projects shows that the possibility for monitoring is often given, but the implementation and continuous evaluation is only done occasionally. The DeLight monitoring project aims to investigate the energy consumption and comfort parameters of buildings in the service sector (office, educational, sports, care and hospital facilities) as well as large-volume residential buildings by means of monitoring. The aim is to show which optimisation potentials can be derived from this for the ongoing building projects but also for new projects in the future. The 11 monitoring objects from Austria include buildings with energy standards such as passive houses, plus-energy buildings, low-tech buildings and highly efficient renovations.

Methodical procedure

In all buildings, the energy quantities for the provision and distribution of heating, hot water and cooling, the electricity consumption including on-site generated renewable energy (e.g. electricity from PV systems or heat from solar thermal systems) were recorded over a period of at least twelve months according to a detailed measurement concept. The comfort parameters temperature, relative humidity and CO₂ concentration of the indoor air were also measured in selected reference rooms. The quarter-hourly recording of the measurement data and its validation were carried out with a professional web-based hardware and software solution. The web-based monitoring platform also enabled the use by building owners or operators to realise the benefits of an automated controlling tool for the energy- and cost-efficient operational management of the energy-technical equipment.

The overall objective of the project was the evaluation and interpretation of the monitoring data. On the one hand, standardised evaluation methods of the monitoring software were used, on the other hand, specialised e7 evaluation tools were applied. Comparisons were made between planned and actual consumption and analyses were also carried out to determine deviations. In addition, an objective-specific focus topic was defined for each object and analysed in detail based on the monitoring data. Optimisation measures were developed on the basis of the monitoring results in tight cooperation with building owners and operators. Likewise, the social impacts of innovative

building technology and monitoring infrastructure were determined in an exchange with the responsible stakeholders.

Results and conclusions

This project shows that the monitoring of energy consumption and comfort parameters is highly relevant for innovative buildings, which often have extremely complex building services. It makes it possible to assign the energy consumption in the building to specific control settings but also to specific user behaviour, to locate errors quickly and, if necessary, to undertake interventions in the system operation or user behaviour.

In addition, a large number of optimisation potentials were identified in the process of this project. To support the increase of energy efficiency in system and building operation in existing buildings and future building projects, the relevant optimisation potentials were summarised in a clear presentation for the target groups of building designers, planners and building operators.

Outlook

The monitoring of energy and comfort parameters proves to be an ideal instrument for monitoring the regular operation of buildings. The recommendation is that in any large-scale construction project and refurbishment project in the future, at least a basic set of monitoring infrastructure should be implemented and the data collected with it should be analysed at periodic intervals during the building's operation.

3 Ausgangslage und Projektinhalt

3.1 Ausgangslage

Das Projekt „Demo light Impact-Monitoring und messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Gebäuden“ wurde im Rahmen der 5. Ausschreibung Stadt der Zukunft als FuE-Dienstleistung unter dem gleichnamigen Titel ausgeschrieben. Die Zielvorgabe lag darin, kürzlich errichtete bzw. sanierte österreichische Gebäude mit moderner und energieeffizienter Ausführung messtechnisch zu untersuchen und aus den Erfahrungen zu lernen. Die Ergebnisse sollen zugänglich gemacht werden, um für künftige Bauvorhaben das vorhandene Optimierungspotenzial in energetischer, ökologischer und sozialer Hinsicht besser zu nutzen.

Erfahrungen zeigen, dass der Stellenwert, den Monitoring für einen optimalen Gebäudebetrieb hat, von den GebäudeerrichterInnen und -betreiberInnen noch nicht hinreichend bekannt und ein systematisches Monitoring in der Immobilienwirtschaft daher noch nicht durchgehend übliche Praxis ist. Im Rahmen dieses FuE-Projekts wurde somit mit folgenden Inhalten der bedeutende Nutzen von Monitoringaktivitäten an die relevanten Zielgruppen und die Öffentlichkeit herangebracht:

- Durchführung messtechnischer Untersuchung zu Energieverbrauch und Komfortparametern von 11 innovativen, energieeffizienten Objekten. Dabei wurden die qualitativen Standards der bisherigen Begleituntersuchungen von Demonstrationsbauten übernommen.
- Aufzeigen vorhandener Optimierungspotenziale der untersuchten Objekte in energietechnischer, ökologischer und sozialer Hinsicht in Zusammenarbeit mit den GebäudeeigentümerInnen und -BetreiberInnen
- Dissemination der Ergebnisse in einheitlicher Struktur, um den Energieverbrauch und Komfort innovativer Gebäude aufzuzeigen und zu vergleichen
- Aufbereitung von Empfehlungen für zukünftige GebäudeerrichterInnen und PlanerInnen
- Sensibilisierung der Öffentlichkeit (BewohnerInnen, NutzerInnen) für das Thema Monitoring

3.2 Übersicht der Demonstrationsgebäude

Für das DeLight Monitoringprojekt wurden insgesamt 11 innovative, energieeffiziente Demonstrationsgebäude ausgewählt, die auch für die Öffentlichkeit von Interesse sind.

Die finale Gebäudeauswahl erfolgte in Abstimmung mit dem Programmmanagement Stadt der Zukunft, wobei hier auf den Innovationscharakter und unterschiedliche Nutzungsarten der Demoobjekte Wert gelegt wurde. Darüber hinaus war auch eine gute österreichweite Verteilung der Demoobjekte von Bedeutung.

Die 11 Demonstrationsobjekte umfassten sowohl Gebäude aus dem **Dienstleistungssektor (Büro-, Schul-, Sport-, Pflege- und Krankenhauseinrichtungen)** als auch **großvolumige Wohngebäude**. Die unterschiedlichen energietechnischen Standards wie Passivhaus, Plus-Energie- und Low-Tech-Standard sowie hocheffiziente Sanierungen spiegeln die Vielfalt von innovativen Gebäuden wider.

Tabelle 1: Überblick Demonstrationsgebäude

Objekt	Wohnprojekt Wien	Passivhaus Wohnhaus St. Paulus	Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabs. 1	Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4	Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabs. 2 (KHW)	St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West)
Abbildung (Quellen siehe Objektkapitel)						
Nutzungsart	Wohnobjekt mit Gewerbeflächen	Wohnnutzung	Wohnnutzung (Senioren, Studenten, Wohnungen)	Seniorenwohnhaus	Krankenhaus mit Medizintechnik	Krankenhaus, Stations- und Bettentrakt
Eigentümer	Verein für nachhaltiges Leben	Neue Heimat Tirol Gemeinn. WohnungsGmbH	ENW Gemeinnützige Wohnungsges. m.b.H.	Stadt Salzburg	Tirol Kliniken GmbH	St. Josef Krankenhaus GmbH
Standort	Krakauer Straße 19/45, 1020 Wien	Reichenauer-Straße 74, 6020 Innsbruck	Klosterwiesgasse 101a/b und 103 a/b, 8010 Graz	Schopperstraße 17, 5020 Salzburg	Anichstraße 35, 6020 Innsbruck	Auhofstraße 189, 1130 Wien
Innovative Aspekte und Auszeichnungen	- Cohousing Wohnprojekt im Niedrigstenergie-Standard - 39 Wohnungen und Gewerbe im EG & 1.OG. - Div. Auszeichnungen: z.B. Lebenszyklus-Award 2016, Staatspreis Architektur u. Nachhaltigkeit 2014, Umweltpreis d. Stadt Wien	- 10-stöckiges Passivhaus - 70 Mietwohnungen u.a. mit „betreutem Wohnen“ - klimaaktiv Bronze	- Das Wohnhaus gliedert sich in 149 Standard- Wohnungen, 90 Studentenheim-Plätze u. 21 Seniorenwohnungen - Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit 2012	- Hoher Wohnkomfort für insgesamt 60 BewohnerInnen - Intelligente Raumaufteilung mit gemeinschaftlichen Wohn- /Essbereichen - Konzept für optimierte Tageslichtnutzung - klimaaktiv Silber	- Herzzentrum: 74 Betten - Kinderzentrum: 142 Betten - Zusätzlich: Therapeutische Einrichtungen, Kindergarten, großer Hörsaal - Gute natürliche Belichtung - Koordinierte Nutzung medizinischer Großtechnologien	- Massivbau in Passivhaus- Energistandard - Überwiegend Stations- und Bettzimmer, 136 Betten - Gute natürliche Belichtung - Bauteilaktivierung der Zwischendecken für Kühlung der Patientenzimmer (eigener Kühlkreis je Zimmer)
Zusammenfassung Energiekonzept	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Zentrale Warmwasserbereitung - Brunnenwasser-Kühlung in Kombination mit zentraler Wohnraumlüftung - Photovoltaik-Anlage	- Wärmeversorgung durch Fernwärme und Solarthermie-Anlage - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraum- lüftungsanlagen	- Wärmeversorgung durch Fernwärme und Solarthermie-Großanlage - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraum- lüftungsanlagen	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraumlüftungsanlagen - Photovoltaik-Anlage	- Groß-Wärmepumpen für Wärme und Kälte mit Nutzung von Brunnenwasser und Abwärme - Fernwärme für Hochtemperatur - Kälteversorgung mit mehrstufiger Nutzung von Brunnen-Kühlwasser	- Bauteilaktivierung in Kombination mit Wärmepumpe für Wärme und Kälte inkl. Geothermiespeicher - Getrenntes Heizsystem: Hochtemp. (Gaskessel) und Niedertemperatur mit Wärmepumpe
Konditionierte Brutto- Grundfläche (BGF) [m²]	6.071	6.110	19.911	4.326	27.758	7.987

Objekt	Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf	Plusenergie Sporthalle Lieferung Salzburg	AK-Bildungshaus Jägermayrhof	Kindergarten St. Paulus	Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft
Abbildung (Quellen siehe Objektkapitel)					
Nutzungsart	Büro Verwaltung	Sporthalle	Bildungshaus, Hotel, Großküche	Kindergarten	Büro Verwaltung
Eigentümer	Land Oberösterreich	Stadt Salzburg	AK OÖ Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich	Neue Heimat Tirol Gemeinn. WohnungsGmbH	Bundesimmobiliengesellschaft m.b.H.
Standort	Garnisonstraße 3, 4560 Kirchdorf an der Krems	Josef-Brandstätter-Straße 9, 5020 Salzburg	Römerstraße 98, 4020 Linz	Reichenauer-Straße 72, 6020 Innsbruck	Trabrennstraße 2c, 1020 Wien (Viertel Zwei)
Innovative Aspekte und Auszeichnungen	<ul style="list-style-type: none"> - Bürogebäude nach Low-Tech-Ansatz - Innovatives Lüftungs- und Free-Cooling-Konzept - Keine aktive Kühlung für Büroflächen - Sonnenschutz mit manuell verschiebbaren Fensterläden 	<ul style="list-style-type: none"> - Erste Plusenergie Multifunktions-Sporthalle Österreichs - Vollsolare Beheizung - Licht-/Wärme-geregelte Beschattung - Energieüberschüsse versorgen Nachbargebäude - klimaaktiv Gold - Energy Globe 	<ul style="list-style-type: none"> - Muster-Sanierungsobjekt - Hocheffiziente Sanierung eines historischen Gebäudes - 100% erneuerbare Energieträger: Solarthermie und Photovoltaik-Anlage, reversible Luftwärmepumpe, Pelletskessel und Ökostrom-Bezug 	<ul style="list-style-type: none"> - Zweistöckiges Bauwerk mit Low-Tech-Konzept im Niedrigenergiestandard - Keine mechanische Belüftung - Fensterlüftungskonzept - klimaaktiv Bronze 	<ul style="list-style-type: none"> - Achtstöckiges Bauwerk im Niedrigenergiestandard - Umfassende Energiemonitoring-Infrastruktur in Verbindung mit innovativer Gebäudeleittechnik - ÖGNI Platin
Zusammenfassung Energiekonzept	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale Warmwasserbereitung über Frischwassermodule - Automatische Freie Kühlung über Fenster - Photovoltaikanlage 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmeversorgung: Solarthermie-Anlage kombiniert mit thermisch aktivierter Bodenplatte, Wasser/Wasser-Wärmepumpe u. Abwasser-Wärmerückgewinnung - Photovoltaik-Anlage - Fenster-Lüftungskonzept 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmeversorgung durch Pelletskessel, Solarthermie-Anlage und reversible Luft-Wärmepumpe - Zentrale Warmwasserbereitung - Photovoltaik-Anlage - Zentrale Lüftungsanlagen - Kältemaschine 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale elektrische Warmwasserbereitung - Fensterlüftungskonzept per automatischer Fensterschaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaschonende Wärme und Kälte vom Kraftwerk Kriean - Schmutzwasserenergie wird im Kraftwerk genutzt - Vollkonditionierte Büroflächen per zentrale Lüftungsanlagen und Kühldecken bzw. Fan-Coils
Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m²]	3.623	4.610	4.147	999	10.600

Detail-Beschreibungen zu jedem Objekt befinden sich in der jeweiligen Gebäude-Ergebnisdarstellung im Abschnitt 4.

3.3 Methodische Vorgehensweise

Der Projektablauf erfolgte nach folgender methodischer Vorgehensweise:

1. Festlegung detaillierter Messkonzepte

Ausgehend von den relevanten Gebäudedaten wurden detaillierte Ausarbeitungen des jeweiligen Mess- und Datenübertragungssystems vorgenommen. Diese Ausarbeitungen lag ein einheitliches Basismesskonzept zugrunde, das für alle Demonstrationsobjekte herangezogen wurde (vgl. Tabelle 2). Die dafür erforderliche Gebäudedaten-Erhebung und Messtechnik-Konzeptionierung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den GebäudeeigentümerInnen bzw. -BetreiberInnen.

Tabelle 2: Einheitliches Basismesskonzept nach Stadt der Zukunft-Demoobjekt-Vertragsbeilage (Version September 2015)

<p>Messparameter</p> <ul style="list-style-type: none">• Energieverbräuche und Energieversorgung (Strom, Heizenergie, Warmwasser, Kälte) des Gebäudes, gegliedert nach Energieträgern und Nutzungen• Performanceparameter für einzelne innovative Elemente (z.B. Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen)• Quantitative Komfortparameter (Temperatur, Luftfeuchte, CO₂) in ausgewählten, repräsentativen Nutzungseinheiten• Außenlufttemperatur und Luftfeuchte am Standort
<p>Zeitliche Messgenauigkeit und Datenformat</p> <ul style="list-style-type: none">• Datenerfassung aller Messpunkte im 15-Minuten-Intervall über den Zeitraum von mind. 1 Betriebsjahr. Einzelne Messpunkte wurden in längerem Intervall (1-Stunden-Intervall) erfasst, vereinzelt wurde zusätzlich eine Ablesung von Abrechnungszählern des EVU vorgenommen• Messdaten wurden in einem offenen, technologieunabhängigen Format gespeichert
<p>Datenschutz</p> <ul style="list-style-type: none">• Datenübermittlung durch eine gesicherte Verbindung (https)• Externe Datenhaltung auf privaten Servern (BLUAUL Cloud) der Firma EUDT• Einholung der Zustimmung von der jeweiligen Gebäudeeigentümern für die Erfassung der festgelegten Datenpunkte und Veröffentlichung der Ergebnisdarstellungen per publizierbarem Endbericht• Rohdaten werden nicht an Drittpersonen, außerhalb des Projekts weiter gegeben

2. Installation und Inbetriebnahme der Messinfrastruktur

Die Installation der gesamten Messinfrastruktur erfolgte nach den festgelegten Messkonzepten. Bei bereits vorliegender Messinfrastruktur wurde diese ggf. ergänzt und vorhandene Datenschnittstellen für die Herstellung einer automatisierten Datenauslesung genutzt.

3. Monitoring – kontinuierliche Erfassung der Energieflüsse und Komfortparameter Auswertung

Durch das Monitoring- und Messsystem der Fa. EUDT erfolgte eine teilautomatisierte Datenvalidierung und laufende Beobachtung der Messdaten, sodass ein Datenarchiv auf Viertelstundenbasis gewährleistet werden konnte.

4. Bereitstellung der webbasierten Monitoring-Plattform zur Verwendung durch Gebäudeeigentümer bzw. –Betreiber

Zur Sammlung eigener Erfahrungen über die Gebäudeenergieflüsse und -Komfortbedingungen wurde die webbasierte Monitoring-Plattform für interessierte GebäudeeigentümerInnen bzw. BetreiberInnen freigeschaltet und ein Einführungs-Webinar abgehalten. Es wurde somit den GebäudeeigentümerInnen /-BetreiberInnen die Möglichkeit eröffnet, das System zu nutzen und die Vorteile eines automatisierten Controllinginstruments für die energie- und kosteneffiziente Betriebsführung der energietechnischen Ausstattung zu erkennen.

5. Auswertung und Interpretation der Monitoringdaten

Auswertung und Interpretation der Monitoringdaten: Gemessene Daten wurden unter Berücksichtigung der meteorologischen Daten der jeweiligen Gebäudestandorte und mit Hilfe von statistischen bzw. grafischen Methoden ausgewertet und interpretiert. Es kamen standardisierte Auswertemethoden der EUDT-Energiemonitoringsoftware¹ oder die von e7 mitentwickelte Energieeffizienz-Software yessa² zur Anwendung. Darüber hinaus wurde auf spezialisierte Auswertungstools von e7 zurückgegriffen (u.a. eigens entwickeltes Lastganganalyse-Tool für Strom und Wärme).



Abbildung 1: Logo der EUDT-Energiemonitoring-Software BLUAUL (Quelle: EUDT Energie und Umweltdatentreuhand GmbH)



Abbildung 2: Logo der Energieeffizienz-Software yessa (Quelle: Quarto Software GmbH)

Es wurden Vergleiche zwischen Plan- und Ist-Verbräuchen angestellt und Analysen zu festgestellten Abweichungen vorgenommen. Bei den Planwerten erfolgte meist eine Gegenüberstellung mit dem Gebäude-Energieausweis. Darüber hinaus wurde je Objekt ein objektspezifisches Schwerpunktthema definiert und anhand der Monitoringdaten detailliert analysiert.

Die Beurteilung des thermischen Komforts der Referenzräume erfolgte mittels Behaglichkeitskennfeldern (z.B. Behaglichkeitsfeld nach EN 13779, Behaglichkeitsfeld nach Leusden und Freymark) und Abgleich der erhobenen gebäudespezifischen Komfortbedingungen. Die

¹ EUDT-Energiemonitoringsoftware: <https://www.eudt.at/energiemanagement>

² Energieeffizienz-Software yessa: <https://yessa.io/>

Beurteilung der Raumluftqualität erfolgte anhand der gemessenen CO₂-Konzentration mit Hilfe von Box-Plot-Diagrammdarstellungen und detaillierten Trendreihenanalysen.

Ebenso wurden für jedes Objekt Verbrauchs-, Komfort- und Energieerzeuger-Benchmarks gebildet, welche als Vergleichskennzahlen zur Gegenüberstellung mit Kennzahlen anderer (ähnlicher) Gebäude oder auch zur Gegenüberstellung mit Kennwerten aus anderen Quellen (z.B. SIA Merkblatt 2024:2015, Ergebnisse aus Vorprojekten) dienen.

6. Ausarbeitung von objektspezifischen Optimierungsmaßnahmen und Erhebungen von sozialen Wirkungen von Energiemonitoring in Zusammenhang mit innovativer Gebäudetechnik

Aus den Analyseergebnissen wurden Optimierungspotenziale abgeleitet. Dies erfolgte in enger Abstimmung mit den GebäudeeigentümerInnen bzw. -BetreiberInnen per Web-Konferenzen. Die empfohlenen Optimierungsmaßnahmen wurden den GebäudeeigentümerInnen bzw. -BetreiberInnen erläutert und Umsetzungswege gemeinsam diskutiert. Ebenso erfolgte die Erhebung der sozialen Wirkungen zu innovativer Gebäudetechnik sowie Monitoringinfrastruktur im Austausch mit den verantwortlichen Personen.

7. Übersicht der Gebäude-Benchmarks

Ausgewählte Gebäude-Benchmarks aus dem Energieverbrauch- und Referenzraum-Monitoring wurden in einer Übersichtstabelle zusammengefasst. Anhand dieser Tabelle lassen sich die jeweiligen Ergebnisse gegenüberstellen und die Unterschiede zwischen den Verbrauchs- und Komfort-Kennzahlen auf einem Blick erkennen. Ebenso erfolgte eine Gegenüberstellung innerhalb der Gebäudekategorien und Darstellung der ermittelten Benchmark-Bandbreiten.

8. Empfehlungen für einen energieeffizienten Anlagen- und Gebäudebetrieb – multiplizierbare Optimierungspotenziale

Die objektspezifischen Optimierungspotenziale wurden zusammengefasst und nach Gewerken bzw. Anlagen gegliedert. Die übersichtliche Darstellung von Empfehlungen dient den Zielgruppen GebäudeerrichterInnen, PlanerInnen, aber auch GebäudebetreiberInnen als Hilfestellung zur Steigerung der Energieeffizienz im Anlagen- und Gebäudebetrieb bei Bestandsgebäuden und zukünftigen Bauvorhaben.

3.4 Beschreibung der Energiekennzahlen

Die Auswertung der Messdaten und Aufbereitung auf Basis von Energiekennzahlen erfolgte in Anlehnung an vorliegende Leitfäden (Wagner et al., 2011). Es wurden Energiebedarfs-Kennwerte aus dem jeweils vorliegendem Energieausweis (nach OIB RL6) für das Standortklima (SK) den Energieverbrauchs-Messwerten bzw. aus Messwerten berechneten Kennwerten gegenübergestellt. Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) der untersuchten Gebäude. Die Gegenüberstellung des Bedarfs laut Energieausweis und des gemessenen Verbrauchs in der jeweiligen Messperiode erfolgt für folgende Kennzahlen.

Bei den Gegenüberstellungen mit den Energieausweiswerten wird augenscheinlich, dass teils deutliche Abweichung zwischen den Energieauswerten und den tatsächlichen Verbräuchen auftreten. Hierzu ist anzumerken, dass alle Energieausweiswerte auf einem normierten BenutzerInnenverhalten basieren, das von der tatsächlichen Nutzung des Objekts abweichen kann. Weiters sind Abweichungen damit zu begründen, dass die Berechnungsgrundlagen für die Energieausweise auf der OIB-Richtlinie 6 mit den Ausgabejahren 2007 oder 2011 basieren und die zugrundeliegende Methode nach heutigem Wissensstand insbesondere für innovative Gebäude als unzureichend genau einzuordnen ist. Beispielsweise konnten einige beim Passivhaus angewandte Elemente mangels fehlender Methode keinen Eingang in die Energieausweis-Berechnung finden.

Tabelle 3: Energie-Kennzahlen für die Gegenüberstellung von Planwerten lt. OIB RL6 und Messwerten

Energiebedarfs-Kennwerte laut Energieausweis (OIB RL6, Standortklima)	Energieverbrauchs-Kennwerte aus dem Monitoring	Erläuterungen zur Berechnung
Heizenergiebedarf HEB [kWh/m ² a]	Heizenergieverbrauch [kWh/m ² a] Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a]	Heizenergiebedarf (OIB-RL 6, 2019): Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die <u>Verluste des gebäudetechnischen Systems</u> berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie. Die Kennzahl des Heizenergieverbrauchs beinhaltet dementsprechend die Verbräuche für Raumwärme, Warmwasserbereitung und allfällige Systemverluste. Witterungs-Bereinigung über die Heizgradtage (HGT). Die tatsächlichen HGT werden auf Basis der gemessenen mittleren Raumtemperatur der Referenzräume in der Heizperiode und der ermittelten Heizgrenztemperatur berechnet. Für die HGT-Berechnung wurden die gemessenen Außentemperaturen am Standort herangezogen.
Warmwasserwärmebedarf WWWB [kWh/m ² a]	Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste) [kWh/m ² a]	Der WWWB (OIB-RL 6, 2019) ist in Abhängigkeit der Gebäudekategorie als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Der Warmwasserverbrauch beinhaltet Speicher- und Verteilverluste und ist daher

		<p>mit dem WWWB meist nicht direkt vergleichbar.</p> <p>In einigen Objekten wird das Warmwasser dezentral elektrisch bereitgestellt. Wenn die dafür hervorgerufenen Strommengen nicht erfasst werden konnten, wird der Warmwasserverbrauch nicht angeführt.</p>
Kühlenergiebedarf KEB [kWh/m ² a]	Kühlenergieverbrauch [kWh/m ² a]	Beim Kühlenergiebedarf KEB (OIB-RL 6, 2019) werden zusätzlich zum Kühlbedarf die Verluste des Kühlsystems und der Kältebereitstellung berücksichtigt. Die Kennzahl des Kühlenergieverbrauchs beinhaltet dementsprechend die Verbräuche für Kühlzwecke und allfällige Systemverluste.
Keine Angabe im Energieausweis	Gesamt-Stromverbrauch [kWh/m ² a]	Summe aller Stromverbräuche des Objekts In Abhängigkeit der Monitoringinfrastruktur wurden die Stromverbräuche nach Verbrauchsgruppen gegliedert.
Endenergiebedarf EEB [kWh/m ² a]	Endenergieverbrauch [kWh/m ² a]	Der Endenergieverbrauch umfasst die dem Gebäude zugeführte Endenergie (Lieferenergieverbrauch) für Bereitstellung, Speicherung, Verteilung und Abgabe von Heizwärme, Warmwasser, Kälte und Lüftung, sowie für die Beleuchtung und Betriebsstrom. Energiemengen, von der Umwelt bereitgestellt wird (z.B. Solarthermie, Geothermie, PV-Strom), wird per Definition nicht dem Endenergiebedarf bzw. -verbrauch zugerechnet.
Primärenergiebedarf PEB [kWh/m ² a]	Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a]	<p>Die Angabe des Primärenergiebedarfs PEB erfolgt nach dem vorliegenden Energieausweis (Berechnungsgrundlage ist die zum Ausstellungsdatum gültige OIB RL6).</p> <p>Die Berechnung des Primärenergieverbrauchs erfolgt mit den Konversionsfaktoren der aktuell gültigen OIB RL6, Version 2019 (OIB-RL 6, 2019).</p>
CO ₂ -Emissionen laut Energieausweis [kg/a]	CO ₂ -Emissionen laut Monitoring [kg/a]	<p>CO₂-Emissionen laut Energieausweis: Berechnungsgrundlage ist die zum Ausstellungsdatum gültige OIB RL6.</p> <p>CO₂-Emissionen laut Monitoring: Berechnung anhand der Konversionsfaktoren der aktuell gültigen OIB RL6, Version 2019 (OIB-RL 6, 2019).</p>
Keine Angabe im Energieausweis	Spez. max. Strom-Leistung [W/m ²]	Maximal gemessener Stromleistungswert im 15-Minuten-Messintervall bezogen auf die BGF.
Keine Angabe im Energieausweis	Spez. Strom-Grundlast [W/m ²]	Der Mittelwert der Leistungswerte aus der geordneten Dauerlastganglinie zwischen der 7.000. und 8.000. Stunde bezogen auf die BGF.
Keine Angabe im Energieausweis	Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	Anteil der Grundlast am Jahresstromverbrauch.

4 Monitoring-Ergebnisse

Die 11 Demonstrationsobjekte umfassen sowohl Gebäude aus dem Dienstleistungssektor (Büro-, Bildungs-, Sport-, Pflege- und Krankenhauseinrichtungen) als auch großvolumige Wohngebäude. Die daraus resultierenden unterschiedlichen Nutzungsarten und die unterschiedlichen energietechnischen Standards wie Passivhaus, Plus-Energie- und Low-Tech-Standard sowie hocheffiziente Sanierungen spiegeln die Vielfalt der innovativen Gebäude wider, für in diesem Projekt Untersuchungen angestellt wurden.

In nachfolgenden Abschnitten 4.1 und 4.2 erfolgt eine Übersichtsdarstellung der ermittelten Gebäude-Benchmarks sowie eine Gegenüberstellung innerhalb der Gebäudekategorien und Darstellung der Benchmark-Bandbreiten.

Anschließend werden ab dem Abschnitt 4.3 alle Einzelberichte der untersuchten Demonstrationsgebäude angeführt. Die Einzelberichte sind nach folgender einheitlichen Struktur gegliedert:

1. Allgemeine Beschreibung, Fotos und weitere relevante Informationen zum Gebäude (bspw. Standort, Nutzungsart, EigentümerIn, Kontaktdaten einer Ansprechperson, usw.)
2. Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion
3. Gebäudetechnik und Messkonzept
4. Energietechnische Kenngrößen
5. Energie-Nachfragestruktur für die Wärme-, Strom- und Kälteversorgung
6. Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Energiemonitoring
7. Ergebnisse aus dem Komfort- und CO₂-Monitoring
8. Objektspezifisches Schwerpunktthema
9. Optimierungspotenziale
10. Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

4.1 Übersicht der Gebäudeergebnisse

In nachfolgender Tabelle 4 sind die relevanten Gebäude-Benchmarks aus dem Energieverbrauch- und Referenzraum-Monitoring zusammengefasst. Anhand dieser Übersichtsdarstellung lassen sich die jeweiligen Ergebnisse vergleichen und die Unterschiede zwischen den Verbrauchs- und Komfort-Kennzahlen auf einem Blick erkennen.

Tabelle 4: Ergebnisübersicht – Relevante Benchmarks der Demonstrationsgebäude

Objekt	Wohnprojekt Wien	Passivhaus Wohnhaus St. Paulus	Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabs. 1	Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4	Kinder- u. Herzzentrum, Bauabs. 2 (KHW)	St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West)
Nutzungsart	Wohnobjekt mit Gewerbeflächen	Wohnnutzung	Wohnnutzung (Senioren, Studenten, Wohnungen)	Seniorenwohnhaus	Krankenhaus mit Medizintechnik	Krankenhaus, Stations- und Bettentrakt
Zusammenfassung Energiekonzept	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Zentrale Warmwasserbereitung - Brunnenwasser- Kühlung in Kombination mit zentraler Wohnraumlüftung - Photovoltaik-Anlage	- Wärmeversorgung durch Fernwärme und Solarthermie-Anlage - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraum- lüftungsanlagen	- Wärmeversorgung durch Fernwärme und Solarthermie-Großanlage - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraum- lüftungsanlagen	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen - Zentrale Wohnraum- lüftungsanlagen - Photovoltaik-Anlage	- Groß-Wärmepumpen für Wärme und Kälte mit Nutzung von Brunnen- wasser und Abwärme - Fernwärme für Hochtemperatur - Kälteversorgung mit mehrstufiger Nutzung v. Brunnen-Kühlwasser	- Bauteilaktivierung in Kombination mit Wärmepumpe für Wärme und Kälte inkl. Geothermiespeicher - Getrenntes Heizsystem: Hochtemp. (Gaskessel) und Niedertemp. mit Wärmepumpe
Brutto-Grundfläche (BGF) [m²]	6.071	6.110	19.911	4.326	27.758	7.987
Spezifische Energiekennzahlen						
Heizenergieverbrauch [kWh/m²a]	52,2	59,0	49,2	70,4	96,5	95,6
Warmwasserverbr. u. -Verluste [kWh/m²a]	20,8	36,4	23,7	27,4	28,6	61,6
Kühlenergieverbrauch [kWh/m²a]	0,6	-	-	-	62,9	48,9
Stromverbrauch [kWh/m²a]	9,8 (ohne Haushaltsstr.)	7,2 (ohne Haushaltsstr.)	11,0 (ohne Haushaltsstr.)	40,1	122,0	80,9
Endenergieverbrauch [kWh/m²a]	60,3 (ohne Haushaltsstr.)	60,2 (ohne Haushaltsstr.)	52,3 (ohne Haushaltsstr.)	94,6	153,8	154,6
CO2-Emissionen [kg/m²a]	5,8 (ohne Haushaltsstr.)	5,6 (ohne Haushaltsstr.)	5,6 (ohne Haushaltsstr.)	10,8	30,1	36,6
Spez. max. Strom-Leistung [W/m²]	3,2 (ohne Haushaltsstr.)	3,8 (ohne Haushaltsstr.)	2,9 (ohne Haushaltsstr.)	18,1	33,9	14,3
Spez. Strom-Grundlast [W/m²]	0,8 (ohne Haushaltsstr.)	0,7 (ohne Haushaltsstr.)	0,9 (ohne Haushaltsstr.)	2,1	9,2	7,0
Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	70% (ohne Haushaltsstr.)	84% (ohne Haushaltsstr.)	71% (ohne Haushaltsstr.)	46%	66%	75%
Komfort- & CO2-Monitoring						
Art und Anzahl der Referenzräume	2 Wohn- u. 2 Schlaf- zimmer aus 2 Wohn- ungen im 1.OG	Betreutes Wohnen: 2 Wohn- u. 2 Schlafzimmer aus 2 Wohnungen im 5.OG	3 Wohn- u. 3 Schlafzimmer aus 3 Wohnungen (2.OG, 3.OG, 4.OG)	3 EG-Räume: Mehrzweckraum, Sozial- u. Zentralraum	3 Räume: Leitstellen im 1. & 2.OG, Bettzimmer 3.OG	3 Räume: 2.OG Personal- Aufenthaltsraum Nord & Süd, 4.OG Bewegungsraum
Durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,0°C	24,5°C	21,7°C	22,3°C	24,6°C	23,8°C
Durchschnittliche Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	25,1°C	25,5°C	23,5°C	23,8°C	24,3°C	23,6°C
Durchschnittliche Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	30%	19%	32%	23%	22%	25%
Durchschnittlicher Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C)	14% der Gesamtjahresstunden	28% der Gesamtjahresstunden	3% der Gesamtjahresstunden	5% der Gesamtjahresstunden	2% der Gesamtjahresstunden	4% der Gesamtjahresstunden
Durchschnittlicher Anteil der CO2 Konzentration (CO2 > 1000ppm)	8% der Gesamtjahresstunden	0% der Gesamtjahresstunden	4% der Gesamtjahresstunden	1% der Gesamtjahresstunden	0% der Gesamtjahresstunden	1% der Gesamtjahresstunden

Objekt	Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf	Plusenergie Sporthalle Lieferung Salzburg	AK-Bildungshaus Jägermayrhof	Kindergarten St. Paulus	Konzernzent. Bundesimmobiliengesellschaft
Nutzungsart	Büro Verwaltung	Sporthalle	Bildungshaus, Hotel, Großküche	Kindergarten	Büro Verwaltung
Zusammenfassung Energiekonzept	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale Warmwasserbereitung über Frischwassermodule - Automatische Freie Kühlung über Fenster - Photovoltaikanlage	- Wärmeversorgung: Solarthermie-Anlage kombiniert mit thermisch aktivierter Bodenplatte, Wasser/Wasser-Wärmepumpe u. Abwasser-Wärmerückgewinnung - Photovoltaik-Anlage - Fenster-Lüftungskonzept	- Wärmeversorgung durch Pelletskessel, Solarthermie-Anlage und reversible Luft-Wärmepumpe - Zentrale Warmwasserbereitung - Photovoltaik-Anlage - Zentrale Lüftungsanlagen - Kältemaschine	- Wärmeversorgung durch Fernwärme - Dezentrale elektrische Warmwasserbereitung - Fensterlüftungskonzept per automatischer Fensterschaltung	- Klimaschonende Wärme und Kälte vom Kraftwerk Krieau - Schmutzwasserenergie wird im Kraftwerk genutzt - Vollkonditionierte Büroflächen per zentrale Lüftungsanlagen und Kühldecken bzw. Fan-Coils
Brutto-Grundfläche (BGF) [m²]	3.623	4.610	4.147	999	10.600
Spezifische Energiekennzahlen					
Heizenergieverbrauch [kWh/m²a]	51,3	24,0	102,3	88,8	48,3
Warmwasserverbr. u. -Verluste [kWh/m²a]	3,8	5,9	21,2	Enthalten i. Stromverbr.	Enthalten i. Stromverbr.
Kühlenergieverbrauch [kWh/m²a]	0,1	13,0	16,7	-	28,0
Stromverbrauch [kWh/m²a]	24,3	33,7	80,7	19,7	37,5
Endenergieverbrauch [kWh/m²a]	75,6	75,2	166,6	109,0	113,8
CO₂-Emissionen [kg/m²a]	6,1	5,0	18,7	11,1	-
Spez. max. Strom-Leistung [W/m²]	9,7	21,1	36,6	16,3	13,1
Spez. Strom-Grundlast [W/m²]	1,3	2,1	3,1	0,5	1,6
Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	48%	47%	34%	23%	38%
Komfort- & CO₂-Monitoring					
Art und Anzahl der Referenzräume	4 Büros im 1. u. 2.OG mit verschiedenen Orientierungen	2 Turnsaalzonen, 2 Büroräume	2 Seminarräume, 1 Veranstaltungssaal	2 übereinander liegende Gruppenräume (EG u. 1.OG)	1 Büroraum im 6.OG, Orientierung Nord-Ost
Durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	22,6°C	21,5°C	21,7°C	23,1°C	23,8°C
Durchschnittliche Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,6°C	23,0°C	22,9°C	23,3°C	24,3°C
Durchschnittliche Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	37%	-	28%	34%	42%
Durchschnittlicher Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C)	4% der Gesamtjahresstunden	0% der Gesamtjahresstunden	0% der Gesamtjahresstunden	2% der Gesamtjahresstunden	4% der Gesamtjahresstunden
Durchschnittlicher Anteil der CO₂ Konzentration (CO₂ > 1000ppm)	7% der Gesamtjahresstunden	1% der Gesamtjahresstunden	1% der Gesamtjahresstunden	18% der Gesamtjahresstunden	0% der Gesamtjahresstunden

4.2 Energiekennzahlen und -Komfortbedingungen nach Nutzungsart

Nachfolgend erfolgt eine Gegenüberstellung der Gebäudeergebnisse innerhalb der Gebäudekategorien (gegliedert nach Nutzungsart) und Darstellung der ermittelten Benchmark-Bandbreiten. Die Beschreibungen umfassen zudem Erläuterungen der Unterschiede bei der Gebäudenutzung oder Anlagentechnik, die als Hauptursachen für die festgestellten Bandbreiten bei den Energieverbräuchen und Raumkomfortbedingungen angeführt werden können.

Auf eine gegenüberstellende Darstellung der Kennzahlen von den Demonstrationsobjekten Seniorenwohnhaus Itzling, Plusenergie Sporthalle Liefering Salzburg, AK-Bildungshaus Jägermayrhof und Kindergarten St. Paulus wurde aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit der Nutzungsformen verzichtet. Detaillierte Interpretationen der Monitoringergebnisse finden sich jedoch in jedem der Einzelberichte ab dem Abschnitt 4.3.

4.2.1 Gebäudekategorie „Großvolumige Wohngebäude“

- Wohnprojekt Wien (Niedrigstenergie-Standard)
- Wohnhaus St. Paulus, Innsbruck (Passivhaus-Standard)
- Messequartier Graz - Bauabschnitt 1 (Passivhaus-Standard)

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale Haustechnik

- Zentrale Warmwasserbereitung beim Wohnprojekt Wien, dezentrale Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen in den Passivhäusern
- Passivhäuser haben zusätzlich zur Fernwärmeversorgung auch Solarthermieanlagen für die Wärmebereitstellung
- Wohnprojekt Wien weist eine Kühllösung per Brunnenwasserkühlung und eine Photovoltaikanlage auf

Tabelle 5: Kennzahlen-Bandbreiten der Gebäudekategorie „Großvolumige Wohngebäude“

Gebäudekategorie	Großvolumige Wohngebäude
Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	6.071 – 19.911
Heizenergieverbrauch [kWh/m ² a]	49,2 – 59,0
Warmwasserverbr. u. -Verluste [kWh/m ² a]	20,8 – 36,4
Stromverbrauch [kWh/m ² a]	7,2 – 11,0 (ohne Haushaltsstr.)
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a]	5,6 – 5,8 (ohne Haushaltsstr.)
Spez. max. Strom-Leistung [W/m ²]	2,9 – 3,8 (ohne Haushaltsstr.)
Spez. Strom-Grundlast [W/m ²]	0,7 – 0,9 (ohne Haushaltsstr.)
Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	70 – 84% (ohne Haushaltsstr.)
Komfort- & CO₂-Monitoring	
Durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	21,7 – 24,5°C
Durchschnittliche Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,5 – 25,5°C
Durchschnittliche Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	19 – 32%
Durchschnittlicher Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C)	3 – 28% der Gesamtjahresstunden
Durchschnittlicher Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm)	0 – 8% der Gesamtjahresstunden

Der geringste Heizenergieverbrauch mit 49,2 kWh/m²a wird beim Messequartier Graz erreicht. Den höchsten Heizenergieverbrauch dieser Gebäudekategorie weist das Wohnhaus St. Paulus mit 59,0 kWh/m²a auf. Bei diesem Wohnobjekt lassen sich die höheren Verbrauchswerte (neben dem

Standort Innsbruck – höhere HGT-Zahl) mit dem Nutzungsverhalten begründen. Mit dem Monitoring ließen sich ein hoher spezifischer Warmwasserverbrauch (inkl. Verluste) von 36,4 kWh/m²a als auch hohe durchschnittliche Wohnraumtemperaturen von 24,5°C in der Heizperiode feststellen.

Beim spezifischen Stromverbrauch (ohne Haushaltsstromverbrauch) reicht die Bandbreite von 7,2 bis 11,0 kWh/m²a, wobei hier das Wohnhaus St. Paulus den geringsten Wert aufweist. Dies kann im Wesentlichen durch die äußerst kompakte Hochhaus-Konstruktion begründet werden, wodurch die Beleuchtung der Allgemeinflächen und die Haustechnik mit geringen Stromverbräuchen auskommen.

Da die drei Demonstrationsgebäude der Kategorie „Großvolumige Wohngebäude“ im Allgemeinen ähnliche Energieverbrauchswerte aufweisen und bei allen ein erneuerbarer Energieerzeuger vorliegt (Photovoltaik oder Solarthermie) treten geringe CO₂-Emissionen bei einer engen Bandbreite mit niedrigem Niveau von 5,6 – 5,8 kg/m²a (ohne Haushaltsstrom) auf.

Ein starker NutzerInnen Einfluss konnte auch in Bezug auf den Komfortparameter der Raumluftfeuchte während der Heizperiode festgestellt werden. Demnach wurden in Referenzwohnungen mit wenig Feuchteintrag (z.B. Einpersonenhaushalte, seltenes Kochen, keine Anwesenheit am Wochenende) im Winter sehr geringe Werte der Raumluftfeuchte gemessen. Zu begründen ist dies damit, dass in keinem der Gebäude eine bedarfsabhängige Lüftungsregelung vorliegt.

In den Sommermonaten kommt es vereinzelt zu Überhitzungseffekten in den Referenzwohnungen, wobei davon auszugehen ist, dass sich diese verringern ließen, wenn die BewohnerInnen die bestehenden Verschattungseinrichtungen und Lüftungsmöglichkeiten gezielt einsetzen würden. Deshalb wird empfohlen, BewohnerInnen verstärkt für diese Themen zu sensibilisieren.

Die Raumluftqualität (CO₂-Konzentration) liegt hingegen in den Referenzwohnungen durchwegs in einem sehr guten Bereich.

4.2.2 Gebäudekategorie „Krankenhaus“

- Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 (KHW)
- St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West)

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale

- Objektnutzung: Das Kinder- und Herzzentrum Innsbruck weist neben Bettenstationen und Behandlungsräumen mit modernen medizinischen Großtechnologien auch einen Kindergarten und einen großen Hörsaal auf. Der Bauteil 10 (West) des St. Josef Krankenhauses Wien ist hingegen ein Stations- und Bettentrakt mit geringer medizinischer Großanlagenausstattung.
- Wärmebereitstellung Hochtemperatur: Fernwärme beim Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Gaskessel beim St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10
- Bei der Versorgung von Niedertemperaturwärme und Kälte nutzen die eingesetzten Großwärmepumpen unterschiedlichen Quellen
- Kälteversorgung mit mehrstufiger Nutzung von Brunnen-Kühlwasser beim Kinder- und Herzzentrum Innsbruck

- Kälteabgabesystem: Der St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 hat eine Bauteilaktivierung der Zwischendecken für die Kühlung bei Patientenzimmer, beim Kinder- und Herzzentrum Innsbruck liegt eine Aktivierung des Estrichs in Kombination mit Fußbodenheizung vor.
- Dampfbefeuchtung bei der Lüftungstechnik: Beim Kinder- und Herzzentrum Innsbruck liegt eine Dampfluftbefeuchtung durch das zentrale Dampfnetz vor. Der Bauteil 10, St. Josef Krankenhaus Wien weist keine Dampfbefeuchtung auf.

Tabelle 6: Kennzahlen der Gebäudekategorie „Krankenhaus“

Gebäudekategorie Krankenhaus	Kinder- u. Herzzentrum Innsbr., Bauabschn. 2 (KHW)	St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West)
Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	27.758	7.987
Heizenergieverbrauch [kWh/m ² a]	96,5	95,6
Warmwasserverbr. u. -Verluste [kWh/m ² a]	28,6	61,6
Kühlenergieverbrauch [kWh/m ² a]	62,9	48,9
Stromverbrauch [kWh/m ² a]	122,0	80,9
Endenergieverbrauch [kWh/m ² a]	153,8	154,6
CO ₂ -Emissionen [kg/m ² a]	30,1	36,6
Spez. max. Strom-Leistung [W/m ²]	33,9	14,3
Spez. Strom-Grundlast [W/m ²]	9,2	7,0
Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	66%	75%
Komfort- & CO₂-Monitoring		
Durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	24,6°C	23,8°C
Durchschnittliche Raumtemperatur i. d. Sommermonaten (Mai - Okt.)	24,3°C	23,6°C
Durchschnittliche Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	22%	25%
Durchschnittlicher Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C)	2% d. Gesamtjahresst.	4% d. Gesamtjahresst.
Durchschnittlicher Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm)	0% d. Gesamtjahresst.	1% d. Gesamtjahresst.

Die beiden Krankenhäuser unterscheiden sich sowohl in der Objektnutzung als auch in der Ausführung der Haustechnik sehr stark. Dennoch zeigt das Monitoring, dass die beiden Objekte nahezu gleiche Heizenergieverbräuche aufweisen. Stellt man aber die Wärmeverbräuche für die Warmwasserbereitung (inkl. Verluste) gegenüber, wird eine große Bandbreite von 28,6 – 61,6 kWh/m²a deutlich. Der hohe Warmwasser-Verbrauchswert ist dem Bauteil 10 des St. Josef Krankenhauses zuzuschreiben, da es sich hier um einen reinen Bettentrakt handelt. Im Kinder- und Herzzentrum Innsbruck weisen einzelne Nutzungszonen nur einen geringen Warmwasserbedarf auf.

Beim Kühlenergieverbrauch liegt die Bandbreite bei 48,9 – 62,9 kWh/m²a, wobei den hohen Wert das Kinder- und Herzzentrum Innsbruck mit seinen medizinischen Großtechnologien bestimmt. Ebenso liegt das Innsbrucker Krankenhaus beim Stromverbrauch an oberer Stelle (Bandbreite 80,9 – 122,0 kWh/m²a). Der Anteil der Grundlast am Jahresstromverbrauch liegt bei 66 bis 75%, was für Krankenhäuser einen typischen Wert darstellt.

Die CO₂-Emissionen der beiden Krankenhäuser liegen im Bereich von 30,1 – 36,6 kg/m²a.

Krankenhäuser stellen sehr energieintensive Gebäude dar. Aufgrund der komplexen Gebäudetechnik und intensiven Gebäudenutzung wird ein laufendes Monitoring der Energieverbräuche sowie laufende Überwachung des Anlagenbetriebs empfohlen.

Trotz deutlicher Unterschiede in der Wärme-, Kälte- und Lüftungstechnik der Krankenhäuser weist der Raumkomfort der vermessenen Referenzräume sehr ähnliche Ergebnisse auf. Auch bei diesen

Objekten liegt eine hohe durchschnittliche Raumtemperatur im Bereich um 24°C während der Heizperiode vor.

Die Raumluftqualität (CO₂-Konzentration) ist bei beiden Krankenhausobjekten ganzjährig als sehr gut zu bewerten.

4.2.3 Gebäudekategorie „Bürogebäude“

- Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, OÖ
- Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft, Wien

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale

Die beiden Bürogebäude unterscheiden sich in ihrem Haustechnikkonzept sehr stark. Die Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf wurde nach einem Low-Tech-Konzept ausgeführt, die Konzernzentrale der Bundesimmobiliengesellschaft in Wien stellt hingegen ein High-End-Bürogebäude mit vollkonditionierten Büroflächen dar.

- Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf nach Low-Tech-Ansatz: Innovatives Lüftungs- und Free-Cooling-Konzept, keine aktive Kühlung für Büroflächen, manueller Sonnenschutz, Wärmebereitstellung per Fernwärme und Eigenstromerzeugung mit einer Photovoltaikanlage
- Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft, Wien: Klimaschonende Wärme und Kälte vom Kraftwerk Kriean, vollkonditionierte Büroflächen per zentrale Lüftungsanlagen und Kühldecken bzw. Fan-Coils

Tabelle 7: Kennzahlen der Gebäudekategorie „Bürogebäude“

Gebäudekategorie Bürogebäude	Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf	Konzernzentrale BIG Wien
Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	3.623	10.600
Heizenergieverbrauch [kWh/m ² a]	51,3	48,3
Warmwasserverbr. u. -Verluste [kWh/m ² a]	3,8	Enthalten i. Stromverbr.
Kühlenergieverbrauch [kWh/m ² a]	0,1	28,0
Stromverbrauch [kWh/m ² a]	24,3	37,5
Endenergieverbrauch [kWh/m ² a]	75,6	113,8
Spez. max. Strom-Leistung [W/m ²]	9,7	13,1
Spez. Strom-Grundlast [W/m ²]	1,3	1,6
Grundlastanteil am Stromverbr. [%]	48%	38%
Komfort- & CO₂-Monitoring		
Durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	22,6°C	23,8°C
Durchschnittliche Raumtemperatur i. d. Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,6°C	24,3°C
Durchschnittliche Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	37%	42%
Durchschnittlicher Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C)	4%	4%
Durchschnittlicher Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm)	7%	0%

Die beiden Bürogebäude weisen einen nahezu gleichen spezifischen Heizenergieverbrauch auf, wobei anzumerken ist, dass bei der Konzernzentrale BIG ein Anteil von 11% des jährlichen Heizenergieverbrauchs in den Sommermonaten für die Lüftungsanlagen mit Vollklimatisierung (Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung) benötigt wird.

Beim Kühlenergieverbrauch liegt erwartungsgemäß die BH Kirchdorf mit dem Low-Tech-Konzept bei einem äußerst niedrigen Wert von 0,1 kWh/m²a (für Serverraum-Kühlung). Die Konzernzentrale der

Bundesimmobiliengesellschaft verbraucht hingegen 28,0 kWh/m²a an Kühlenergie. Auch beim Stromverbrauch liegt die Konzernzentrale BIG mit 37,5 kWh/m²a vor der BH Kirchdorf, obwohl die Kälteenergie vom Kraftwerk Kriean bezogen wird und somit keine Stromaufwände für Kälteerzeugung im Objekt anfallen.

Der spezifische Endenergieverbrauch des Low-Tech-Bürogebäudes in Kirchdorf ist um rund ein Drittel geringer als jener des BIG-Bürobaus in Wien.

Trotz deutlicher Unterschiede im Lüftungs- und Kühlkonzept liegen die Raumtemperaturen der vermessenen Referenzräume sowohl im Sommer als auch im Winter sehr ähnliche Verhältnisse auf. Unterschiede lassen sich jedoch bei der Raumluftfeuchte in der Heizperiode und bei der Raumluftqualität (CO₂-Konzentration) feststellen. Hier weist die hochtechnisierte Konzernzentrale der Bundesimmobiliengesellschaft bessere Raumkonditionen auf.

4.3 Wohnprojekt Wien

Tabelle 8: Wohnprojekt Wien – Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Mitbestimmungs-Wohnprojekt (Cohousing), wo Nachhaltigkeit einen hohen Stellenwert einnimmt.		
Objektnutzung: Wohnobjekt mit Gewerbeflächen	Standort: Krakauer Straße 19/45, 1020 Wien	Fertigstellung: 2013
 <p>Abbildung 3: Außenansicht, Westansicht (Quelle: Wohnprojekt Wien)</p>		 <p>Abbildung 4: Ansicht der Dachterrasse, Nord-Ost-Ansicht (Quelle: Wohnprojekt Wien)</p>

Das Gebäude wurde im Niedrigst-Energiestandard errichtet und erwarb mehrere Auszeichnungen (Hans Sauer Preis 2016, Lebenszyklus-Award 2016, VCÖ Mobilitätspreis 2014, Staatspreis Architektur und Nachhaltigkeit 2014 und Umweltpreis der Stadt Wien). Alle verwendeten Dämmstoffe sind HFKW-frei und die verbauten Folien, Rohre, Fußbodenbeläge, Elektroinstallationen, Fenster und Türen sowie der Sonnenschutz sind PVC-frei ausgeführt.

Im Objekt befinden sich 39 Wohnungen, ein „FLEXraum“, der über eine umfangreiche technische Ausstattung für Veranstaltungen verfügt und Gewerbeflächen, die mehrere Unternehmen beherbergen. Die Gewerbeflächen befinden sich im Erdgeschoß sowie zum Teil im ersten Stock und umfassen insgesamt eine Fläche von 360 m². Beispielsweise befindet sich der „Salon im Park“ im Erdgeschoß und dient als Nahversorger und Kulturtreffpunkt zur Grätzl-Vernetzung. Die Gemeinschaftsflächen sind insgesamt 700 Quadratmeter groß und bieten unter anderem Platz für Gäste. Das Wohnprojekt wird durch die BewohnerInnen soziokratisch selbst organisiert. Die Dachterrasse ist zur Hälfte begrünt und bietet neben der „essbaren Landschaft“ auch eine Liegewiese. Die BewohnerInnen erledigen ihre Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit den öffentlichen Verkehrsmitteln oder über eines der Autos, die sie gemeinschaftlich nutzen.

Tabelle 9: Wohnprojekt Wien - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis, Ausgabedatum 28.07.2014)		Kontakt
BGF	6.071 m ²	Eigentümer: Wohnprojekt Wien, Verein für Nachhaltiges Leben
HWB (RK)	15,5 kWh/m ² a	
HWB (SK)	15,8 kWh/m ² a	
Architektur	einszueins architektur ZT GmbH	Name: Joka Kircher Web: http://wohnprojekt.wien/

4.3.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbau in Niedrigst-Energiestandard, 7-geschoßig
- 2 miteinander verbundene Hauptbauteile in schwerer Bauweise
- Stahlbetonskelett mit vorgehängter Holzfassade
- 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen
- Dämmstoffe sind HFKW-frei; Folien, Rohre, Fußbodenbeläge, Elektroinstallation, Fenster und Türen sowie Sonnenschutz sind PVC-frei ausgeführt
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,31 [1/m]$, charakteristische Länge 3,19 [m]

4.3.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 10: Wohnprojekt Wien - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Zentrale Wärmeversorgung durch Fernwärme (269 kW)
Brauch-Warmwasser	Zentrale Brauchwasserbereitung für das Gesamtobjekt durch Fernwärme (52 kW), Zirkulationsleitung, Brauch-Warmwasserspeicher (2 x 750 Liter)
Kühlung	Brunnenwasser-Nutzung zur Konditionierung der Zuluft im Sommer
Heizungs-System	Fußbodenheizung (Wohnen: 130 kW, Gewerbe: 30 kW), Heizregister Lüftungsanlagen (Wohnen: 32 kW, Gewerbe: 25 kW)
Kühlungs-System	Bei den Lüftungsanlagen erfolgt Zuluft-Konditionierung durch Kühlregister (Brunnenwasser-Kühlung, Auslegungstemperatur 10/18 °C)
Lüftungstechnik	Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher, (Wohnen: 5.700/5.700 m ³ /h, Gewerbe: 3.800/3.000 m ³ /h)
Elektrische Energie	Öffentliches Netz, Photovoltaik-Anlage (9,9 kWp, Azimut -40°, Neigung 15°), Eigenstromnutzung für Haustechnik und Überschuss-Einspeisung

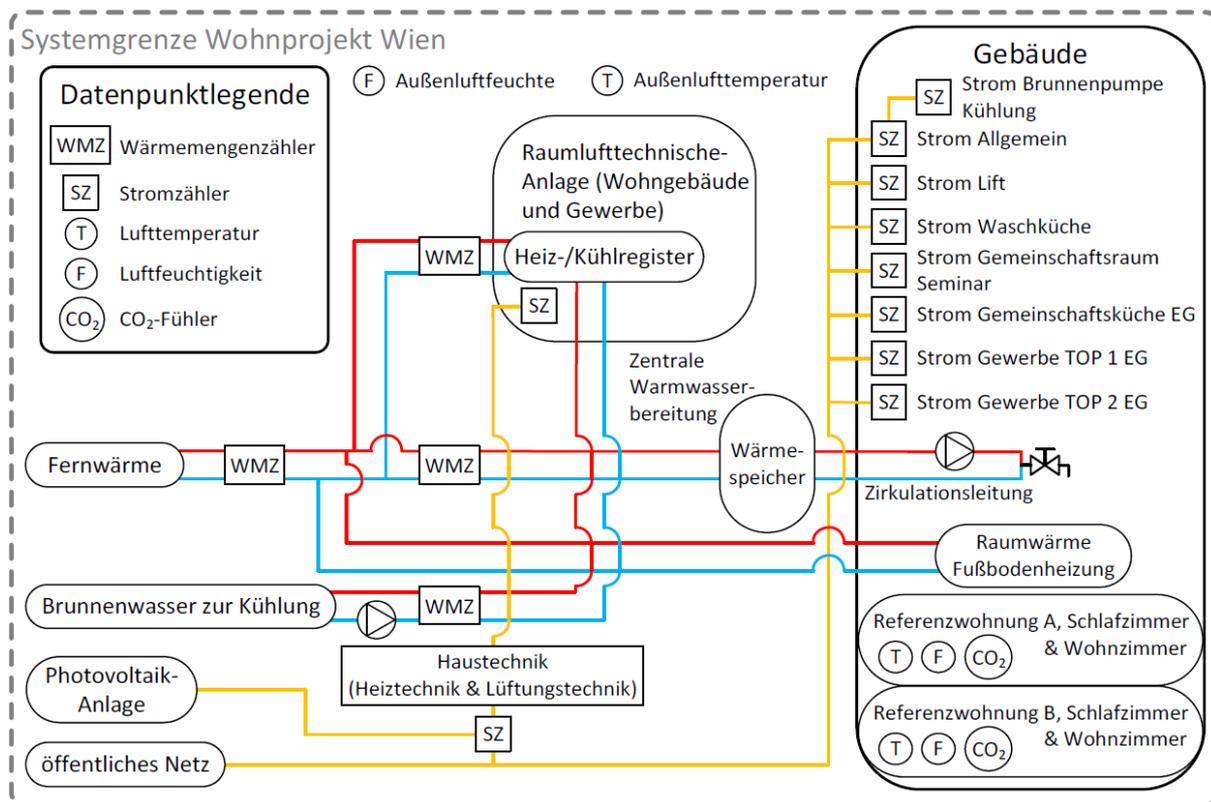


Abbildung 5: Prinzipschema Wohnprojekt Wien, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.3.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 11: Wohnprojekt Wien - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	6 071	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	3 446	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	2 622	Kd
HGT _{22,9/12} lt. Messung	3 159	Kd
Heizenergiebedarf (HEB) lt. Energieausweis ³ nach OIB-Richtlinien 2011	52,1	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	52,2	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	55,0	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	20,8	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch		
Lüftungsanlage Wohnen (Wohnungen; BGF: ca. 4.106 m ²)	0,6	kWh/m ² a
Lüftungsanlage Gewerbe (Gewerbeflächen, Gemeinschaftsraum Seminar, Gemeinschaftsküche EG; BGF: ca. 1.320 m ²)	1,0	kWh/m ² a
Stromverbrauch Allgemeinflächen und Haustechnik	9,8	kWh/m ² a
Heiztechnik	0,8	kWh/m ² a
Lüftungsanlagen	3,2	kWh/m ² a
Kühlung (Brunnenpumpe)	1,6	kWh/m ² a
Allgemein-Beleuchtung, Lift u. sonstige Verbraucher	2,9	kWh/m ² a

³ Erläuterung des Begriffs Heizenergiebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

Gemeinschaftsraum Seminar	0,7	kWh/m ² a
Gemeinschaftsküche EG	0,6	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	60,3	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	59,1	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission ⁴ während des Messzeitraums	5,8	kg/m ² a

Abbildung 6 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von September 2019 bis August 2020. Die Stromversorgung für Haustechnik und Allgemeinflächen erfolgt einerseits über die Photovoltaikanlage und andererseits über den Strom-Netzbezug. Auftretende Stromüberschüsse aus der Photovoltaikerzeugung werden ins öffentliche Netz eingespeist. Die Deckung des Wärmeverbrauchs des Wohnprojekts Wien erfolgt durch Fernwärme und die Kälteversorgung erfolgt durch Nutzung von Brunnenwasser.

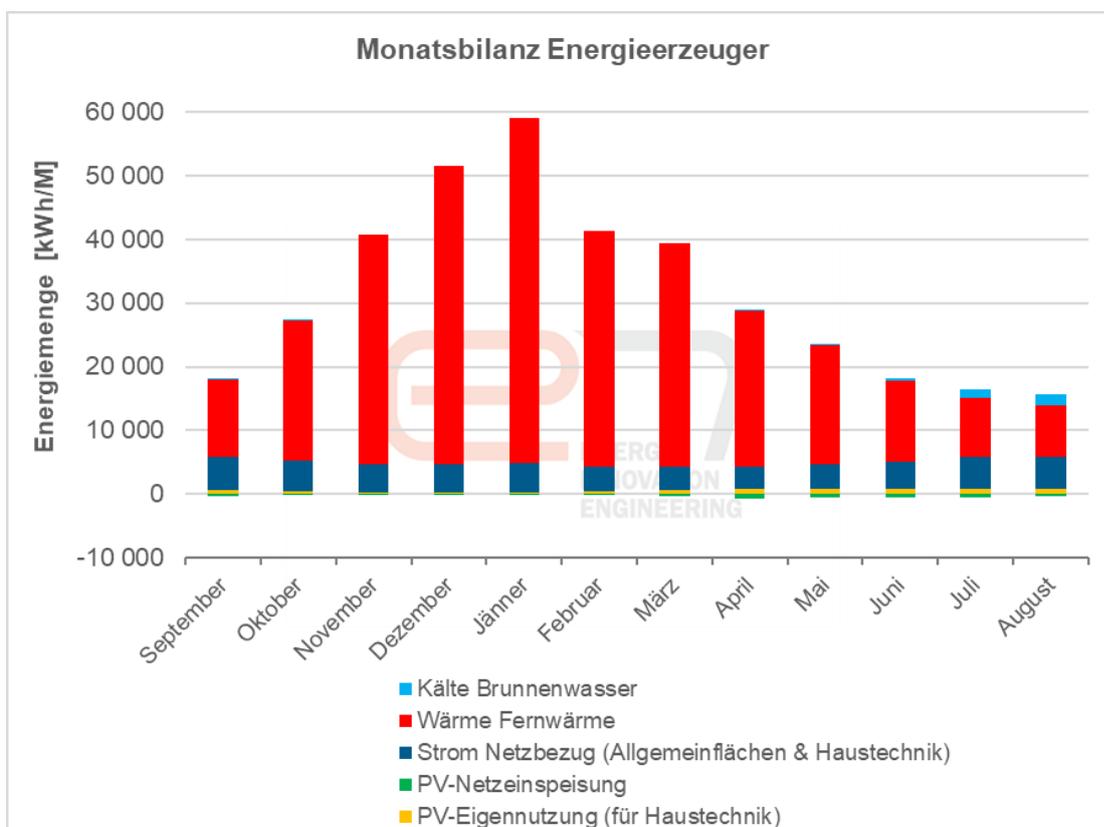


Abbildung 6: Energiebilanz Energieerzeuger, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 7 stellt die Aufteilung des Energieverbrauchs für den Messzeitraum dar:

⁴ Berechnung der CO₂-Emissionen: Endenergieverbräuche für Allgemein & Haustechnik und Gemeinschaftsflächen nach Emissionsfaktoren lt. OIB Richtlinie 6, Ausgabe 2019

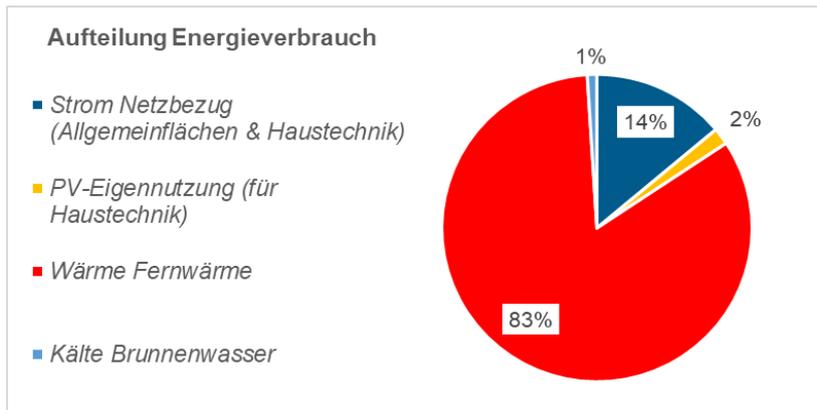


Abbildung 7: Jahresverbrauch Endenergie Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Strom-Netzbezug für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt 14% und der PV-Eigennutzungsanteil liegt bei 2% bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch des Objekts (ohne Nutzerstrom der Wohnungen und Gewerbeflächen). Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme (83% des Gesamtenergieverbrauchs). Die Kältebereitstellung mittels Brunnenwasser weist einen vergleichsweise geringen Anteil von 1% des Gesamtenergieverbrauchs auf.

4.3.4 Energie-Nachfragestruktur

4.3.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 12: Wohnprojekt Wien - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum September 2019 – August 2020 beträgt rund 317.700 kWh.

Davon sind 40% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- u. Zirkulationsverluste) zuzurechnen. Die Warmwasserbereitung erfolgt beim Wohnprojekt Wien zentral durch Fernwärme. Im Heiztechnikraum sind zwei Warmwasserspeicher (je 750 Liter) situiert. Durch eine Zirkulationsleitung erfolgt die Warmwasserverteilung im Objekt.

Die Raumwärme wird durch Fußbodenheizungen bereitgestellt, welche einen Verbrauchsanteil von 51% hervorrufen. Ein Verbrauchsanteil von 9% wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen in den Wintermonaten abgefragt.

Der gemessene spezifische Heizenergieverbrauch beträgt 52,2 kWh/m²a. Nach einer HGT-Bereinigung liegt der Heizenergieverbrauch bei 55 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch stimmt somit sehr genau mit dem berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (52,1 kWh/m²a) überein. Die Wärmeversorgung des Objekts erfolgt ausschließlich durch Fernwärme. Nachfolgende Abbildung 8 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

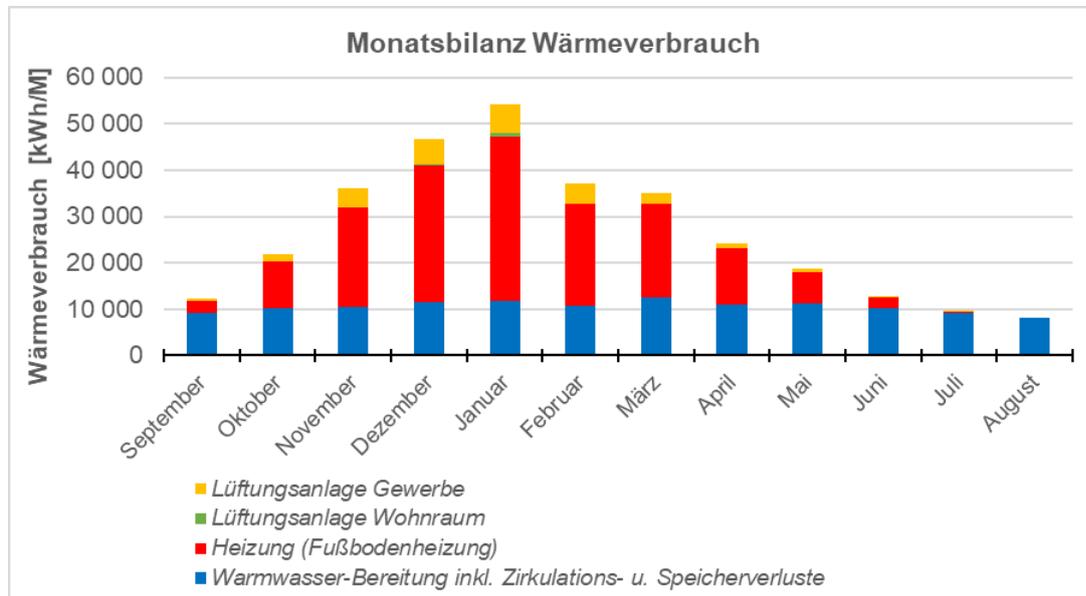


Abbildung 8: Monatlicher Verbrauch Wärme, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.3.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Beim Wohnprojekt Wien erfolgt die Kälteversorgung durch eine Nutzung von Brunnenwasser. Das Brunnenwasser wird per Brunnenpumpe zu den beiden Lüftungsanlagen für Wohnen und Gewerbe geleitet und dort zur Zuluft-Konditionierung mittels Kühlregister genutzt.

Tabelle 13: Wohnprojekt Wien - Nachfragestruktur Kälte

Nachfragestruktur Kälte		
Lüftungsanlage Wohnen (Versorgungsbereich: Wohnungen; BGF: ca. 4.106 m ²)	0,6	kWh/m ² a
Lüftungsanlage Gewerbe (Versorgungsbereiche: Gewerbeflächen, Gemeinschaftsraum Seminar, Gemeinschaftsküche EG; BGF: ca. 1.320 m ²)	1,0	kWh/m ² a

Der Gesamt-Kälteverbrauch im Messzeitraum September 2019 – August 2020 beträgt rund 3.800 kWh. Davon sind 64% der Lüftungsanlage Wohnen und 36% der Lüftungsanlage Gewerbe zuzurechnen. Wie zu erwarten, werden im Gewerbebereich höhere spezifische Kältemengen nachgefragt als im Wohnbereich. Dies lässt sich damit begründen, dass im Gewerbebereich eine niedrigere Soll-Zulufttemperatur von 22,2°C eingestellt ist als im Wohnbereich (24°C).

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt die monatliche Kälte-Nachfragestruktur. Dabei wird deutlich, dass die Kältenachfrage zur Zuluft-Konditionierung überwiegend im Zeitraum Juni bis August erfolgt.

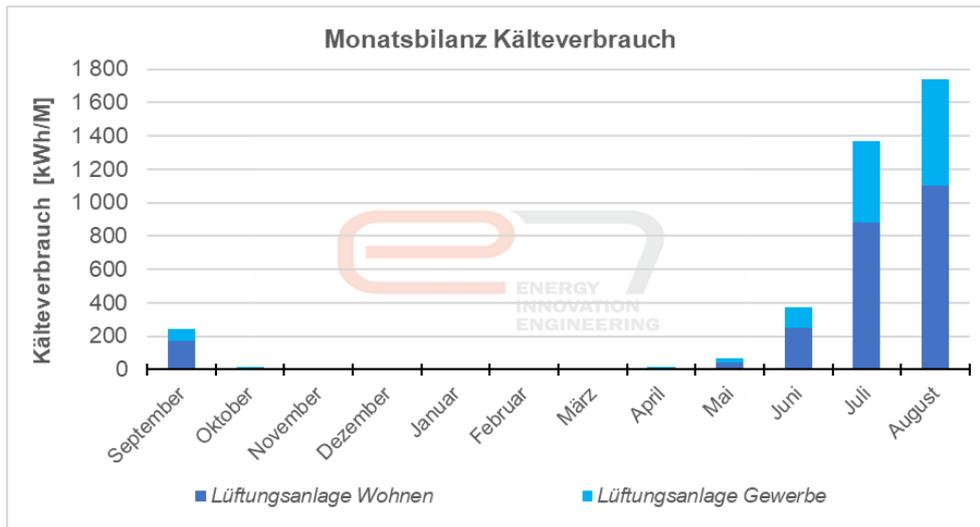


Abbildung 9: Monatlicher Verbrauch Kälte, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Monitoringdaten zeigen auch, dass die abgefragten Kälteleistungen bei beiden Lüftungsanlagen maximal 50% der Auslegungsleistung der Kühlregister betragen. Dies lässt darauf schließen, dass noch Potentiale für eine etwaige intensivere Zuluft-Konditionierung während Hitzeperioden vorliegen.

Unter Betrachtung der Stromaufwände für die Brunnenpumpe der Kühlung wird deutlich, dass die Jahresarbeitszahl der Kühlösung (Verhältnis der Nutzkälte zu aufgewendeter elektrischer Energie über den Betrachtungszeitraums eines Jahres) mit 0,4 relativ gering ausfällt. Dies ist mit der hohen Laufzeit der Brunnenpumpe zu begründen. Es wird empfohlen, bei der Regelung der Brunnenpumpe Optimierungen vorzunehmen (siehe Kapitel 4.3.8).

4.3.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

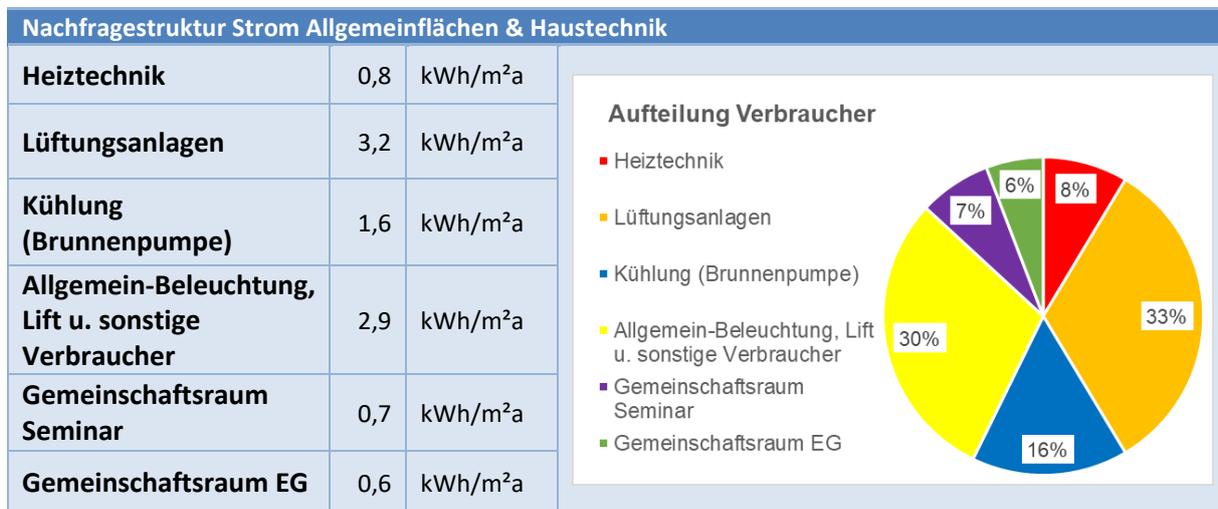
Für das Wohnprojekt Wien wurden sämtliche Stromverbräuche der Allgemeinflächen und Haustechnik erfasst. Die Haushaltsstromverbräuche wurden nicht ermittelt.

Tabelle 14: Wohnprojekt Wien - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik

Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik, Messzeitraum: 1.9.2019 – 31.8.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik	9,8	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung Allgemeinflächen & Haustechnik	3,2	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast Allgemeinflächen & Haustechnik	0,8	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und der Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 59.650 kWh, bzw. 9,8 kWh/m²_{BGF}. Die maximale Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt ca. 19,6 kW, bzw. 3,2 W/m²_{BGF}. Die Strom-Grundlast für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt ca. 4,8 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 41.900 kWh hervor (70% des Gesamtstromverbrauchs). Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.

Tabelle 15: Wohnprojekt Wien – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik



Der größte Verbrauchsanteil am Stromverbrauch für Allgemeinflächen und Haustechnik entfällt auf die beiden Lüftungsanlagen mit einem Verbrauchsanteil von 33%. Die Kategorie Allgemein-Beleuchtung, Lift und sonstige Verbraucher (z.B. allgemeiner Waschraum) rufen einen Anteil von 30% hervor. Die Verbräuche der Heiztechnik (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) liegen bei einem Anteil von 8%.

Am Flachdach des Objekts befindet sich eine Photovoltaik-Anlage mit einer Nennleistung von 9,9 kWp. Die Anlage hat während des Messzeitraums (Sept. 2019 bis Aug. 2020) einen spezifischen jährlichen Ertrag von 1.044 kWh/kWp generiert. Für die vorliegende Modulneigung von 15° ist der Ertrag als sehr gut zu bewerten.

Die PV-Erträge dienen der Haustechnik-Versorgung (65% des PV-Ertrags), der Stromüberschuss (35%) wurde in das öffentliche Netz eingespeist.

4.3.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Der Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 59.650 kWh, bzw. 9,8 kWh/m²_{BGFa}. Der Strom wird teils durch die Photovoltaik-Anlage gedeckt und der Rest vom öffentlichen Netz bezogen.
- Der Strom-Grundlastverbrauch der Allgemeinflächen und der Haustechnik liegt mit rund 41.900 kWh bei 70%. Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die beiden Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.

- Neben den Lüftungsanlagen mit einem spezifischen Stromverbrauch von 3,2 kWh/m²a (33% des Gesamtstromverbrauchs) ist die Verbrauchskategorie Beleuchtung, Lift und sonstige Verbraucher mit 2,9 kWh/m²a (30% des Gesamtstromverbrauchs) von Bedeutung. Der Stromverbrauch für die Kühlung der Zuluft mittels Brunnenwasser verursacht einen spezifischen Verbrauch von 1,6 kWh/m²a (16% des Gesamtstromverbrauchs). Der Heiztechnik-Verbrauch (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) ist mit einem Allgemeinstrom-Anteil von 8% relativ gering.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 317.700 kWh, bzw. 52,2 kWh/m²a. Die Wärmeerzeugung erfolgt ausschließlich durch Fernwärme.
- Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch beträgt 55,0 kWh/m²a und ist somit nur geringfügig höher als der standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises (52,1 kWh/m²a).
- Rund 40% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulations- und Speicherverluste) zuzurechnen (20,8 kWh/m²a). Die Raumheizung per Fußbodenheizung weist einen Verbrauchsanteil von 51% auf (26,8 kWh/m²a). Der Verbrauchsanteil von 8% (4,6 kWh/m²a) wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen abgefragt.
- Der Gesamt-Kälteverbrauch für die Zuluft-Konditionierung im Messzeitraum September 2019 bis August 2020 beträgt rund 3.800 kWh. Davon sind 64% der Lüftungsanlage Wohnen und 36% der Lüftungsanlage Gewerbe zuzurechnen. Wie zu erwarten, werden im Gewerbebereich höhere spezifische Kältemengen (1,0 kWh/m²a) nachgefragt als im Wohnbereich (0,6 kWh/m²a). Dies lässt sich damit begründen, dass im Gewerbebereich eine niedrigere Soll-Zulufttemperatur von 22,2°C eingestellt ist als im Wohnbereich (24°C).
- Der jährliche Ertrag der Photovoltaikanlage beträgt ca. 10.330 kWh, bzw. 1.044 kWh/kWp. Für die vorliegende Modulneigung von 15° ist der Ertrag als sehr gut zu bewerten. Die PV-Erträge dienen der Haustechnik-Versorgung (65% des PV-Ertrags), der Stromüberschuss (35%) wurde in das öffentliche Netz eingespeist.

4.3.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurden von zwei Wohnungen die Schlafzimmer und die Wohnzimmer herangezogen:

- **Nr. 1 Wohnzimmer** und **Nr. 2 Schlafzimmer**: 1.OG Wohnung A, Nord/West-Orientierung, Wohn-Nutzfläche ca. 100 m²
- **Nr. 3 Wohnzimmer** und **Nr. 4 Schlafzimmer**: 1.OG Wohnung B, Süd-Orientierung, Wohn-Nutzfläche ca. 50 m²

Tabelle 16: Wohnprojekt Wien - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020					
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,1	22,5	23,8	22,4	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai – Okt.)	24,4	25,3	25,5	25,2	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	28,1	28,2	31,7	33,1	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	7%	18%	16%	15%	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	4%	26%	1%	1%	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume.

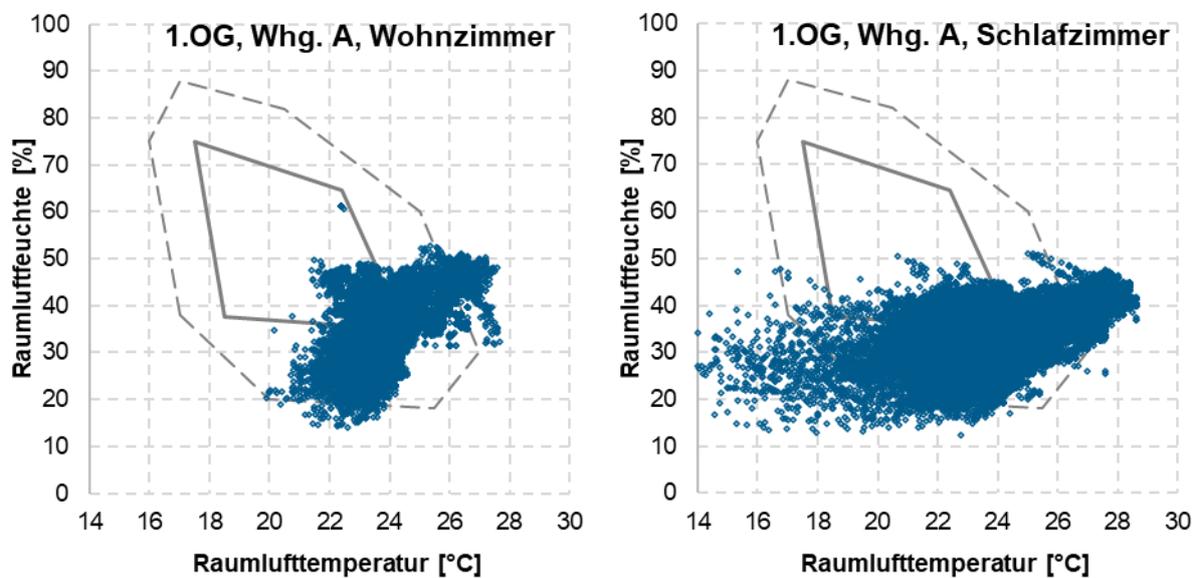


Abbildung 10: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

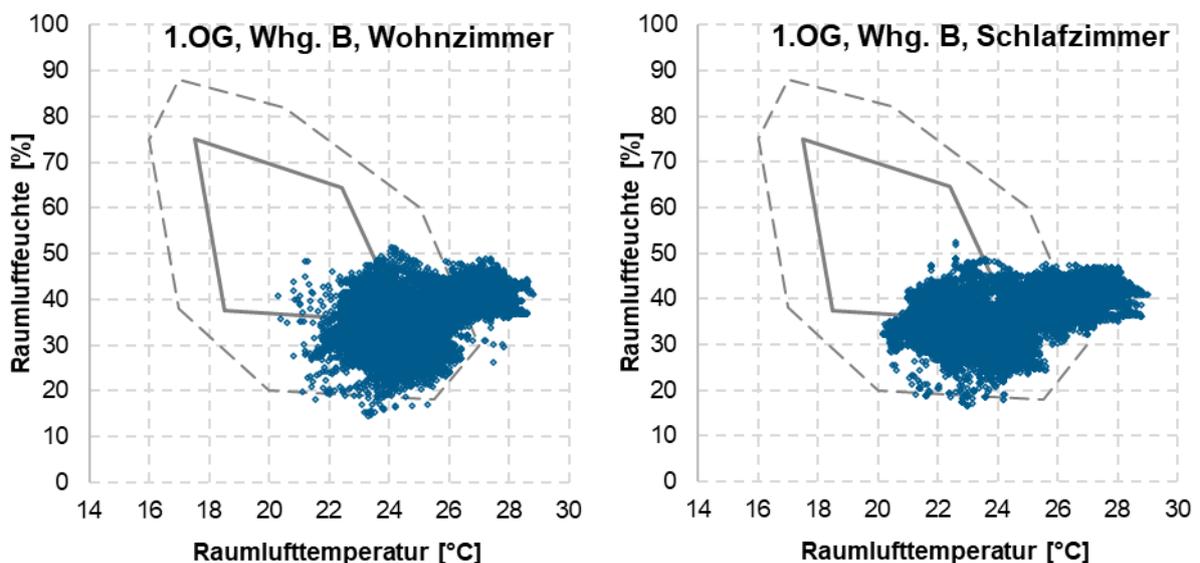


Abbildung 11: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Messzeitraum können folgende Aussagen durch das Komfortmonitoring getroffen werden:

- Generell kann für **alle Referenzräume** festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter **während der Heizperiode** weitestgehend im behaglichen Bereich befinden. Allerdings liegen die Raumlufffeuchten vielfach unterhalb des optimalen Bereichs für Wohn- und Schlafräume (40-60%; vgl. mittlere Raumlufffeuchte in der Heizperiode in der Tabelle am Beginn des Kapitels).
- **1. OG Wohnung A, Nord/West-Orientierung (Nr. 1 & 2):**
Die Messdaten lassen darauf schließen, dass während der Heizperiode im Schlafzimmer (Referenzraum Nr. 2) vormittags sehr häufig über mehrere Stunden per Fensterlüftung gelüftet wird. Dies führt zu längerfristiger Abkühlung der Raumluff bis unter 14°C. Im Sinne der Energieeffizienz ist das Lüften per Stoßlüftung (5 bis 10 Minuten) zu empfehlen. Nach erfolgtem Luftaustausch sollten die Fenster wieder geschlossen werden, damit die Raumwärme nicht über die Fenster entweicht.
Die mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode liegt in der Wohnung A bei rund 23°C. Während der Sommerperiode treten vor allem im Schlafzimmer erhöhte Raumtemperaturen bis zu 28,6°C auf.
- **1. OG Wohnung B, Süd-Orientierung (Nr. 3 & 4):** Während der Sommerperiode treten in beiden Referenzräumen erhöhte Raumtemperaturen (im Schlafzimmer bis zu 29°C) auf. Der Anteil der Überhitzungsstunden ist in dieser Wohnung etwas erhöht (in beiden Referenzräumen liegen etwa 15% der Gesamtjahresstunden mit Raumtemperaturen größer 26°C vor).
Die mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode liegt in beiden Referenzräumen im Bereich von 22,5 – 23,5°C (in etwa gleich wie in Wohnung A).

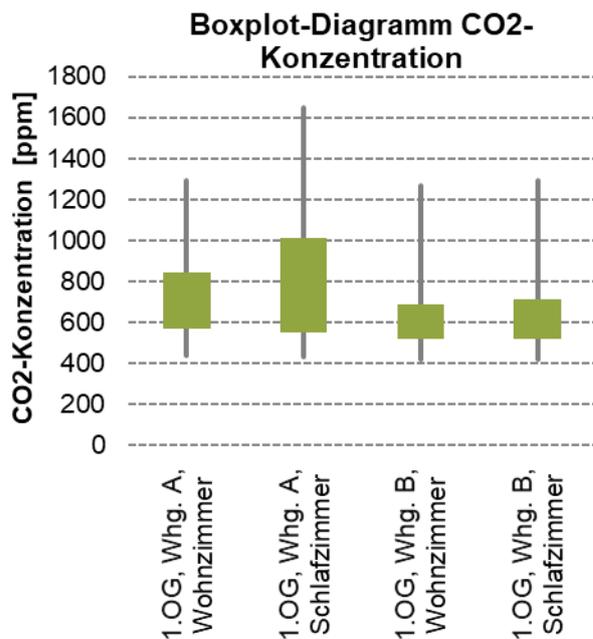


Abbildung 12 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert. Das CO₂-Monitoring zeigt, dass die Wohnzimmer ganzjährig gute Raumluftheiten aufweisen. Beim Vergleich der Schlafzimmer fällt auf, dass es im Schlafzimmer A (Referenzraum Nr. 2) regelmäßig in den Nachtstunden zu erhöhter CO₂-Konzentration (800 bis max. 1.600 ppm) kommt. Die Raumluftheiten ist somit während den Nachtstunden als mäßig zu bewerten. Es wird vermutet, dass die erhöhten CO₂-Werte aufgrund einer höheren Personenanzahl im Schlafzimmer (Kinder schlafen im Elternzimmer) eintreten.

Abbildung 12: CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.3.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Untersuchungs-Schwerpunkt Wasserbereitung: Wie hoch sind die Speicher- und Zirkulationsverluste bei der Warmwasserbereitung? Wie stellt sich der Warmwasserverbrauch im Kontext mit der sozialen Struktur des Cohousing Projektes und dem nachhaltigen Lebensstil der BewohnerInnen dar?

Die Warmwasserbereitung erfolgt beim Wohnprojekt Wien zentral durch Fernwärme. Im Heiztechnikraum sind Warmwasserspeicher (2 x 750 Liter) situiert. Durch eine Zirkulationsleitung erfolgt die Warmwasserverteilung im Objekt.

Das Monitoring zeigt, dass durch die Speicher und Verteilleitungen des Warmwassers (Warmwasser-Zirkulation) ganzjährig Verluste in der Höhe von rund 6,8 kW Wärmeleistung anfallen. Insgesamt wurde im Messzeitraum September 2019 bis August 2020 ein Wärmeverbrauch für Warmwasserbereitung von ca. 126.300 kWh bzw. 20,8 kWh/m²a gemessen (inkl. Verteil- und Speicherverluste, Bezugsfläche ist die konditionierte Brutto-Grundfläche BGF). Der Gesamtverbrauch lässt sich wie folgt aufteilen:

- Verbrauch für Erwärmung des Warmwassers in Folge von Zapfungen: 11,0 kWh/m²a (53%)
- Verteil- und Speicherverluste für die Warmwasserversorgung: 9,8 kWh/m²a (47%)

Anmerkung: Gewerbe- und Gemeinschaftsflächen benötigen im Vergleich zu den Wohnungen sehr wenig Warmwasser. Bezieht man den Wärmeverbrauch für Warmwasser nur auf die Brutto-Grundfläche der Wohnung, so ergibt sich ein immer noch geringer spezifischer Warmwasserverbrauch von 25,7 kWh/m²a (Bezugsfläche Wohnen und dazugehörige Verkehrsflächen 4.921 m²).

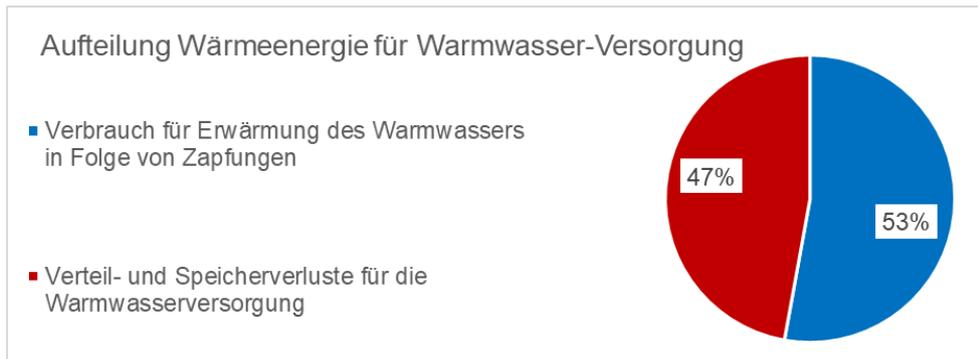


Abbildung 13: Aufteilung Wärmeenergie für Warmwasser-Versorgung, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der effiziente Umgang mit Ressourcen der BewohnerInnen des Wohnprojekts Wien zeigt sich bei den Verbrauchs-Kennzahlen der Warmwasserbereitung ganz besonders. Der Energieverbrauch für Warmwasserbereitung stellt sich im Vergleich zu anderen Wohnobjekten als gering dar.

Nachfolgend werden die Verbrauchskennzahlen für Warmwasserversorgung der Wohnobjekte aus dem DeLight Monitoring-Projekt gegenübergestellt:

Tabelle 17: Wohnprojekt Wien - Verbrauchskennzahlen für Warmwasserversorgung

Wärmeenergieverbrauch für Warmwasserbereitung inkl. Verteil- und Speicherverluste			
	Wohnprojekt Wien	Passivhaus Wohnhaus Messequartier Graz (Bauabschnitt 1)	Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Innsbruck
Warmwasserbereitung inkl. Speicher- u. Zirkulationsverluste in [kWh/m²a]	20,8	23,7	36,4
Warmwasser-System und Gebäudenutzung	Zentrale Warmwasserbereitung mit Zirkulation, Mischnutzung: Wohnungen, Gemeinschafts- und Gewerbeflächen (Flächenanteil von knapp 20%)	2-Leitersystem mit Wohnungsstationen, Mischnutzung: Standard-Wohnungen sowie Wohnungen für Senioren und Studenten	2-Leitersystem mit Wohnungsstationen, Nutzung: Mietwohnungen
Gebäudeansicht			

Ergänzend ist zu den oberhalb dargestellten spezifischen Warmwasserverbräuchen anzumerken, dass die Messzeiträume in den Zeitraum der Corona-Pandemie gefallen sind, während der die

Anwesenheiten in den Wohnungen erhöht waren. Es ist davon auszugehen, dass – abgesehen von den Studentenwohnungen beim Messequartier Graz – die Anwesenheiten der BewohnerInnen in den Wohnungen höher war als in einem Regel-Jahr und aus diesem Grund die Warmwasserverbräuche auch höher ausgefallen sind.

4.3.8 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotentiale können aus dem Energie- und Komfortmonitoring abgeleitet werden:

- **Reduktion Heizwärmeverbrauch**

- Durch Absenkung der Heizgrenztemperatur bei der Raumheizungs-Steuerung kann in den Übergangszeiten Frühjahr und Herbst Heizwärme eingespart werden. Es wird empfohlen, die derzeitige Einstellung zu prüfen und im Zuge einer Testphase Anpassungen vorzunehmen.
- Weiters wird empfohlen, während der Heizperiode die Zuluft-Temperatur der beiden Lüftungsanlagen für Gewerbe und Wohnen um 1 bis 2 K abzusenken. Die erforderliche Wärme für die Beheizung der Räumlichkeiten wird weiterhin per Fußbodenheizung eingebracht. Im Herbst 2020 lagen die Soll-Zulufttemperaturen der Lüftungsanlagen bei folgenden Werten: Gewerbe = 22,2°C, Wohnen = 24°C.

- **Betriebszeit Lüftungsanlage Gewerbe**

Aus den Monitoringdaten geht hervor, dass die Gewerbe-Lüftungsanlage ganzjährig ohne Zeitprogramm-Schaltung in Betrieb ist. Der Nutzungsart entsprechend sollte die Möglichkeit der Abschaltung dieser Lüftungsanlage außerhalb der Nutzungszeiten (Nachtstunden, Wochenenden und Feiertage) in Betracht gezogen werden. Durch die Umstellung der Anlage auf einen bedarfsabhängigen Betrieb sind Stromeinsparungen von 50% bzw. 3.500 kWh pro Jahr sind zu erwarten. Darüber hinaus verringern sich die Fernwärme-Verbräuche und die Aufwände für Wartung und Instandhaltung der Anlage.

Um eine Belüftung des Gemeinschaftsraums „Seminar“ an den Wochenenden weiterhin gewährleisten zu können, werden folgende Anlagen-Erweiterungsmöglichkeiten vorgeschlagen: Durch die kostengünstige Installation eines Präsenzmelders, eines CO₂-Sensors oder eines manuell bedienbaren Tasters kann bei Nutzung dieser Räumlichkeiten die Gewerbe-Lüftungsanlage auch dann aktiviert werden, wenn sich die Anlage laut Zeitprogramm im AUS-Betriebszustand befindet.

- **Kühlung mit Brunnenwasser**

Unter Betrachtung der Stromaufwände für die Brunnenpumpe der Kühlung wird deutlich, dass die Jahresarbeitszahl der Kühllösung (Verhältnis der Nutzkälte zu aufgewendeter elektrischer Energie über den Betrachtungszeitraum eines Jahres) mit 0,4 relativ gering ausfällt. Dies ist mit der hohen Laufzeit der Brunnenpumpe zu begründen.

Die Monitoringdaten zeigen, dass die Brunnenpumpe auch dann aktiv ist, wenn keine Kälteanforderung der Lüftungsanlagen im Wohnprojekt Wien vorliegt. Z.B. läuft die Pumpe im Sommer meist während der Nachtstunden durch, obwohl keine Kälte über die

Kühlregister der Lüftungsanlagen abgegeben wird. Ebenso ist die starr geregelte Umwälzpumpe in der Übergangszeiten Frühjahr und Herbst viel mehr in Aktivität als die Kühlregister Kälte benötigen.

Es wird empfohlen, eine Optimierung bei der Regelung der Brunnenpumpe vorzunehmen. Die Ansteuerung der Brunnenpumpe sollte nur dann erfolgen, wenn eine der beiden Lüftungsanlagen Kälte anfordert. Ansonsten sollte die Pumpe abgeschaltet sein. Die Strom-Einsparungen für die Brunnenpumpe lassen sich mit mindestens 30% bzw. 3.000 – 4.000 kWh pro Jahr abschätzen. Die Jahresarbeitszahl der Kühllösung würde nach Umsetzung dieser Maßnahme deutlich besser ausfallen.

Im Zuge von Recherchen gemeinsam mit den Verantwortlichen BewohnerInnen des Wohnprojekts konnte herausgefunden werden, dass die Brunnenpumpe eventuell auch für die Kühlwasser-Versorgung eines benachbarten Wohnobjekts dient. Dieser Mutmaßung wird weiter nachgegangen, um für die Zukunft einen optimalen Betrieb und eine etwaige Kostenteilung umzusetzen.

- **Steigerung der Photovoltaik-Eigenstromnutzung**

Die Photovoltaik-Erträge dienen der Haustechnik-Versorgung. Im Messzeitraum konnten dafür 65% des PV-Ertrags hausintern genutzt werden. Der Stromüberschuss von 35% des Ertrags wurde in das öffentliche Netz eingespeist.

Im Zuge des Monitoringprojekts wurde festgestellt, dass der Verbraucher „Brunnenpumpe“ (dient der Kühlung) nicht am Versorgungsstrang ausgehend vom Haustechnik-Abrechnungszähler, sondern am separaten Allgemeinstrom-Zähler angeschlossen ist. Durch eine Änderung des Brunnenpumpen-Anschlusses auf den Haustechnik-Versorgungsstrang kann die PV-Eigenstromnutzung auf ca. 85% gesteigert werden. Weiters könnte auch die Stromversorgung für den Lift an den Haustechnik-Abrechnungszähler angeschlossen und der Abrechnungszähler „Lift“ beim Stromnetzbetreiber abgemeldet werden.

Es ist anzumerken, dass diese Maßnahmen keinen positiven Effekt auf die Energieeffizienz haben, vielmehr steigern sie aber die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage und senken die Haubetriebskosten.

- **Optimierung des Raumkomforts im Sommer und Steigerung der Energieeffizienz durch Anpassung des Lüftungsverhaltens**

- Um die sommerliche Überhitzung von Wohnungen zu verringern, sollten die bestehenden Verschattungseinrichtungen gezielt eingesetzt werden. Im Sommer sollte immer auf ausreichenden Sonnenschutz, auch während der Abwesenheit, geachtet werden. Des Weiteren kann durch verstärkte Fensterlüftung in den Abend- und Nachtstunden Überhitzungswärme abgeführt werden.
- Die Messdaten der Referenzräume lassen darauf schließen, dass insbesondere in einer Referenzwohnung während der Heizperiode vormittags sehr häufig über mehrere Stunden per Fensterlüftung gelüftet wird. Dies führt zu starker Abkühlung der Räumlichkeiten und somit zu Wärmeverlusten. Im Sinne der Energieeffizienz ist das Lüften mittels Stoßlüftung (5 bis 10 Minuten) zu empfehlen. Nach erfolgtem Luftaustausch sollten die Fenster wieder geschlossen werden.

- Es wird empfohlen, die BewohnerInnen im Zuge eines Informationsabends über energieeffizientes Lüften im Sommer und Winter aufzuklären.
- Die Monitoringdaten der Sommermonate zeigen, dass die abgefragten Kälteleistungen bei beiden Lüftungsanlagen maximal 50% der Auslegungsleistung der Kühlregister betragen. Dies lässt darauf schließen, dass noch Potentiale für eine etwaige intensivere Zuluft-Konditionierung während Hitzeperioden vorliegen. Mit einer Absenkung der Soll-Zuluft-Temperaturen während Hitzeperioden (durch manuelle Einstellungen an der Regelung oder automatisiert durch Implementierung einer Regelung nach Außentemperatur geführter Kühlkurve) könnte ein höherer Kühlbeitrag durch die Lüftungsanlagen in den Bereichen Wohnen und/oder Gewerbe realisiert werden.

4.3.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 18: Wohnprojekt Wien - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Wohnnutzung (Miete) und Gewerbeflächen
Integraler Planungsprozess	Der Verein Wohnprojekt Wien, Verein für Nachhaltiges Leben hat als Eigentümer den Planungsprozess aktiv geleitet.
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung durch Selbstorganisation der BewohnerInnen mit Unterstützung von externen Wartungsfirmen
Energiemonitoring	Es liegt im Gebäude kein eigenes Monitoringsystem vor.

Im Wohnprojekt Wien gibt es eine nach soziokratischen Prinzipien aufgebaute Organisation und aus mehreren Arbeitsgruppen bestehende Form der Selbstverwaltung. Die Arbeitsgruppe (AG) Bau kümmert sich einerseits um die bauliche Instandhaltung und Optimierung der technischen Anlagen, andererseits um die Information der BewohnerInnen zu technischen Themen (z.B. richtige Einstellung der Lüftungsanlage und der Fußbodenheizung). Zusätzlich gibt es noch die AG Öko, die sich um die generelle Information der BewohnerInnen zum Thema Energiesparen und umweltfreundliche Verhaltensweisen kümmert. Somit gibt es einen regelmäßigen Informationsfluss zu allen BewohnerInnen zum Thema Energiesparen sowie klare AnsprechpartnerInnen.

Folgende **Optimierungsprojekte** wurden bis dato bereits durchgeführt:

- Optimierung der Lüftungsanlage: Ausgangspunkt war eine in einigen Wohnungen als störend empfundene Geräuschentwicklung. Unter Beiziehung von Sachverständigen konnten aber auch Anpassungen der Luftwechselraten an die BewohnerInnensituation jeder Wohneinheit ohne Komfortverlust vorgenommen werden.
- Optimierung der Einstellung der Fußbodenheizungen in allen Wohnungen
- Optimierung der Einschaltzeiten der Gewerbelüftung
- Nachrüstung von Verschattungslösungen in einigen Wohnungen

Die BewohnerInnen sind gemessen an den Rückmeldungen an die AG Bau mit den Temperaturen und der Wohnraumlüftung inzwischen zufrieden. Hin und wieder gibt es Meldungen, dass Wohnungen zu

warm sind (v.a. in der Übergangszeit). Die südseitigen Wohnungen sind generell sehr warm und im Sommer auf den Einsatz der Verschattungslösungen angewiesen.

Die Photovoltaikanlage funktioniert gut. Die generierte Energie steht nach der Installation allerdings erst nach großem organisatorischem Aufwand (Abklärung und Umsetzung mit dem Stromnetzbetreiber) auch für die Eigenverbrauchs-Deckung zur Verfügung.

Im Bereich der Anlagendokumentation gibt es große Lücken. Dies ist damit zu begründen, dass während der Bauphase in Folge einer Insolvenz des Generalunternehmers die ausführenden Firmen im Bereich Elektro und HKLS gewechselt wurden. So ist oft nicht klar, welche Anlagen genau auf welchen Zählern aufgeschaltet sind oder wie die Steuerung von Anlagen funktioniert. Hier ist selbst ein bemühtes Team oft überfordert, die komplexe Gebäudetechnik zu verstehen.

Ursprünglich waren fernauslesbare Zähler (z.B. Warmwasser für jede Wohnung, Fußbodenheizung für jede Wohnung, Zähler für die gesamte Fußbodenheizung) ausgeschrieben gewesen, wurden aber aus unterschiedlichen Gründen nicht in dieser Form realisiert. In den ersten drei Betriebsjahren wurde durch das regelmäßige Ablesen aller Zähler versucht, eine Energiebuchhaltung aufzubauen. Durch fehlende Zähler und eine fehlende zeitliche Auflösung war die Aussagekraft dieser einfachen Energiebuchhaltung beschränkt.

Die Ergebnisse des Projektes mit e7 wurden mit großem Interesse im Energieteam der AG Bau des Wohnprojektes im Detail diskutiert und die identifizierten Optimierungspotentiale werden sicher weiterverfolgt und zum großen Teil umgesetzt werden.

Im Wohnprojekt zeigt sich, dass es für die sinnvolle Identifikation, Auswertung und Umsetzung von abgeleiteter Optimierungspotentialen sowohl ein detailliertes Energiemonitoring-System als auch engagierte BewohnerInnen braucht.

4.4 Passivhaus Wohnhaus St. Paulus

Tabelle 19: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Passivhaus-Wohnhaus, Teil des Stadtquartiers bei der Pfarrkirche St. Paulus		
Objektnutzung: Wohnhaus	Standort: Reichenauerstraße 74, 6020 Innsbruck	Fertigstellung: 2017
 <p>Abbildung 14: Wohnhaus St. Paulus, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH</p>	 <p>Abbildung 15: Wohnhaus St. Paulus, Nord-Ost-Ansicht, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH</p>	 <p>Abbildung 16: Wohnhaus St. Paulus, Nord-West-Ansicht, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH</p>

Das Wohnhaus St. Paulus befindet sich östlich zur bestehenden Gedächtniskirche St. Paulus. Es ist ein 10-stöckiges Passivhaus mit 70 Mietwohnungen, welche u.a. auch für „betreutes Wohnen“ genutzt werden. Das Wohnhaus schließt an eine bestehende Parkanlage an und bietet qualitätvollen Wohnraum.

Die 70 Mietwohnungen sind in Zwei-, Drei- und Vierzimmer-Wohnungen aufgeteilt und verfügen teilweise über Loggien. Das Wohnhaus verfügt über mehrere Aufzüge und auch die Kellerabteile, Technik- und Nebenräume im zweiten Untergeschoß sind damit barrierefrei erreichbar.

Das gesamte Quartier wurde klimaaktiv zertifiziert und besteht aus drei Baukörpern, einer davon ist das Wohnhaus. Das Passivhaus-Wohnhaus St. Paulus wurde mit klimaaktiv Bronze ausgezeichnet.

Alle drei Quartiergebäude sind unterirdisch über eine gemeinsame Tiefgarage miteinander verbunden.

Tabelle 20: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt	
BGF	6.110 m ²	Eigentümer:	Neue Heimat Tirol
HWB (RK)	8,3 kWh/m ² a	Gemeinnützige WohnungsGmbH	
HWB (SK)	9,1 kWh/m ² a	Name:	Prok. Ing. Engelbert Spiß
Architektur	Marte.Marte Architekten ZT GmbH	Web:	https://neueheimat.tirol

4.4.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Mittelschwere Bauweise im Passivhausstandard, 13-geschoßig
- 1 kompakter Wohnhaus-Bauteil, $A/V = 0,25 [1/m]$, charakteristische Länge 3,99 [m]
- Stahlbetonskelett
- Stahlbeton-Außenwandkonstruktion: Stahlbeton, Steinwolldämmplatten, Unterputz, Luftebene/Holzlattung, Fassadenelemente
- Holzbau-Außenwandkonstruktion: Gipskartonplatten, Steinwolldämmplatten, OSB-Platten, Unterkonstruktion (25 %) mit Steinwolldämmplatten (75 %), AGEPAN® DWD (Platten)
- Fenster mit 3-Scheiben-Verglasungen
- Flachdach in Umkehrdach-Ausführung

4.4.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 21: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Zentrale Wärmeversorgung durch Fernwärme (105 kW) und solarthermische Anlage für das Wohnhaus (Bruttokollektorfläche: 88 m ²)
Brauch-Warmwasser	Dezentrale Brauch-Warmwasserbereitung mit Wohnungsstationen
Kühlung	Nicht vorhanden
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Warmwasserspeicher (2 x 5.000 Liter), Wärmeverteilung über Zweileitersystem zur Versorgung der Wohnungsstationen und der Radiatoren, Wärmeabgabe durch Radiatoren (Auslegungstemperaturen: 60°C/35°C), zwei Heizregister (2 raumluftechnische Anlagen)
Lüftungstechnik	2 Raumluftechnische Anlagen (jeweils 2.600 m ³ /h Nennvolumenstrom) zur kontrollierten Be- und Entlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, freie Dachaufstellung
Elektrische Energie	Öffentliches Netz

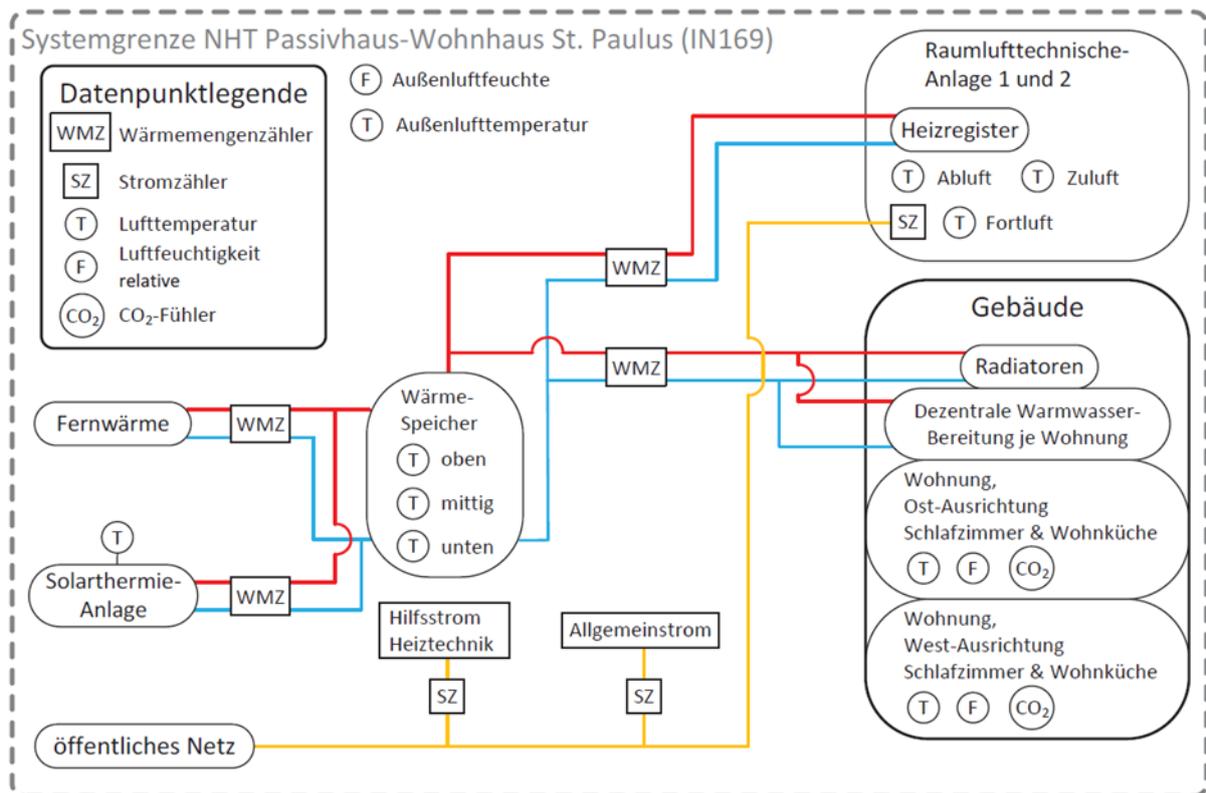


Abbildung 17: Prinzipschema Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.4.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 22: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	6 110	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	4 030	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	3 160	Kd
HGT _{24,5/12} lt. Messung	4 058	Kd
Heizenergiebedarf (HEB) lt. Energieausweis ⁵ nach OIB-Richtlinien 2011	39,1	kWh/m ² a
Heizenergie-Verbrauchprognose nach PHPP ⁶ (Version 9.7)	58,0	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	59,0	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	58,9	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	36,4	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Solarthermie am Heizenergieverbrauch	10	%
Stromverbrauch Allgemeinflächen und Haustechnik	7,2	kWh/m ² a
<i>Heiztechnik</i>	1,0	kWh/m ² a
<i>Lüftungsanlagen</i>	4,2	kWh/m ² a
<i>Allgemein-Beleuchtung, Lift u. sonstige Verbraucher</i>	2,1	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	60,2	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	58,4	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	5,6	kg/m ² a

⁵ Definition HEB gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

⁶ Energiebilanzierungs- und Planungstool PHPP (Version 9.7) für Passivhäuser und effiziente Gebäude und Sanierungen mit Raumtemperaturen und Warmwasserverbrauchsverhalten lt. Messung

Abbildung 18 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von Juli 2019 bis Juni 2020. Der monatliche Strom-Netzbezug für Allgemeinflächen und Haustechnik verhält sich weitgehend konstant im Bereich von 3.300 – 4.300 kWh pro Monat. Die Deckung des Wärmeverbrauchs der Wohnhausanlage erfolgt durch Fernwärme und einer Solarthermieanlage.

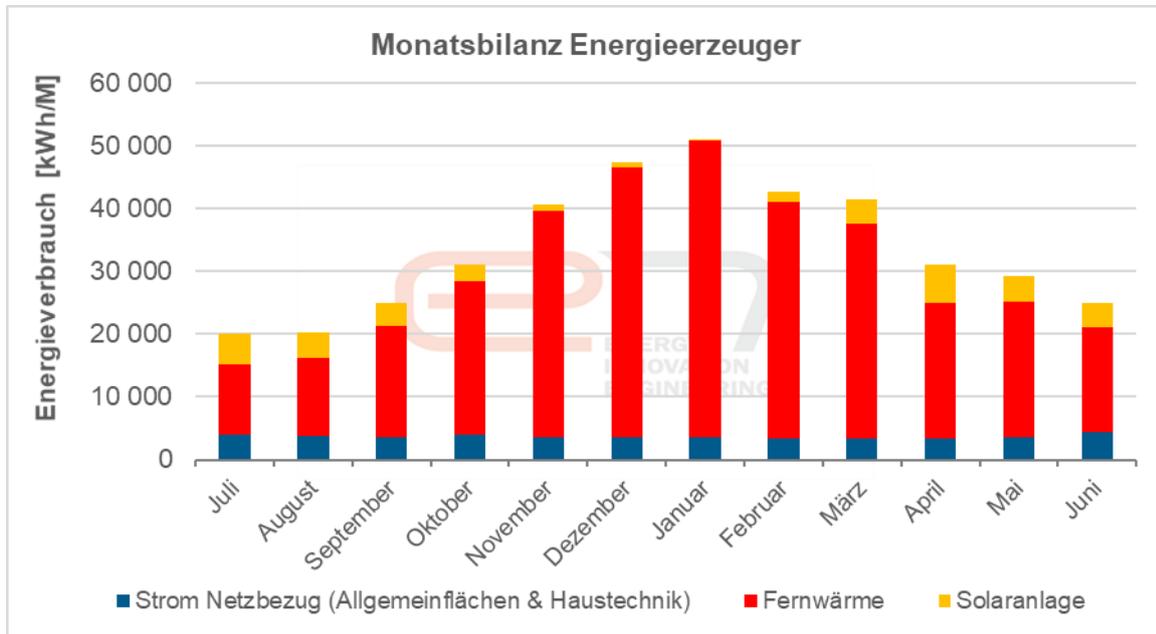


Abbildung 18: Energiebilanz Energieerzeuger, Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 19 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für den Messzeitraum dar:

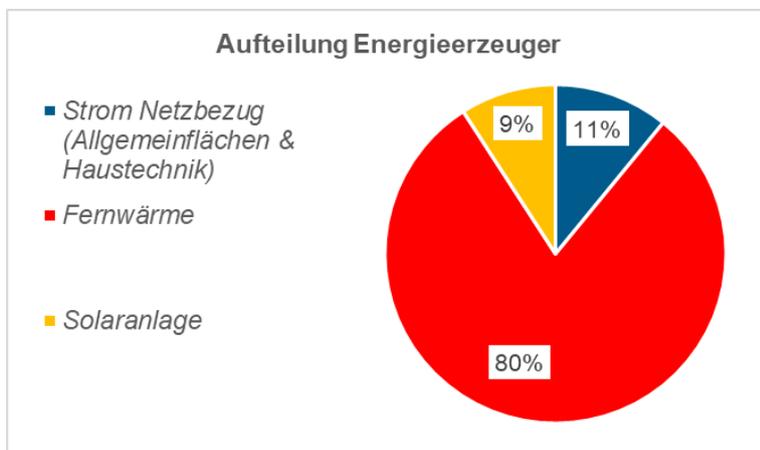


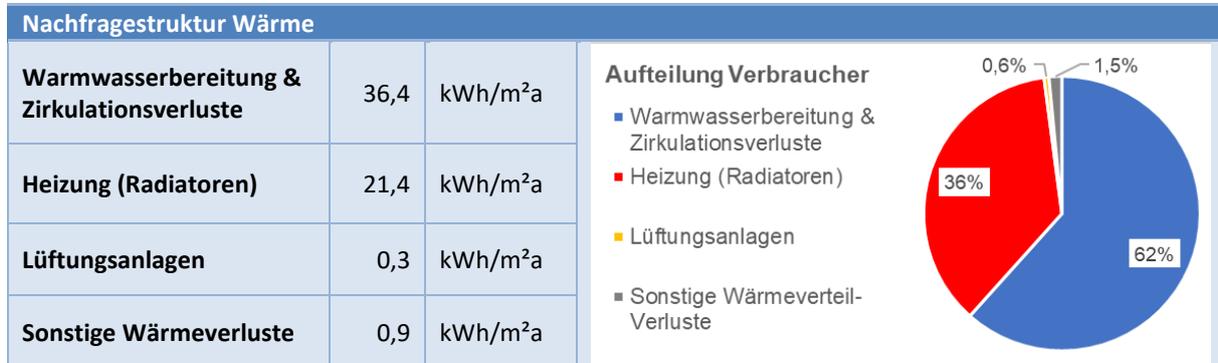
Abbildung 19: Jahresverbrauch Endenergie Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Strom-Netzbezug für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt 11% der gesamten Energiemenge. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme (80% des Gesamtenergieverbrauchs) und durch die Solarthermieanlage (9% des Gesamtenergieverbrauchs).

4.4.4 Energie-Nachfragestruktur

4.4.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 23: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum Juli 2019 – Juni 2020 beträgt rund 360.700 kWh. Dies korreliert mit der Verbrauchsprognose nach PHPP (lt. Messwerten) mit rund 354.000 kWh/a.

Davon sind 62% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste)⁷ zuzurechnen. Der spezifische Verbrauch für Warmwasserbereitung und Zirkulationsverluste beträgt 36,4 kWh/m²_{BGFa}, was als hoch zu bewerten ist. Die Warmwasser-Verbrauchsprognose nach PHPP ergibt hier einen ähnlich hohen Wert von 33,0 kWh/m²_{BGFa}. Es ist davon auszugehen, dass durch die Corona-Pandemie ein erhöhter Warmwasserverbrauch hervorgerufen wurde, da sich dadurch die Aufenthaltszeiten der BewohnerInnen in den Wohnungen erhöht haben.

Die Raumwärme wird durch Radiatoren bereitgestellt, die einen Verbrauchsanteil von 36% hervorrufen. Ein geringer Verbrauchsanteil von 0,6% wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen in den Wintermonaten abgefragt. Weiters fallen ungefähr 1,5% an Verteil- und Speicherverluste an.

Der spezifische Heizenergieverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) beträgt 59,0 kWh/m²_{BGFa}. Der gemessene Heizenergieverbrauch übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises um 51%. Das ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass der Energieverbrauch für Warmwasserbereitung um 15,3 kWh/m²a höher liegt als der Warmwasserverbrauch lt. Energieausweis (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011, WWWB+HTEBww). Zum anderen zeigen die Messungen in den Referenzräumen, dass mittlere Raumtemperaturen in der Heizperiode im Bereich von 24,5°C (siehe Kapitel 4.4.6) vorliegen, was den Energieverbrauch für Raumwärme im Vergleich zum Energieausweis erheblich steigen lässt (die Soll-Innentemperatur lt. Energieausweis beträgt 20°C).

⁷ Die Bestimmung des Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung inkl. Zirkulationsverluste für das Zweileitersystem erfolgte nach folgender Methode: Die gemessenen Wärmeverbräuche während der Sommermonate (Raumheizung ist deaktiviert) wurden gemittelt und unter Anwendung eines standardisierten Warmwasserverbrauchsprofils für Mehrfamilienhäuser auf das Gesamtjahr hochgerechnet. Die ganzjährigen Wärmeverteilverluste werden der Warmwasserbereitung zugeteilt.

Für den Abgleich der Messwerte wurde eine PHPP⁸-Berechnung angestellt. Die Verbrauchsprognose für Raumwärme und Warmwasser nach PHPP (realistische Annahme: mittlere Raumtemperatur beträgt 23,5°C und angepasster Warmwasserverbrauch lt. Messung) ergibt rund 58 kWh/m²_{BGFA} und deckt sich nahezu mit dem ermittelten Heizenergieverbrauch aus dem Monitoring mit 59,0 kWh/m²_{BGFA}. Diese Berechnung bestätigt, dass die gemessenen Mehrverbräuche gegenüber dem Energieausweis vom Verhalten der NutzerInnen (höhere Raumtemperaturen und höherer Warmwasserbezug) hervorgerufen werden. Demnach wurde das Passivhaus ordnungsgemäß ausgelegt und umgesetzt.

Nachfolgende Abbildung 20 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

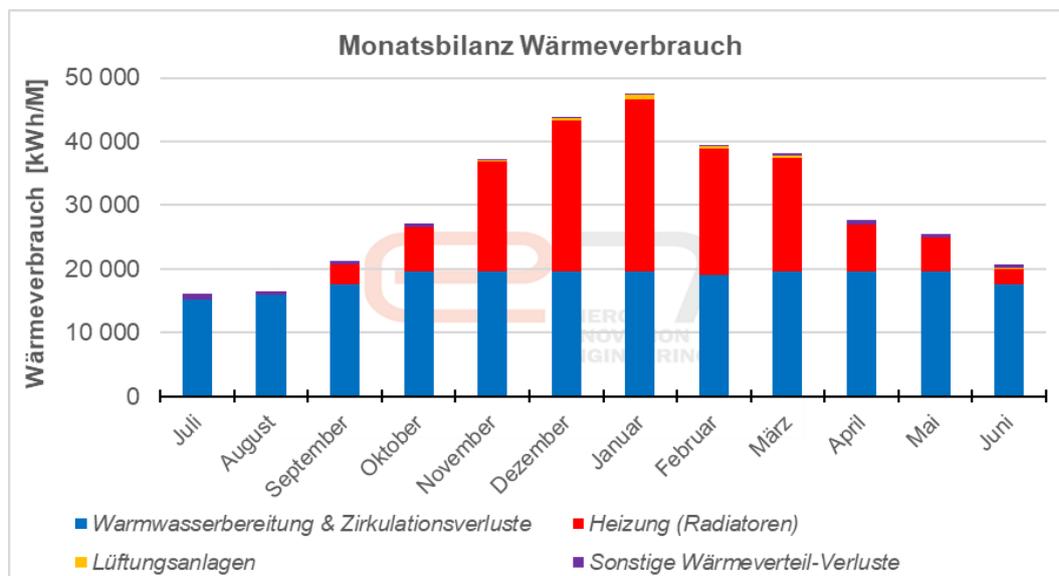


Abbildung 20: Monatlicher Verbrauch Wärme, Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Wärmebereitstellung beim Passivhaus Wohnhaus St. Paulus erfolgt durch Fernwärme und Solarthermie. Im Messzeitraum wurden 10% der Wärmenachfrage des Wohnhauses durch die Solarthermieanlage gedeckt, 90% wurden durch Fernwärme bereitgestellt. Die Solarthermieanlage konnte im Monat Juli 2019 den höchsten monatlichen Erzeugungsanteil von 31% der Gesamtwärmeerzeugung erzielen.

⁸ PHPP - Passivhaus-Projektierungspaket: Für die Planung und Projektierung des Objekts wurde das international anerkannte Energiebilanzierungs- und Planungstool PHPP (Version 9.7) für Passivhäuser und effiziente Gebäude und Sanierungen verwendet.

4.4.4.2 Stromverbrauch und Benchmarks

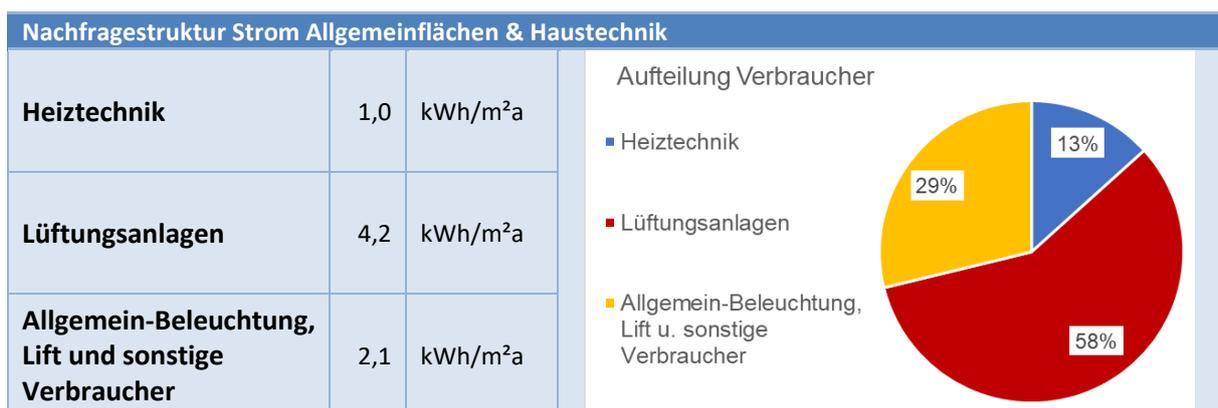
Für das Passivhaus Wohnhaus St. Paulus wurden sämtliche Stromverbräuche der Allgemeinflächen und Haustechnik erfasst. Die Haushaltsstromverbräuche wurden nicht ermittelt.

Tabelle 24: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik

Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik, Messzeitraum: 1.7.2019 – 30.6.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik	7,2	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung Allgemeinflächen & Haustechnik	3,8	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast Allgemeinflächen & Haustechnik	0,7	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 44.075 kWh, bzw. 7,2 kWh/m²_{BGFa}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Die maximale Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 23 kW, bzw. 3,8 W/m²_{BGF}. Die Strom-Grundlast für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt ca. 4,2 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 37.200 kWh hervor (84% des Gesamtstromverbrauchs). Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.

Tabelle 25: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik



Der größte Verbrauchsanteil am Stromverbrauch für Allgemeinflächen und Haustechnik entfällt auf die beiden Lüftungsanlagen mit einem Verbrauchsanteil von 58%. Die Kategorie Allgemein-Beleuchtung, Lift und sonstige Verbraucher rufen einen Anteil von 29% hervor. Die Verbräuche der Heiztechnik (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) liegen bei einem Anteil von 13%.

4.4.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 44.075 kWh, bzw. 7,2 kWh/m²_{BGFa}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.
- Der Grundlastverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt mit rund 37.200 kWh bei 84%. Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die beiden Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.
- Neben den Lüftungsanlagen mit einem spezifischen Stromverbrauch von 4,2 kWh/m²a (58% des Gesamtstromverbrauchs) ist die Verbrauchskategorie Beleuchtung, Lift und sonstige Verbraucher mit 2,1 kWh/m² (29% des Gesamtstromverbrauchs) von Bedeutung. Der Heiztechnik-Verbrauch (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) ist mit einem Allgemeinstrom-Anteil von 13% relativ gering.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 360.700 kWh, bzw. 59,0 kWh/m²a. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen Fernwärmeanschluss und der Solarthermieanlage. Im Messzeitraum wurden 10% der Wärmenachfrage des Wohnhauses durch die Solarthermieanlage gedeckt, 90% wurde durch Fernwärme bereitgestellt.
- Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch beträgt 58,9 kWh/m²a und ist damit um den Faktor 1,5 höher als der standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises (39,1 kWh/m²a). Der spezifische Heizenergieverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) beträgt 59,0 kWh/m²a. Diese Abweichung zum Energieausweis ist hauptsächlich auf zwei Aspekte zurückzuführen. Zum einen ist der gemessene Energieverbrauch für Warmwasserbereitung deutlich höher, als jener im Energieausweis (+15,3 kWh/m²a). Zum anderen zeigen die Messungen in den Referenzräumen, dass die mittleren Raumtemperaturen in der Heizperiode bei durchschnittlich 24,5°C liegen, was deutlich höhere Energieverbräuche für Raumwärme hervorruft. Ein Abgleich der Messwerte mit einer PHPP-Berechnung bestätigt, dass die gemessenen Mehrverbräuche gegenüber dem Energieausweis vom Verhalten der NutzerInnen (höhere Raumtemperaturen und höherer Warmwasserbezug) hervorgerufen werden.
- Rund 62% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen (36,4 kWh/m²a). Die Raumheizung per Radiatoren weist einen Verbrauchsanteil von 36% auf (21,4 kWh/m²a). Ein sehr geringer Verbrauchsanteil von 0,6% (0,3 kWh/m²a) wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen in den Wintermonaten abgefragt.
- Der jährliche Gesamtertrag der solarthermischen Anlage beträgt ca. 36.800 kWh, bzw. 418 kWh/m² Bruttofläche, welches für diesen Standort als gut zu beurteilen ist. Die Anlage dient zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung und leistet dabei einen Beitrag von 10% der Gesamtwärmeerzeugung für das Wohnhaus.

4.4.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurden von 2 Wohnungen das Schlafzimmer und die Küche/Ess-/Wohnzimmer herangezogen:

- **Nr. 1 Küche/Ess-/Wohnzimmer** und **Nr. 2 Schlafzimmer**: 5.OG Wohnung Ost, Wohn-Nutzfläche 63,5 m²
- **Nr. 3 Küche/Ess-/Wohnzimmer** und **Nr. 4 Schlafzimmer**: 5.OG Wohnung West, Wohn-Nutzfläche 63,5 m²

Beide Wohnungen sind an BewohnerInnen im Rahmen von betreutem Wohnen vermietet. Die NutzerInnen bewohnen die Wohnungen üblicherweise nur unter der Woche. Eine Fensterlüftung ist nicht möglich (die Griffe sind aus Sicherheitsgründen demontiert).

Tabelle 26: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020					
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,9	23,7	25,2	25,3	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	24,6	25,2	25,6	26,6	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	19,9	19,3	18,2	18,3	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	6%	12%	43%	52%	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	0%	0%	0%	0%	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume.

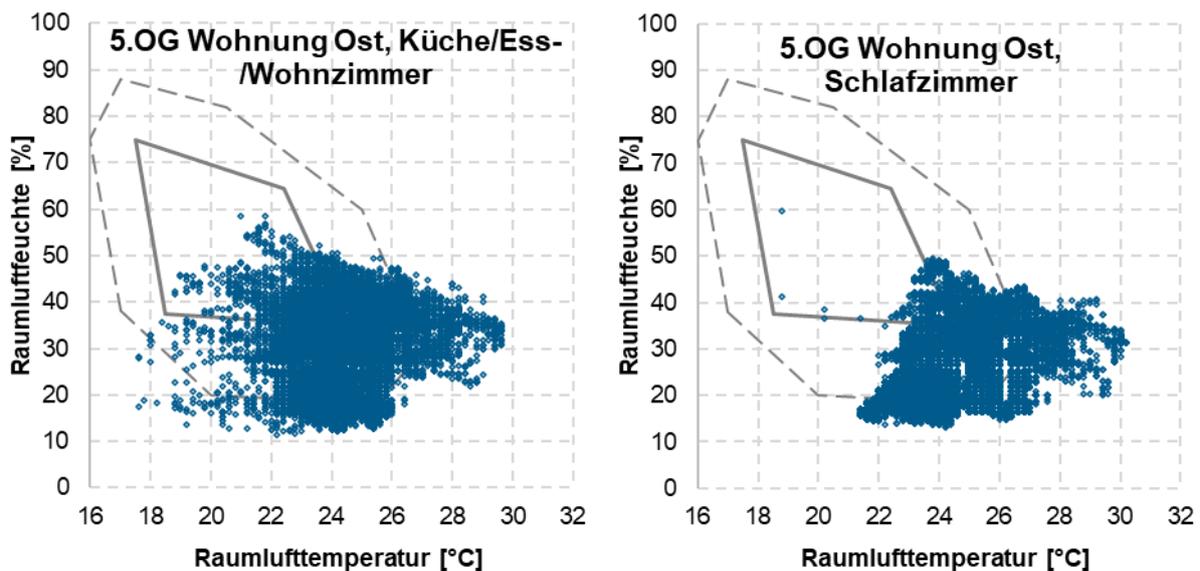


Abbildung 21: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

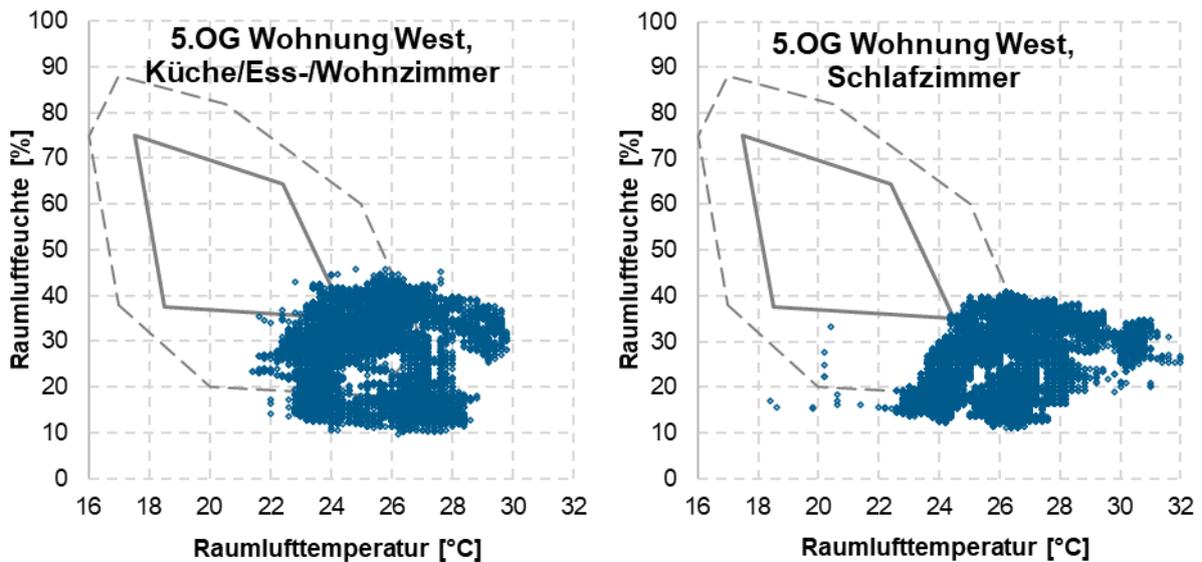


Abbildung 22: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Messzeitraum können folgende Aussagen durch das Komfortmonitoring getroffen werden:

- Generell kann für **alle Referenzräume** festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter **während der Heizperiode** weitestgehend im behaglichen Bereich befinden. Allerdings liegen die Raumlufffeuchten vielfach unterhalb des optimalen Bereichs für Wohn- und Schlafräume (40-60%; vgl. mittlere Raumlufffeuchte in der Tabelle am Beginn des Kapitels). Dies lässt auf einen zu hohen Luftwechsel schließen. Zu begründen ist die niedrige Raumlufffeuchte damit, dass zum einen in diesem Wohnobjekt keine bedarfsabhängige Regelung der Lüftung vorliegt und zum anderen speziell bei diesen Referenzwohnungen nutzungsbedingt verhältnismäßig wenig Feuchte eingetragen wird (z.B. keine Anwesenheit am Wochenende).
- **5. OG Wohnung Ost (Nr. 1 & 2):** Während der Sommerperiode 2019 treten in beiden Referenzräumen hohe Raumtemperaturen (bis zu 30°C) auf. Der Anteil der Überhitzungsstunden ist im Sommer erhöht, jedoch ist er im Vergleich zur Referenzwohnung 5. OG Wohnung West deutlich niedriger. Die mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode liegt in beiden Referenzräumen bei rund 24°C.
- **5. OG Wohnung West (Nr. 3 & 4):** Während der Sommerperiode 2019 treten in beiden Referenzräumen sehr hohe Raumtemperaturen (im Schlafzimmer bis zu 32°C) auf. Grundsätzlich zeigt sich hier, dass das Überhitzungspotenzial bei West-orientierten Wohnungen deutlich höher ist. Der Anteil der Überhitzungsstunden ist in dieser Wohnung sehr hoch (Küche/Ess-/Wohnzimmer 43% bzw. Schlafzimmer 52% der Gesamtjahresstunden weisen Raumtemperaturen größer 26°C auf). Aber auch in der Heizperiode liegt die mittlere Raumtemperatur in beiden Referenzräumen bei knapp über 25°C. Dieser Wert lässt darauf schließen, dass die BewohnerInnen dieser Wohnung grundsätzlich höhere Wohnraumtemperaturen wählen als jene der Wohnung Ost.

Auffällig ist, dass ab Anfang Februar 2020 die Wohnraumtemperatur um ca. 3 Kelvin auf eine Temperatur von etwa 27°C angehoben und dies bis Ende Mai auf diesem hohen Niveau gehalten wurde. Recherchen des Gebäudeeigentümers ergaben, dass die BewohnerInnen der Wohnung den Heizkörper gezielt voll öffnen. Es wird daher darauf hingewiesen, dass die hier auftretende Übertemperatur gezielt gewünscht wird, diese Bedingungen jedoch nicht die üblichen Raumtemperaturen anderer Wohnungen in dem Objekt widerspiegeln.

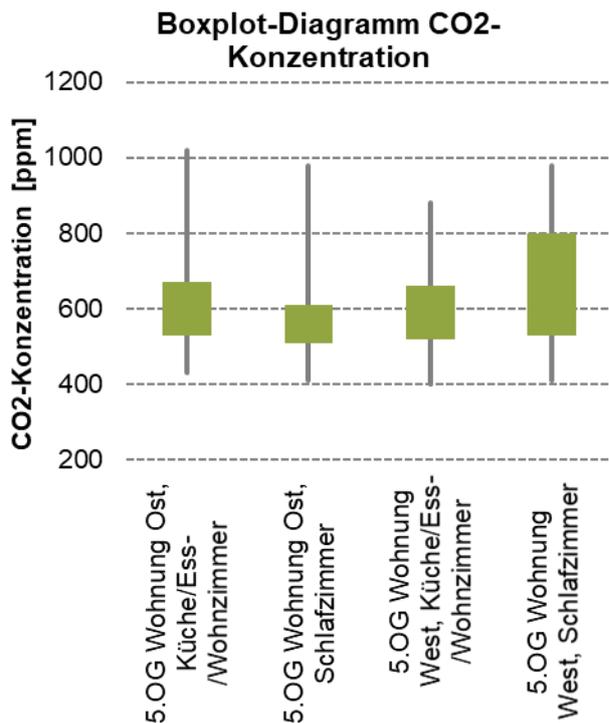


Abbildung 23 zeigt die CO2-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot-Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert. Das CO2-Monitoring zeigt, dass alle Referenzräume ganzjährig gute Raumluftqualitäten aufweisen. Diese Werte bestätigen aber auch, dass relativ hohe Luftwechsel ohne bedarfsabhängige Regelung vorliegen.

Abbildung 23: CO2-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.4.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Untersuchungs-Schwerpunkt: Der Eigentümer Neue Heimat Tirol (NHT) weist fundierte Erfahrung beim Bau von Passivhäusern auf. Die Lernerfahrungen der letzten Jahre sind in die Umsetzung vom Passivhaus Wohnhaus St. Paulus eingeflossen. Wie wirkt sich das auf den Energieverbrauch aus?

Das Passivhaus ist weltweit führender Standard beim energiesparenden Bauen – und seit langem Standard der NHT. Passivhäuser bieten niedrige Betriebskosten durch geringen Energieverbrauch, behaglichen Wohnkomfort, höchste Bauqualität und immer frische Luft.

Die wichtigsten Komponenten sind eine sehr gut gedämmte und luftdichte Gebäudehülle, Fenster mit dreifacher Wärmeschutzverglasung sowie eine Komfortlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Das Energie- und Komfortmonitoring beim Passivhaus Wohnhaus St. Paulus zeigt, dass die Umsetzung und der Betrieb dieser bedeutenden Komponenten in guter Qualität erfolgt ist. Die Lernerfahrungen von vorangegangenen Projekten sind in die Umsetzung vom Passivhaus Wohnhaus St. Paulus erfolgreich eingeflossen.

Durch das aufeinander abgestimmte Konzept eines Passivhauses sollen die Ziele einer ganzjährigen, guten Behaglichkeit und günstige Energiekosten erreicht werden. Bei dem vorliegenden Passivhaus kann das weitestgehend bestätigt werden. Dennoch können aus dem Monitoring Optimierungspotenziale abgeleitet werden.

Betreffend die Behaglichkeit wird empfohlen, Maßnahmen zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung und zur Erhöhung der Raumluftfeuchte im Winter zu treffen. An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass die vermessenen Referenzwohnungen im Rahmen von betreutem Wohnen genutzt werden und daher keiner Standard-Wohnnutzung unterliegen.

Unter Betrachtung der realen Energieverbräuche ist festzuhalten, dass diese nicht dem Normbedarf (Nutzungsrandbedingungen für Wohngebäude nach OIB RL6, ISO 13790) d.h. den in der Norm beschriebenen Raum-Solltemperaturen, Nutzungszeiten, internen Wärmequellen, Abminderungsfaktoren etc. entsprechen. Trotz der hohen Ausführungsqualität liegt aufgrund des Nutzerverhaltens ein hoher Wärmeverbrauch für Raumwärme vor. Dies lässt sich zum Teil mit den hohen Raumtemperaturen in der Heizperiode (vgl. Messungen Referenzwohnungen) begründen. Ebenso lassen die ermittelten Verbräuche für Warmwasserbereitung darauf schließen, dass diese deutlich vom Norm-Nutzerverhalten abweichen (dies kann auch durch die Gegenüberstellung der Warmwasserverbräuche mit den anderen Wohnobjekten des DeLight Monitoring Projekts bestätigt werden).

Unter Einbeziehung des tatsächlichen Nutzerverhaltens (reale Nutzungsrandbedingungen lt. Messung) zeigt die Verbrauchsprognose nach PHPP eine sehr gute Übereinstimmung mit den im Messzeitraum erhobenen Verbrauchswerten (vgl. Angaben in Abschnitt 4.4.4.1). D.h. die Planung und Ausführung als Passivhaus konnte auch hier erfolgreich umgesetzt und messtechnisch nachgewiesen werden.

4.4.8 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotenziale können aus den Energiemonitoringdaten abgeleitet werden:

- **Optimierung bei der Wärmeverteilung**

Die Wärmeverteilung für die Raumheizung und die dezentrale Warmwasserbereitung in den Wohnungen erfolgt im Zweileitersystem durch 2 Stränge für den Ost- und Westteil. Beide Stränge sind gleich groß dimensioniert.

Aus den Monitoringdaten lässt sich für die beiden Wärmeverteilstränge eine Zirkulations-Verlustleistung von ca. 21 kW ermitteln. Diese ganzjährigen Wärmeverluste tragen in der Winterperiode zur Heizung bei, in der Sommerperiode führen sie allerdings zur

Überwärmung des Wohngebäudes. Unter genauer Betrachtung der Zirkulationswärmeverluste je Verteilstrang fällt auf, dass der Strang 2 geringere Zirkulationsverluste aufweist (im Durchschnitt ca. -10% im Vergleich zu Strang 1).

Diese Erkenntnis lässt sich auch mit den gemessenen Vor- und Rücklauftemperaturen bestätigen: Beide Stränge 1 und 2 weisen eine Vorlauftemperatur von 60°C auf. Die Rücklauftemperaturen unterscheiden sich aber deutlich. Im Strang 2 liegt die Rücklauftemperatur ganzjährig um ca. 5 bis 9 K niedriger als im Strang 1. Es wird vermutet, dass die beiden Stränge mit unterschiedlichen Volumenströmen betrieben werden, wodurch sich die deutlichen Unterschiede der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf

ergeben.

Zur Verringerung der Wärmeverluste durch Zirkulation wird eine Einregulierung der Verteilstränge empfohlen. Der Volumenstrom im Strang 1 sollte auf das Niveau von Strang 2 eingestellt werden.

Wenn auch bei Strang 1 eine geringere Rücklauftemperatur umgesetzt werden kann, lässt sich damit eine Einsparung von rund 5% des jährlichen Gesamtwärmeverbrauchs erzielen. Weiters kann mit dieser Maßnahme die sommerliche Überhitzung im Westteil des Gebäudes verringert werden.

- **Sensibilisierung der BewohnerInnen mit dem Ziel der Verringerung des Wärmeverbrauchs**

Es wird empfohlen, die BewohnerInnen im Zuge einer Informationsveranstaltung über den hohen Wärmeenergieverbrauch im Gebäude zu informieren und Möglichkeiten für ein sparsameres Nutzerverhalten aufzuzeigen. Dabei sollte einerseits auf die Reduktion der Raumtemperaturen und andererseits auf die Verringerung des Warmwasserverbrauchs eingegangen werden.

In diesem Zusammenhang wird auf das vom Klima & Energiefonds geförderte Forschungsprojekt „*Speak Smart!* - Intelligente Städte durch intelligente Kommunikation“ hingewiesen, bei dem die NHT als Konsortialleiter eine „Community Ecoliteracy“, d.h. das Grundwissen (Selbstkompetenz) und Fähigkeiten im Bereich nachhaltiger Handlungsweisen entwickelt (Details siehe Abschnitt 0).

- **Optimierung des sommerlichen Raumkomforts in den Wohnungen**

- Um die starke sommerliche Überhitzung der Wohnungen zu verringern, sollten die bestehenden Verschattungseinrichtungen gezielt eingesetzt werden. Im Sommer sollte immer auf ausreichenden Sonnenschutz, auch während der Abwesenheit, geachtet werden. Des Weiteren kann durch verstärkte Fensterlüftung in den Abend- und Nachtstunden Überhitzungswärme abgeführt werden. Es wird empfohlen, betroffene BewohnerInnen im Zuge eines Informationsabends für diese Themen zu sensibilisieren.
- Durch Implementierung einer adiabaten Kühlung bei der Abluft von zentralen Lüftungsanlagen kann eine kostengünstige Kühllösung realisiert werden. Mittels bestehendem Wärmeübertrager wird in weiterer Folge die Zuluft gekühlt, was zu niedrigeren Raumluftbedingungen in den Wohnungen beitragen kann. Ob ein Einbau von adiabaten Kühlmöglichkeiten bei den bestehenden Lüftungsanlagen technisch möglich ist, ist mit dem Gerätehersteller abzustimmen.

4.4.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 27: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Wohnnutzung (Miete)
Integraler Planungsprozess	Der Eigentümer hat den Planungsprozess geleitet.
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird.

Aus Sicht der Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH gilt es zur Verbesserung der Energieeffizienz im Wohnsektor eine „Community Ecoliteracy“ zu schaffen, d.h. das Grundwissen (Selbstkompetenz) und Fähigkeiten im Bereich nachhaltiger Handlungsweisen aller Beteiligten zu entwickeln und die dazugehörigen Einflussfaktoren genau zu definieren. Aus diesem Grund wurde das Projekt „*Speak Smart!* - Intelligente Städte durch intelligente Kommunikation“ ins Leben gerufen (gefördertes Projekt des Klima- & Energiefonds).

Seit März 2020 erforscht die NHT (Konsortialleitung) gemeinsam mit den Projektpartnern Universität Innsbruck (Institut für Sozial-Psychologie, Institut für Mehrsprachigkeit), der Stadt Innsbruck und Energie Tirol neue Kommunikationsmöglichkeiten, die als wichtige Bestandteile zur Funktionsfähigkeit künftiger Smart Cities mit seinen oft komplexen Themenschwerpunkten Energieversorgung, -nutzung und -vernetzung und anhand einer zielgerichteten Sprache optimiert eingesetzt werden sollen.

Die bisherige Konzentration auf rein technologische Aspekte wird aufgebrochen und erstmals auch die notwendigen psychologischen und kommunikativen Komponenten auf gleicher Augenhöhe behandelt. MieterInnen gemeinnütziger Wohnbauträger bilden das „Living Lab“, um ökologisches Bewusstsein, den Zugang zum Thema Energieeffizienz und nachhaltiger Lebensweise als Grundlage für Sprache und Kommunikation multidimensional zu erheben.

Das interdisziplinäre Konsortium stellt sicher, dass die aus Mehrsprachigkeitsforschung, sozial-psychologischer Forschung sowie einer auf Simulation und Monitoring beruhenden „Performance Gap“-Analyse gewonnenen Erkenntnisse gebündelt, gleichwertig untersucht und analysiert werden. Durch die Verknüpfung der Ergebnisse werden zur Verhaltensbeeinflussung der NutzerInnen Interventionsmodelle entwickelt, die einerseits an den Wissens- und Informationsstand der Betroffenen anknüpft und andererseits die sprachlichen und soziokulturellen Bedürfnisse und Lebensrealitäten der BewohnerInnen besser berücksichtigt.

Die NHT errichtet bei Neubau- und Sanierungsobjekten standardmäßig eine Energiemonitoringinfrastruktur. Im vorliegenden Objekt erfolgt die Erfassung der Betriebsparameter und Energieflüsse in Kombination mit der Gebäudeautomation. Die Daten des Energiesystems werden im 15-Minutenintervall gesichert und stehen für eine regelmäßige Anlagenüberwachung und Analyse zur Verfügung, um einen langfristig nachhaltigen Betrieb der Wohnanlagen gewährleisten zu können.

4.5 Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1

Tabelle 28: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Gemeinsames Wohnen im Passivhaus – Wohnungen, Seniorenwohnungen und Studentenwohnheim		
Objektnutzung: Wohngebäude (Wohnungen, Senioren- und Studentenwohnungen)	Standort: Klosterwiesgasse 101a/b und 103 a/b, 8010 Graz	Fertigstellung: 2012
 <p>Abbildung 24: Messequartier Graz BA1, Luftbild, Ostansicht, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.</p>	 <p>Abbildung 25: Messequartier Graz BA1, nördlicher Innenbereich, Blick nach Westen, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.</p>	 <p>Abbildung 26: Messequartier Graz BA1, nördlicher Innenbereich, Blick nach Nordosten, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.</p>

Das Wohngebäude ist ein Teil des Messequartier Graz (Bauabschnitt 1) und ist das größte Passivhausprojekt der Steiermark. Das Passivhausprojekt erhielt im Jahr 2012 den Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit.

Das Gebäude liegt nordöstlich der Grazer Stadthalle. Der Wohnbereich gliedert sich in 149 Wohnungen, 90 Studentenheim-Plätze und 21 Seniorenwohnungen.

Am zum Teil begrünten Dach des Gebäudekomplexes befinden sich eine Solarthermieanlage, um die Energieversorgung umweltfreundlich zu unterstützen. Das Trinkwasser wird bedarfsgerecht direkt in den Wohnungen über Wohnungsstationen erwärmt, wodurch eine hygienische Warmwasserbereitung sichergestellt wird.

Nachhaltige Mobilitätslösungen haben beim Messequartier Graz einen hohen Stellenwert. Neben der guten öffentlichen Verkehrsanbindung wurde beispielsweise im Jahr 2018 ein e-Carsharing-System erprobt.

Tabelle 29: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	19.911 m ²	Eigentümer: ENW Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft m.b.H.
HWB (SK)	9,3 kWh/m ² a	
HWB (RK)	9,2 kWh/m ² a	
Architektur	Architekt DI Markus Perntaler ZT GmbH	Name: DI Ulla Baur Web: https://www.wohnbaugruppe.at/

4.5.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Mittelschwere Bauweise im Passivhausstandard, 8-geschoßig
- zwei miteinander verbundene Hauptbauteile
- 3-Scheiben-Verglasungen
- Außenwand-Aufbau: Dünnputz, äußeres Wärmedämmelement zweischichtig (EPS/F-Platten und Holzspan-Dämmplatten), Trägerschicht (Mantelbetonkern), inneres Wärmedämmelement (Holzspan-Dämmplatten)
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,33 [1/m]$, charakteristische Länge $3,04 [m]$

4.5.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 30: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Zentrale Wärmeversorgung durch Fernwärme für das gesamte Messequartier (aktueller Anschlusswert: 1,1 MW), Solarthermie-Anlage (sechs Kollektorfelder, 490 kW, Azimut: Süd-Ost-Orientierung, Neigung 55°) für das gesamte Messequartier
Brauch-Warmwasser	Dezentrale Brauch-Warmwasserbereitung mittels Wohnungsstationen
Kühlung	Nicht vorhanden
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Versorgung des Passivhaus Bauabschnitt 1 erfolgt ausgehend von der Heizungspufferspeicher-Zentrale des Messequartiers (3 x 25.000 Liter), Wärmeverteilsystem im Zweileitersystem (Auslegungstemperaturen 68/42°C) Wärmeabgabe durch Radiatoren und Heizregister bei sechs raumluftechnischen Anlagen
Lüftungstechnik	RLT-Anlagen, Wärmerückgewinnung mit Rotationswärmeübertrager (L03 – 3.400 m ³ /h, L05 – 5.710 m ³ /h, L06 – 2.300 m ³ /h, L08 – 3.900 m ³ /h, L09 – 4.870 m ³ /h, L10 – 3.200 m ³ /h)
Elektrische Energie	Öffentliches Netz

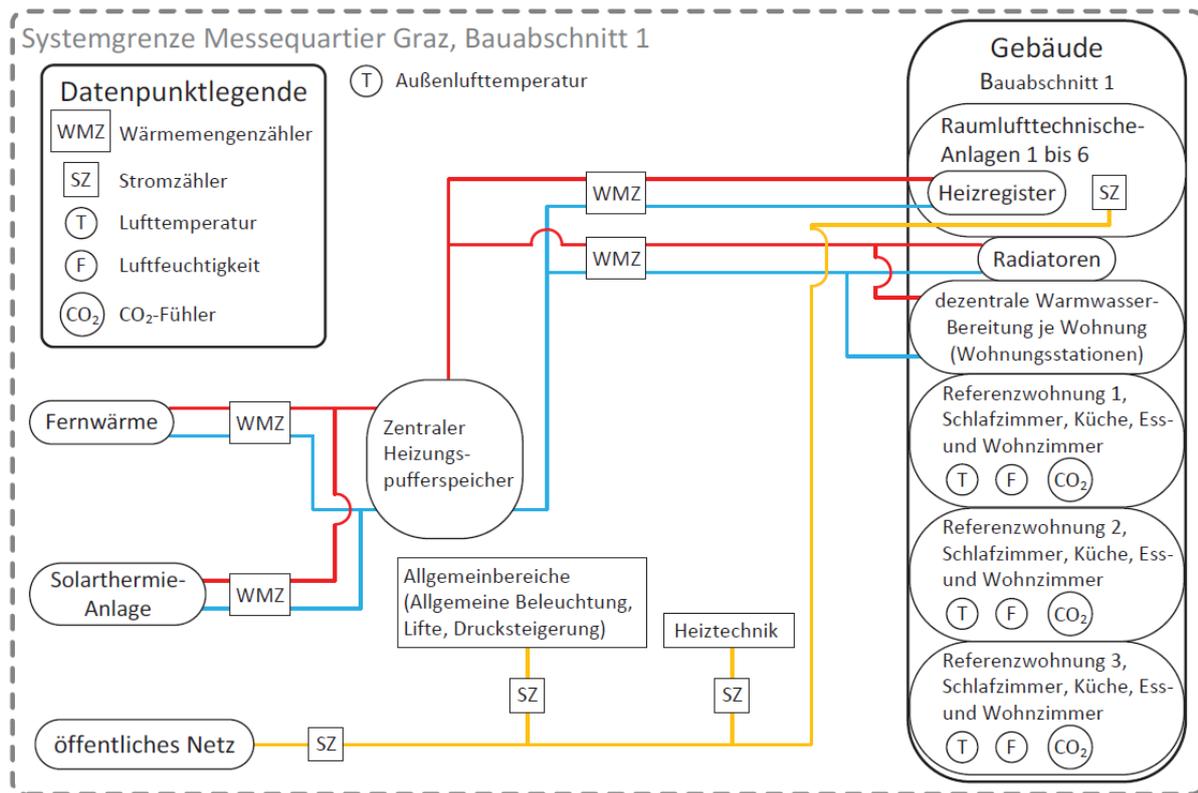


Abbildung 27: Prinzipschema Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.5.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 31: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. August 2019 – 31. Juli 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	19 911	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2007	3 579	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	2 173	Kd
HGT _{21,7/12} lt. Messung	2 431	Kd
Heizenergiebedarf (HEB) lt. Energieausweis ⁹ nach OIB-Richtlinien 2007	27,1	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	49,2	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	23,7	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Solarthermie am Heizenergieverbrauch	15	%
Stromverbrauch Allgemeinflächen und Haustechnik	11,0	kWh/m ² a
Heiztechnik	1,2	kWh/m ² a
Lüftungsanlagen	4,2	kWh/m ² a
Allgemein-Beleuchtung u. sonstige Verbraucher	4,9	kWh/m ² a
Lifte	0,7	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	52,3	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	54,2	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	5,6	kg/m ² a

⁹ Erläuterung des Begriffs Heizenergiebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

Abbildung 28 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von August 2019 bis Juli 2020. Der monatliche Strom-Netzbezug für Allgemeinflächen und Haustechnik verhält sich weitgehend konstant im Bereich von 17.000 – 20.000 kWh pro Monat. Die Deckung des Wärmeverbrauchs der Wohnhausanlage erfolgt durch Fernwärme und einer Solarthermieanlage.

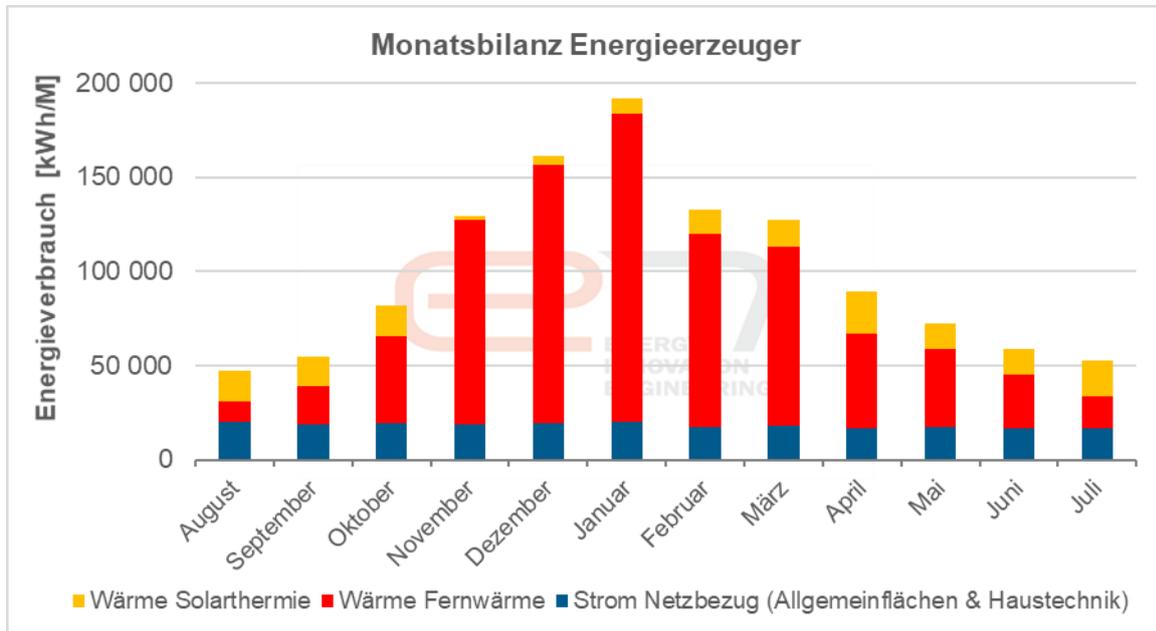


Abbildung 28: Energiebilanz Energieerzeuger, Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 29 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für den Messzeitraum dar:

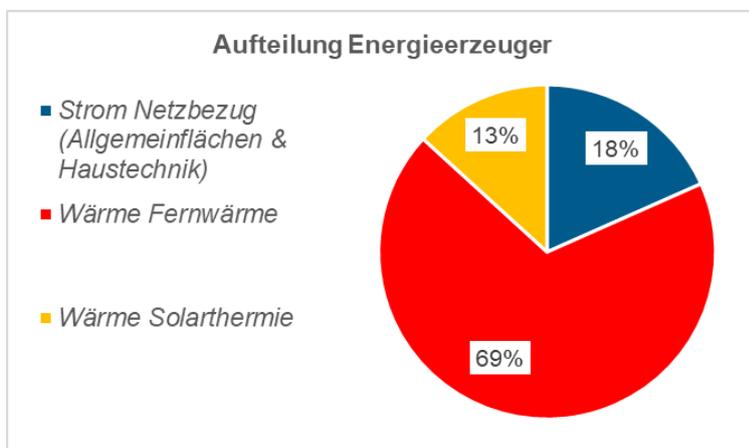


Abbildung 29: Jahresverbrauch Endenergie Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Strom-Netzbezug für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt 18% der gesamten Energiemenge. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme (69% des Gesamtenergieverbrauchs) und durch die Solarthermieanlage (13% des Gesamtenergieverbrauchs). Bezüglich der Solarthermieanlage ist anzumerken, dass die Einspeisung über die Wärmezentrale für das gesamte Messequartier (Bauabschnitte 1 bis 3) erfolgt. Der Energieertrag der Anlage wurde entsprechend der beheizten Nutzflächen auf die einzelnen Bauteile aufgeteilt. Somit ergeben sich die in Abbildung 28 und Abbildung 29 dargestellten Energieerträge für den Bauabschnitt 1 des Messequartiers Graz.

4.5.4 Energie-Nachfragestruktur

4.5.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 32: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum August 2019 – Juli 2020 beträgt rund 980.000 kWh.

Davon sind 48% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen. Es ergibt sich ein spezifischer Warmwasserverbrauch von 23,7 kWh/m²a, der als gering zu bewerten ist. In diesem Zusammenhang ist auf die Mischnutzung (Senioren, Studenten, Standard-Wohnen) im gegenständlichen Objekt hinzuweisen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass es v.a. eine Änderung des Verbrauchsverhaltens in den Studentenwohnungen durch unterschiedliche Anwesenheiten aufgrund des Corona-Lockdowns gegeben hat. Die Raumwärme wird durch Radiatoren bereitgestellt, die einen Verbrauchsanteil von 48% hervorrufen. Ein Verbrauchsanteil von 4% wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen in den Wintermonaten abgefragt.

Der spezifische Heizenergieverbrauch beträgt 49,2 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch übersteigt somit um 82% den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises. Es wird darauf hingewiesen, dass die Abweichung zwischen den Energieauswerten und den tatsächlichen Verbräuchen maßgeblich damit zu begründen sind, dass die damals als Berechnungsgrundlage (OIB, Version 2007) dienende Methode nach heutigem Wissensstand als unzureichend genau einzuordnen ist. Beispielsweise konnten einige beim Passivhaus angewandte Elemente mangels fehlender Methode keinen Eingang in die Berechnung finden.

Die Wärmeerzeugung erfolgt zentral für das gesamte Messequartier (Bauabschnitte 1 bis 3) durch einen Fernwärmeanschluss und der Solarthermieanlage. Im Messzeitraum wurden 15% der Wärmenachfrage des Quartiers durch die Solarthermieanlage gedeckt, 85% wurde durch Fernwärme bereitgestellt.

Nachfolgende Abbildung 30 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

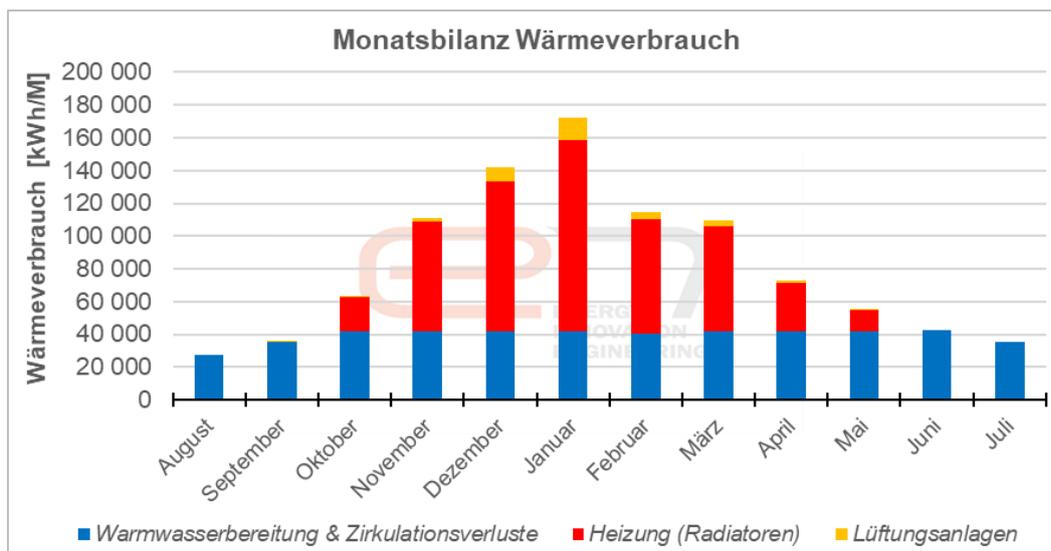


Abbildung 30: Monatlicher Verbrauch Wärme, Messequartier Graz BA1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.5.4.2 Stromverbrauch und Benchmarks

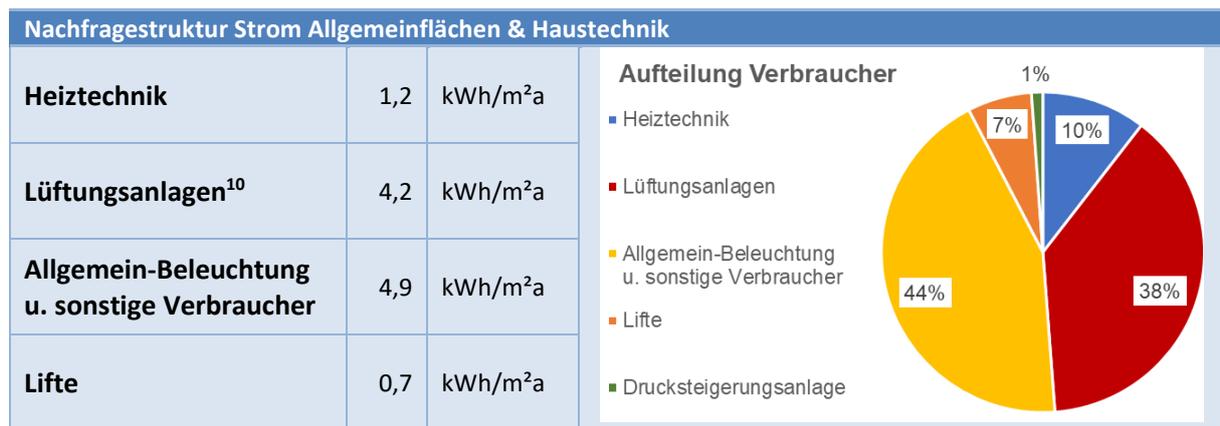
Für das Wohnhaus Messequartier Graz (Bauabschnitt 1) wurden sämtliche Stromverbräuche der Allgemeinflächen und Haustechnik erfasst. Die Haushaltsstromverbräuche wurden nicht ermittelt.

Tabelle 33: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik

Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik, Messzeitraum: 1.8.2019 – 31.7.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik	11,0	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung Allgemeinflächen & Haustechnik	2,9	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast Allgemeinflächen & Haustechnik	0,9	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 218.700 kWh, bzw. 11,0 kWh/m²_{BGF}a. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Die maximale Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 57 kW, bzw. 2,9 W/m²_{BGF}. Die Strom-Grundlast für Allgemeinflächen und Haustechnik beträgt ca. 18 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 156.400 kWh hervor (71% des Gesamtstromverbrauchs). Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.

Tabelle 34: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik



Der größte Verbrauchsanteil am Stromverbrauch für Allgemeinflächen und Haustechnik entfällt auf die Allgemein-Beleuchtung (inkl. sonstige Kleinverbraucher) mit 44%. Dieser relativ hohe Verbrauch ist auf den Umstand zurückzuführen, dass aufgrund der Gebäudestruktur sehr große innen- und außenliegende Erschließungsflächen vorhanden sind, die aus Komfort- und Sicherheitsgründen teilweise mit höheren Beleuchtungsstärken realisiert wurden. Die Allgemeinbeleuchtung ist in konventioneller Ausführung (keine LED-Leuchtmittel) ausgeführt.

Die Verbräuche der insgesamt 6 Lüftungsanlagen verursachen einen Verbrauchsanteil von 39%. Der Heiztechnik-Verbrauch (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) liegt bei einem Anteil von 11%. Die insgesamt 7 Lifte des Wohnhauses rufen einen Verbrauchsanteil von 6% hervor. Die Lifte der Stiegen D (2.953 kWh/a) und K (2.733 kWh/a) weisen die höchsten Verbräuche unter den Liften auf. Unter Betrachtung der monatlichen Lift-Verbräuche fällt auf, dass in den Sommermonaten der Verbrauch um rund 10% höher ist als im Winter. Die sommerlichen Mehrverbräuche lassen sich mit der verstärkten Nutzung der Lifte D und K während der Sommerzeit begründen, da diese das Sonnendeck (6. OG) und den Pool (7. OG) erschließen.

¹⁰ Strom für Lüftungsanlagen inkl. Heizregister-Umwälzpumpen

4.5.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Gesamtstromverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt im Messzeitraum bei rund 218.700 kWh, bzw. 11,0 kWh/m²_{BGFa}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.
- Der Grundlastverbrauch der Allgemeinflächen und Haustechnik liegt mit rund 156.400 kWh bei 71%. Ein wesentlicher Anteil der Grundlast wird durch die Lüftungsanlagen hervorgerufen, die ganzjährig konstante Stromverbräuche aufweisen.
- Neben den Lüftungsanlagen mit einem spezifischen Stromverbrauch von 4,2 kWh/m²a (39% des Gesamtstromverbrauchs) ist die Beleuchtung inkl. sonstige Allgemeinverbräuche mit 4,9 kWh/m²a (44% des Gesamtstromverbrauchs) von Bedeutung. Dieser relativ hohe Beleuchtungsverbrauch ist auf den Umstand zurückzuführen, dass aufgrund der Gebäudestruktur sehr große innen- und außenliegende Erschließungsflächen vorhanden sind, die aus Komfort- und Sicherheitsgründen teilweise mit höheren Beleuchtungsstärken realisiert wurden. Die Allgemeinbeleuchtung ist in konventioneller Ausführung (keine LED-Leuchtmittel) ausgeführt.
Der Heiztechnik-Verbrauch (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) ist mit einem Allgemeinstrom-Anteil von 11% relativ gering. Die insgesamt 7 Lifte des Wohnhauses rufen einen Verbrauchsanteil von 6% hervor.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 980.000 kWh, bzw. 49,2 kWh/m²a. Die Wärmeerzeugung erfolgt zentral für das gesamte Messequartier (Bauabschnitte 1 bis 3) durch einen Fernwärmeanschluss und der Solarthermieanlage. Im Messzeitraum wurden 15% der Wärmenachfrage des Quartiers durch die Solarthermieanlage gedeckt, 85% wurden durch Fernwärme bereitgestellt.
- Der spezifische Heizenergieverbrauch beträgt 49,2 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch übersteigt somit um 82% den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises. Es wird darauf hingewiesen, dass die Abweichung zwischen den Energieauswerten und den tatsächlichen Verbräuchen maßgeblich damit zu begründen sind, dass die damals als Berechnungsgrundlage (OIB-Richtlinien 2007) dienende Methode nach heutigem Wissensstand als unzureichend genau einzuordnen ist. Beispielsweise konnten einige beim Passivhaus angewandte Elemente mangels fehlender Methode keinen Eingang in die Berechnung finden.

- Rund 48% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen (23,7 kWh/m²a). In diesem Zusammenhang ist auf die Mischnutzung (Senioren, Studenten, Standard-Wohnen) im gegenständlichen Objekt hinzuweisen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass es v.a. eine Änderung des Verbrauchsverhaltens in den Studentenwohnungen durch unterschiedliche Anwesenheiten aufgrund des Corona-Lockdowns gegeben hat.
Die Raumheizung per Radiatoren weist einen Verbrauchsanteil von 48% auf (23,8 kWh/m²). Ein Verbrauchsanteil von 4% (1,7 kWh/m²) wird für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen in den Wintermonaten abgefragt.
- Der jährliche Gesamtertrag der Solarthermie-Anlage (Einspeisung erfolgt über die Wärmezentrale für das gesamte Messequartier, Bauabschnitte 1 bis 3) beträgt rund 350.850 kWh, bzw. 497 kWh/m² Aperturfläche. Der Solarthermieertrag zeigt, dass die Großanlage auch im neunten Betriebsjahr in der Lage ist, konstant hohe Solarerträge zu liefern.

4.5.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurden von 3 Wohnungen das Schlafzimmer und das Ess-/Wohnzimmer herangezogen:

- **Nr. 1 Schlafzimmer** und **Nr. 2 Küche/Ess-/Wohnzimmer**: 2. OG, Wohnung A, Baukörper Süd-West, beheizte Fläche 96 m², mit INSTA-BLOC¹¹ Leichtbeton-Installationsschächten
- **Nr. 3 Schlafzimmer** und **Nr. 4 Küche/Ess-/Wohnzimmer**: 3. OG, Wohnung B, Baukörper Nord-Mitte, beheizte Fläche 65 m² (ohne INSTA-BLOC)
- **Nr. 5 Schlafzimmer** und **Nr. 6 Ess-/Wohnzimmer**: 4. OG, Wohnung C, Baukörper Nord-West, beheizte Fläche 66 m², mit INSTA-BLOC Leichtbeton-Installationsschächten

Tabelle 35: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. August 2019 – 31. Juli 2020							
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	22,5	22,9	20,7	21,0	20,7	22,5	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai – Okt.)	24,6	25,2	23,0	23,1	21,9	23,2	°C
Mittlere Raumluftheuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	29,5	32,0	30,6	33,8	33,8	30,1	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	4%	11%	1%	4%	0%	0%	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	22%	1%	1%	0%	0%	0%	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume.

¹¹ Produktdetails zu finden unter: <https://www.instabloc.at/>

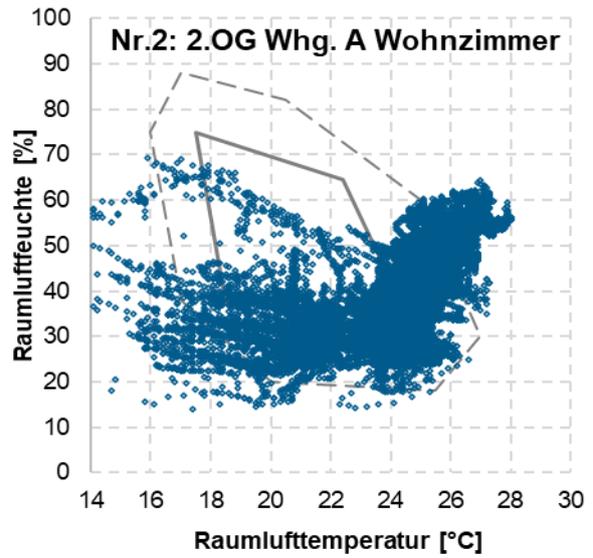
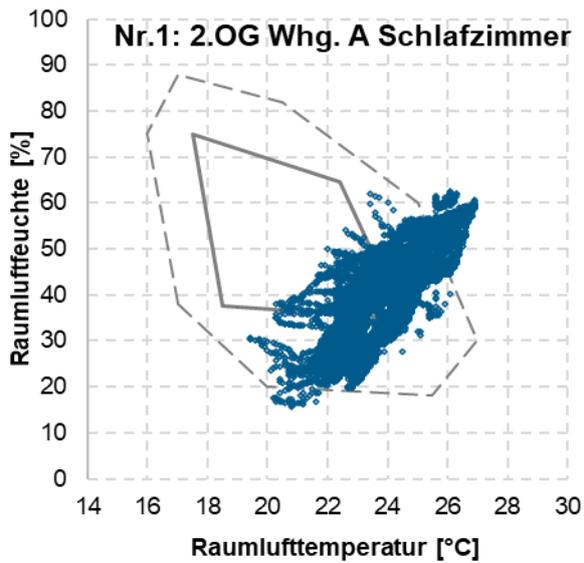


Abbildung 31: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

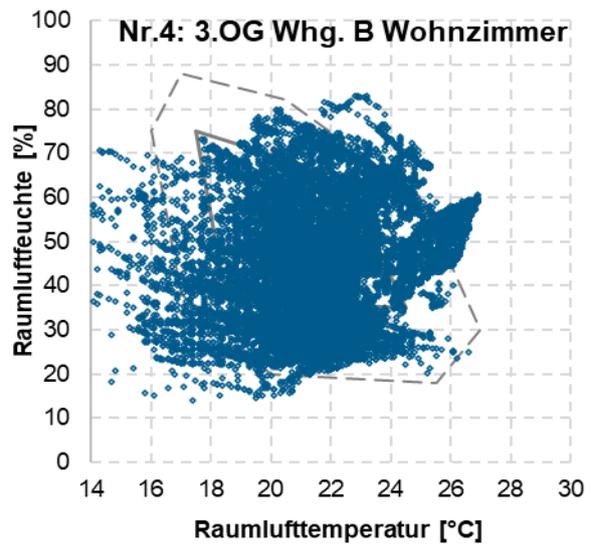
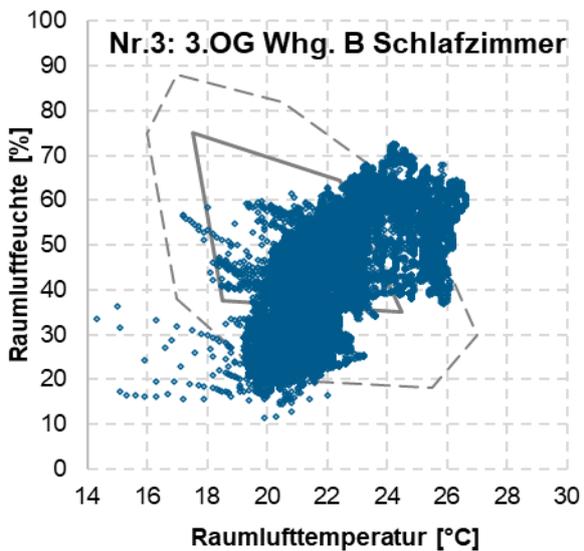


Abbildung 32: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

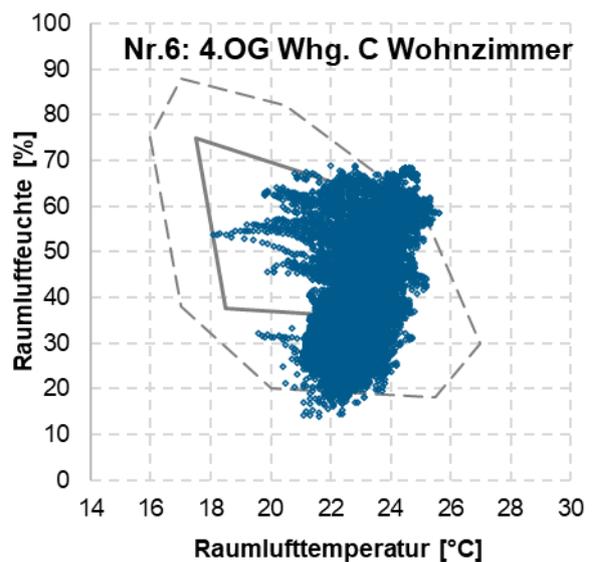
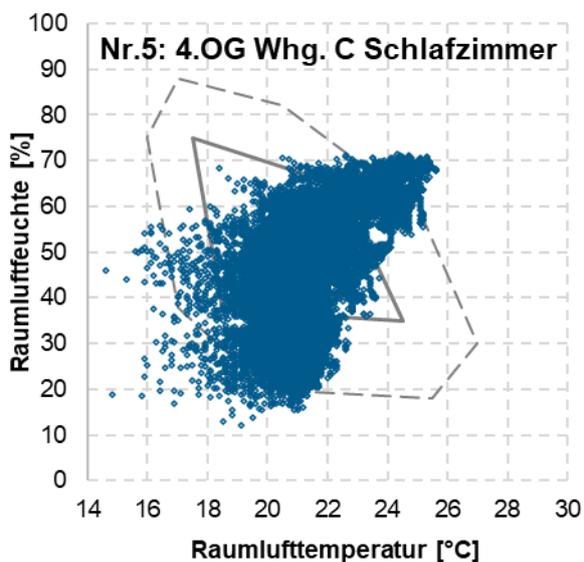


Abbildung 33: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 5 & 6 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Messzeitraum können folgende Aussagen durch das Komfortmonitoring getroffen werden:

- Generell kann für **alle Referenzräume** festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter **während der Heizperiode** weitestgehend im behaglichen Bereich befinden. Allerdings liegen die Raumluftfeuchten vielfach unterhalb des optimalen Bereichs für Wohn- und Schlafräume (40-60%; vgl. mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode in der Tabelle am Beginn des Kapitels).
- **2. OG, Wohnung A (Nr. 1 & 2):** Während der Sommerperiode treten in beiden Referenzräumen hohe Raumtemperaturen (bis zu 28°C) auf. Der Anteil der Überhitzungsstunden ist im Sommer hoch. Es wird vermutet, dass in dieser Wohnung neben außeninduzierten Wärmeeinträgen über die großen Fensterflächen und die Außenwand auch verstärkt interne Wärmeeinträge durch Wärmeverteilungen auftreten, die zu Überhitzung führen.
Weiters deuten die Ergebnisse aus dem CO₂-Monitoring auf ein Problem bei der kontrollierten Wohnraumlüftung in dieser Wohnung hin. Die Analysen ergaben, dass nachts regelmäßig niedrige Raumluftqualitäten im Referenzraum Nr. 1, Schlafzimmer¹² vorherrschen (siehe nachfolgendes Diagramm), welche vermutlich durch einen zu geringen Luftwechsel entstehen.
- **3. OG, Wohnung B (Nr. 3 & 2):** Während der Sommerperiode treten in beiden Referenzräumen hohe Raumtemperaturen (bis zu 27°C) auf. Der Anteil der Überhitzungsstunden ist im Vergleich zu den Referenzräumen Nr. 1 & 2 aber deutlich geringer. In diesem Bauteil wurde eine andere Bauweise angewendet (keine INSTA-BLOC-Leichtbeton-Installationsschächten), welche vermutlich zur Vermeidung höherer Überhitzungseffekte beiträgt. Ein weiterer Grund für die kühleren Sommer-Bedingungen scheint zu sein, dass diese Wohnung deutlich weniger Fensterflächen aufweist.
- **4. OG, Wohnung C (Nr. 5 & 6):** Die beiden Referenzräume befinden sich ganzjährig im behaglichen Bereich. Hier ist festzustellen, dass keine sommerlichen Überhitzungen auftreten. Ein Grund für die kühleren Sommer-Bedingungen scheint zu sein, dass diese Wohnung geringere exponierte Außenwandflächen aufweist, als die anderen beiden Wohnungen.

¹² Es ist anzumerken, dass das Messgerät dieses Referenzraums in der Nähe des Kopfes positioniert war. Bei den anderen Schlafzimmer-Referenzräumen war dies nicht der Fall.

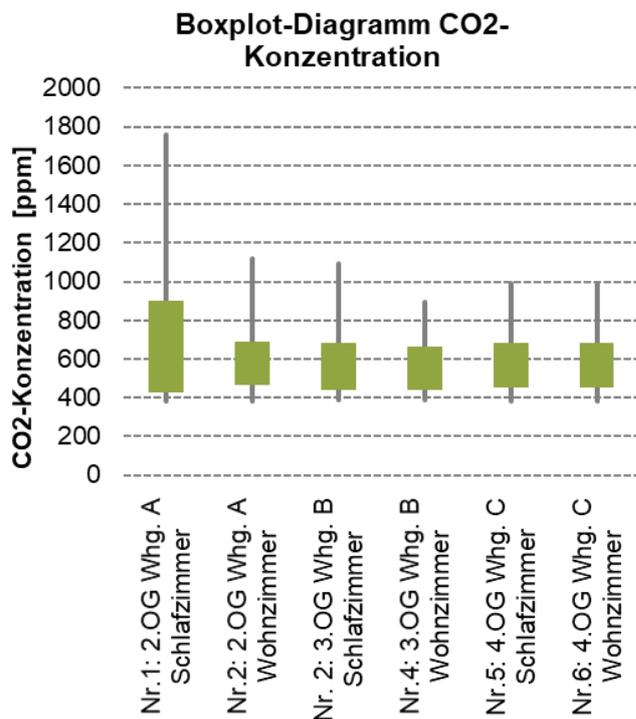


Abbildung 34 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert. Beim CO₂-Monitoring zeigt sich, dass im Referenzraum Nr. 1 (Schlafzimmer, Wohnung A) nachts regelmäßig niedrige Raumluftqualitäten vorherrschen (bis zu 1800 ppm). Die Ursache dafür liegt vermutlich an einem zu geringen Luftwechsel in diesem Raum. Die übrigen Referenzräume Nr. 2 bis Nr. 6 weisen ganzjährig gute Raumluftqualitäten auf, was einen zufriedenstellenden Betrieb der raumlufttechnischen Anlagen nachweist.

Abbildung 34: CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.5.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Untersuchungs-Schwerpunkt: Wird beim Messequartier Graz, Bauabschnitt 1 der Passivhausstandard auch im Betrieb erreicht? Sind Unterschiede in der Energienachfrage zu dem Objekt der Neuen Heimat Tirol erkennbar?

Für den Vergleich des Messequartier Graz mit dem Passivhaus Wohnhaus St. Paulus in Innsbruck ist vorab festzuhalten, dass es sich bei den beiden Objekten um unterschiedliche Ausformungen der Baukörper handelt. Beim Messequartier in Graz handelt es sich um mehrere langgestreckte Baukörper und beim Innsbrucker Wohnhaus der Neuen Heimat Tirol liegt ein sehr kompaktes Passivhaus-Hochhaus vor (siehe Gebäudeansicht und charakteristische Länge in nachfolgender Tabelle).

Um den Heizenergieverbrauch beider Gebäude vergleichen zu können, wurden die Verbrauchswerte des Wohnhauses St. Paulus auf den gemessenen HGT des Messequartier Graz bezogen.

Nachfolgende Tabelle stellt die Heizenergieverbräuche, deren Heizwärme- und Warmwasserverbrauchsanteile sowie die Stromverbräuche für Allgemeinflächen und Haustechnik gegenüber.

Tabelle 36: Kennzahlen-Vergleich des Messequartiers Graz und des Wohnhauses St. Paulus

	Messequartier Graz, Bauabschnitt 1 „Wohnen“	Wohnhaus St. Paulus, Innsbruck	
Gebäudeansicht			
Brutto-Grundfläche (BGF)	19911	6110	m ²
Charakteristische Länge	3,04	3,99	m
HGT _{21,7/12} lt. Messung, Messequartier Graz	2 431		Kd
Heizenergieverbrauch	49,2	49,9	kWh/m²a
Anteil Heizwärme- verbrauch	25,5 52%	13,5 27%	kWh/m ² a
Anteil Warmwasser- Verbrauch (inkl. Verluste)	23,7 48%	36,4 73%	kWh/m ² a
Stromverbrauch für Allgemeinflächen und Haustechnik	11,0	7,2	kWh/m²a
Heiztechnik	1,2	1,0	kWh/m ² a
Lüftungsanlagen	4,2	4,2	kWh/m ² a
Allgemein-Beleuchtung, Lifte, sonstige Verbr.	5,6	2,1	kWh/m ² a

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Heizenergieverbräuche beider Gebäude nahezu gleich hohe Werte mit rund 50 kWh/m²a aufweisen. Es liegen lediglich Unterschiede in der Aufteilung zwischen Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser vor, die sich teils durch die jeweiligen Ausformungen der Baukörper (Kompaktheit) erklären lassen.

Die Heizwärmeverbrauch mit 25,5 kWh/m²a beim Messequartier entspricht einem heutigen Niedrigstenergiestandard. Als bedeutender Einflussfaktor für die höheren Heizwärmeverbräuche gilt die Wohnraumtemperatur. Bei beiden Gebäuden wurde im Zuge des Komfort-Monitorings festgestellt, dass die Temperaturen in den Wohnungen deutlich höher ausfallen, als die im Energieausweis verwendete mittlere Soll-Innentemperatur von 20°C (Details siehe Ergebnisse Komfort-Monitoring).

Die Wärmeverbräuche für Warmwasser fallen beim Messequartier Graz bedeutend niedriger aus. Dies lässt sich einerseits mit der Mischnutzung (Senioren, Studenten, Standard-Wohnen) erklären, da der Warmwasserverbrauch stark von den Ferienzeiten (v.a. im Sommer) abhängig ist. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass es zusätzlich im Messzeitraum eine Änderung des Verbrauchsverhaltens bei den Studentenwohnungen aufgrund der veränderten Anwesenheiten während des Corona-Lockdowns gegeben hat.

Die Gegenüberstellung der Stromverbräuche für Allgemeinflächen und Haustechnik zeigt, dass beim Messequartier Graz höhere spezifische Verbräuche in der Kategorie „Allgemein-Beleuchtung, Lift u. sonstige Verbraucher“ auftreten. Diese Mehrverbräuche sind auch auf die Ausgestaltung der Baukörper zurückzuführen, da durch die langgestreckten Bauteile des Messequartiers mehr Beleuchtungsstromverbrauch erforderlich ist als für das kompakte Hochhaus in Innsbruck. Weiters wird festgestellt, dass die spezifischen Verbräuche der Kategorien „Heiztechnik“ und „Lüftungsanlagen“ nahezu ident sind.

Obwohl der Heizenergieverbrauch des Messequartiers den erwarteten Wert übersteigt, kann bestätigt werden, dass es sehr energieeffizient betrieben wird. Durch die Wärmebereitstellung durch die Solarthermieanlage und Fernwärme wurde ein nachhaltiges Konzept mit niedrigem Primärenergieverbrauch und geringen CO₂-Emissionen umgesetzt. Zudem zeichnen sich Passivhäuser nicht nur durch geringe Energieverbräuche aus, sondern weisen einen behaglichen Wohnkomfort und hohe Wohnraum-Luftqualitäten auf. Die Messungen zeigen, dass diese Parameter in diesem Gebäude jedenfalls erfüllt werden.

4.5.8 Optimierungspotentiale

Folgende weitere Optimierungspotenziale können aus den Energiemonitoringdaten abgeleitet werden:

- Die Strom-Verbrauchskategorie „Allgemein-Beleuchtung (inkl. sonstige Kleinverbraucher)“ weist einen relativ hohen Stromverbrauchsanteil von 44% des Allgemeinstrom-Verbrauchs auf.
Die Monitoringdaten zeigen, dass ein Zeitprogramm bzw. Dämmerungsschaltung für die Steuerung der künstlichen Beleuchtung in den Obergeschoßen vorliegen. Jedoch fällt auf, dass tagsüber (auch während der Sommermonate bei guten Tageslichtverhältnissen) eine Stromleistung von 8-12 kW abgefragt wird. Es wird empfohlen, die konkreten Allgemein-Verbraucher ausfindig zu machen und Möglichkeiten zu eruieren, diesen Stromverbrauch zu reduzieren.
- Optimierung des Raumkomforts und der Luftqualität in den Wohnungen:
 - Um die sommerliche Überhitzung von Wohnungen zu verringern, sollten die bestehenden Verschattungseinrichtungen (Textilrollos bei den Balkonen sowie Außenjalousien bei den Fenstern) gezielt eingesetzt werden. Des Weiteren kann durch verstärkte Querlüftung in den Abend- und Nachstunden Überhitzungswärme abgeführt werden. Es wird empfohlen, betroffene BewohnerInnen im Zuge eines Informationsabends für diese Themen zu sensibilisieren.
 - Ob die Wände zu INSTA-BLOC-Leichtbeton-Installationsschächten tatsächlich zu erheblichen Wärmeeinträgen führen, sollte detaillierter untersucht werden. Weitere Schritte wären beispielsweise die Messung der Wand-Oberflächentemperaturen und die Prüfung, ob zusätzliche Isolierungsmaßnahmen getroffen werden können.

- Durch Implementierung einer adiabaten Kühlung bei der Abluft von zentralen Lüftungsanlagen kann eine Kühllösung realisiert werden. Mittels bestehendem Wärmeübertrager wird in weiterer Folge die Zuluft gekühlt, was zu niedrigeren Raumluftbedingungen in den Wohnungen beitragen kann. Ob ein nachträglicher Einbau von adiabaten Kühlmöglichkeiten bei den bestehenden Lüftungsanlagen technisch möglich ist, wurde mit dem Gerätehersteller abgestimmt. Seitens der ENW wurde mitgeteilt, dass beim Messequartier dieses System aus Platzgründen nicht mehr nachträglich realisiert werden kann. Zu diesem Thema ist ergänzend anzumerken, dass für die adiabate Kühlung zusätzliche Wartungsaufwände und dadurch höhere Wartungskosten zu berücksichtigen sind.
- Das CO₂-Monitoring des Referenzraums Nr. 1 (Schlafzimmer¹³) zeigt nachts regelmäßig niedrige Raumluftqualitäten, welche auf zu geringe Luftwechselraten in diesem Raum hindeuten. Es wurde empfohlen, die eingebrachte Luftmenge in dieser Wohnung bzw. in den Referenzraum sowie die Luftführung zu prüfen. Nach Rücksprache mit den BewohnerInnen konnten teilweise verklebte Luftauslässe identifiziert werden, welche beseitigt wurden, um künftig eine ordnungsgemäße Lufteinbringung zu gewährleisten.

¹³ Es ist anzumerken, dass das Messgerät dieses Referenzraums in der Nähe des Kopfes positioniert war. Bei den anderen Schlafzimmer-Referenzräumen war dies nicht der Fall.

4.5.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 37: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Wohnnutzung (Eigentum und Miete)
Integraler Planungsprozess	Ja, das Messequartier Graz wurde durch die ENW Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft m.b.H. per integralem Planungsprozess entwickelt.
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung bzw. Facility Management
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird.

Seitens der ENW Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft m.b.H. wurde angegeben, dass die Wärmebereitstellung durch Kombination von Fernwärme und einer solarthermischen Großanlage sehr gut funktioniert. Die Auslegung der Solarthermieanlage erfolgte sehr zufriedenstellend, indem die Orientierung entsprechend der 3 Richtungswinkel des Objekts, die Neigung und Kollektorfläche sowie die Pufferspeicher-Größe gut gewählt wurden.

Als Lernerfahrung wurde mitgeteilt, dass für langgestreckte Baukörper wie dem Messequartier Graz Nachteile beim Wärmeabgabesystem in Form eines Zweileitersystems mit dezentralen Wohnungsstationen für die Warmwasserbereitung erkannt wurden. Die Nachteile betreffen die hohen Verteilungsanteile und die damit verbundenen, ganzjährigen Wärmeverluste. Heute würde die Planung der Warmwasserbereitung bei langgestreckten Gebäuden in Form von dezentraleren Lösungen (mehrere Unterzentralen) vorgenommen werden oder auch ein Systemwechsel auf gänzliche, dezentrale Erzeugung erfolgen. Wohnungsstationen sind erfahrungsgemäß deutlich besser geeignet für kompakte Gebäude.

Hinsichtlich der Vermeidung von sommerlicher Überhitzung werden für künftige Neubauten folgende technische Adaptierungen in Betracht gezogen: Die zentrale Windsteuerung sollte um eine zentral gesteuerte automatische Absenkung der Sonnensegel (am Morgen und nach Wind-Abschwächung) erweitert sein. Zusätzlich wären durchgängig außenliegende Raffstores sinnvoll. Weiters wird die Verwendung von getrennten INSTA-BLOCS empfohlen (1 Element für Lüftung- und Kaltwasserführung, 1 Element für Heizung- und Abwasserführung).

Seitens der BewohnerInnen wird überwiegend eine sehr hohe Zufriedenheit rückgemeldet. Hervorgehoben werden auch die guten Erfahrungen mit dem eigenen Facilitymanagement vor Ort. Dadurch können ein laufender Optimierungsprozess in der Betriebsführung (z.B. Heizungstechnik) und Wartungstätigkeiten (z.B. an der Solaranlage) direkt und unkompliziert erfolgen.

Die ENW Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft m.b.H. ist überzeugt davon, dass mit dem Einsatz von Energiemonitoring der Betrieb der System- und Anlagentechnik auf deren Vorgaben kontrolliert und Optimierungen zielgerichtet überwacht werden können.

Der Einsatz von Energiemonitoring im Wohnbau wird somit als sehr sinnvoll erachtet, wenn die Auslegung des Monitoringsystems kompakt und auf die wesentlichen Bereiche reduziert ist. In diesem Zusammenhang wird auch darauf hingewiesen, dass der laufende Betreuungsaufwand der Anlagengröße entsprechend angemessen sein sollte.

4.6 Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4

Tabelle 38: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Seniorenwohnhaus mit neuen Maßstäben für hohen Wohnkomfort		
Objektnutzung: Geriatriezentrum, Seniorenwohnhaus	Standort: Schopperstraße 17, 5020 Salzburg	Fertigstellung: 2018
		
Abbildung 35: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Nord-Ansicht (Quelle: Stadt Salzburg, Marko Herold)	Abbildung 36: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Nord-West-Ansicht (Quelle: Stadt Salzburg, Marko Herold)	Abbildung 37: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Flachdach (Quelle: Stadt Salzburg, Georg Pirchner)

Das Seniorenwohnhaus Itzling wurde in den Jahren 1969 bis 1971 errichtet und mittlerweile zum dritten Mal umgebaut und erweitert. Es liegt im Nordosten Salzburgs, im Zentrum des Stadtteils Itzling und nördlich vom Hauptbahnhof Salzburg. Der Neubau im Gebäudekomplex Seniorenwohnhaus Itzling „Haus 4“ oder auch Haus „Rauchenbichl“ genannt, wurde im Mai 2018 eröffnet und beherbergt fünf Hausgemeinschaften für insgesamt maximal 60 BewohnerInnen.

Für einen hohen Wohnkomfort für die Bewohnerinnen und Bewohner sorgen die kompakte und energieeffiziente Bauweise sowie die intelligente Raumaufteilung, die neben der eigenen Wohneinheit einen gemeinschaftlichen Wohn-/Essbereich mit Küche pro Hausgemeinschaft, sowie Terrassen bzw. Balkone und Gartenanlagen für die allgemeine Nutzung bietet.

Eine effiziente Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt für die Frischluftzufuhr und zeichnet in Kombination mit einer Photovoltaik-Anlage, die sich am Dach des Gebäudes befindet, die umweltfreundliche Energieversorgung des Gebäudes aus. Die Wärmeversorgung des Objekts erfolgt per Fernwärme.

Das Haus „Rauchenbichl“ wurde klimaaktiv zertifiziert und erreichte den Ausführungsstandard klimaaktiv Silber.

Das Seniorenwohnhaus Itzling ist gut mit den öffentlichen Verkehrsmitteln barrierefrei mit zwei Buslinien erreichbar.

Tabelle 39: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	4.326 m ²	Eigentümer: Stadt Salzburg
HWB (SK)	13,8 kWh/m ² a	Name: Marko Herold
Architektur	Schwarzenbacher Struber Architekten ZT GmbH	Web: www.stadt-salzburg.at

4.6.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbauweise im Niedrigenergiestandard, 4-geschoßig
- Stahlbetonkonstruktion mit Mineralwolldämmung und vorgehängter Fassade sowie Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit Mineralwolle
- 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,34 [1/m]$, charakteristische Länge $2,93 [m]$

4.6.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 40: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Fernwärme, Nennleistung 150 kW
Brauch-Warmwasser	Dezentrale Warmwasser-Bereitung mittels Trinkwasserstationen
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Pufferspeicher 3.000 Liter, Fußbodenheizung, Lüftungsanlagen
Lüftungstechnik	Zentrale Lüftungsgeräte mit effizienter Wärmerückgewinnung
Elektrische Energie	Öffentliches Stromnetz, Photovoltaikanlage (62,64 kWp, Azimut 33°, Neigung 30°)

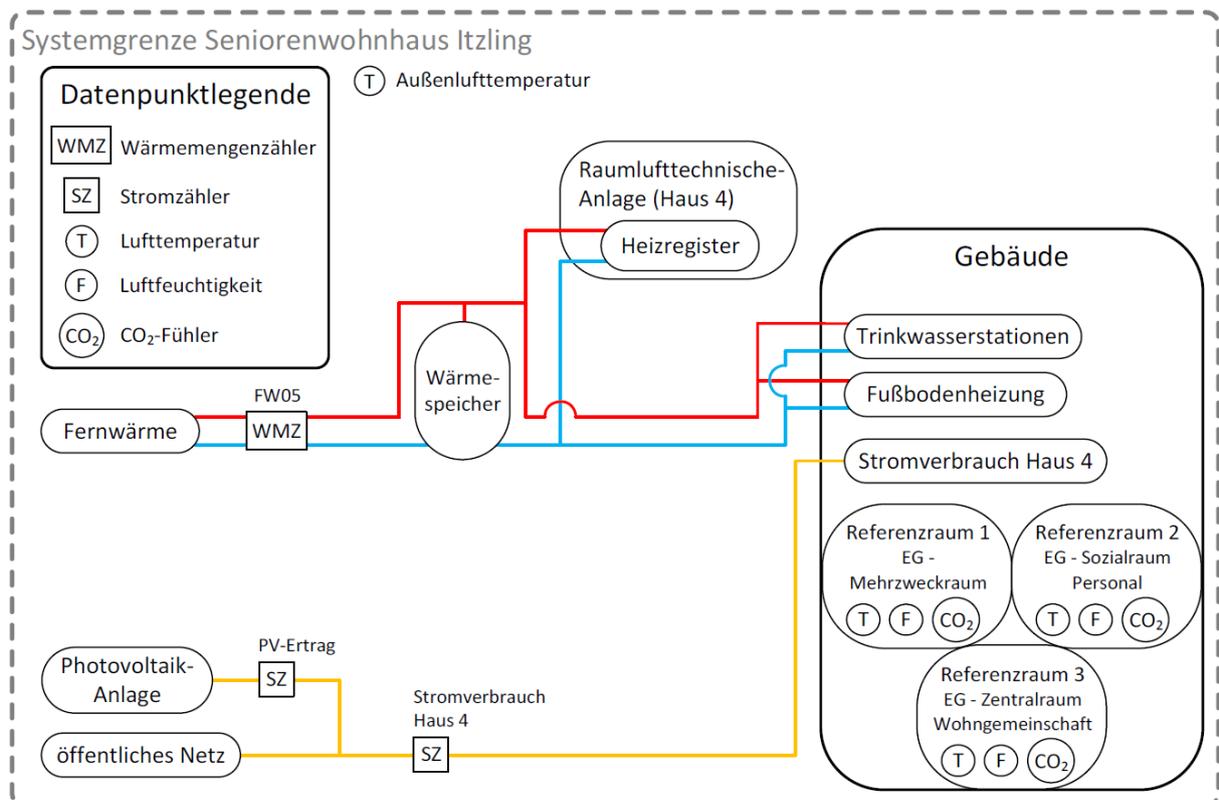


Abbildung 38: Prinzipschema Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.6.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 41: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	4 326	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	3 627	Kd
HGT _{22,3/16} lt. Messung	3 422	Kd
Heizenergiebedarf HEB lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	55,4	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	70,4	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	73,0	kWh/m ² a
Heizenergie für Warmwasser (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	27,4	kWh/m ² a
Stromverbrauch	40,1	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Photovoltaik am Gesamtstromverbrauch (bilanziell)	40	%
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	94,6	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	101,3	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	10,8	kg/m ² a

Abbildung 39 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von September 2019 bis August 2020. Der monatliche Stromverbrauch des Seniorenwohnhauses verhält sich weitgehend konstant im Bereich von rund 14.500 kWh pro Monat. Ein Anteil von 40% des jährlichen Stromverbrauchs (bilanziell über den Messzeitraum berechnet) wird von der am Dach des Objekts installierten Photovoltaikanlage erzeugt, der andere Teil wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Die Deckung des Wärmeverbrauchs für Raumwärme und Warmwasserbereitung erfolgt durch Fernwärme und folgt dem jahreszeitlichen Außentemperaturverlauf.

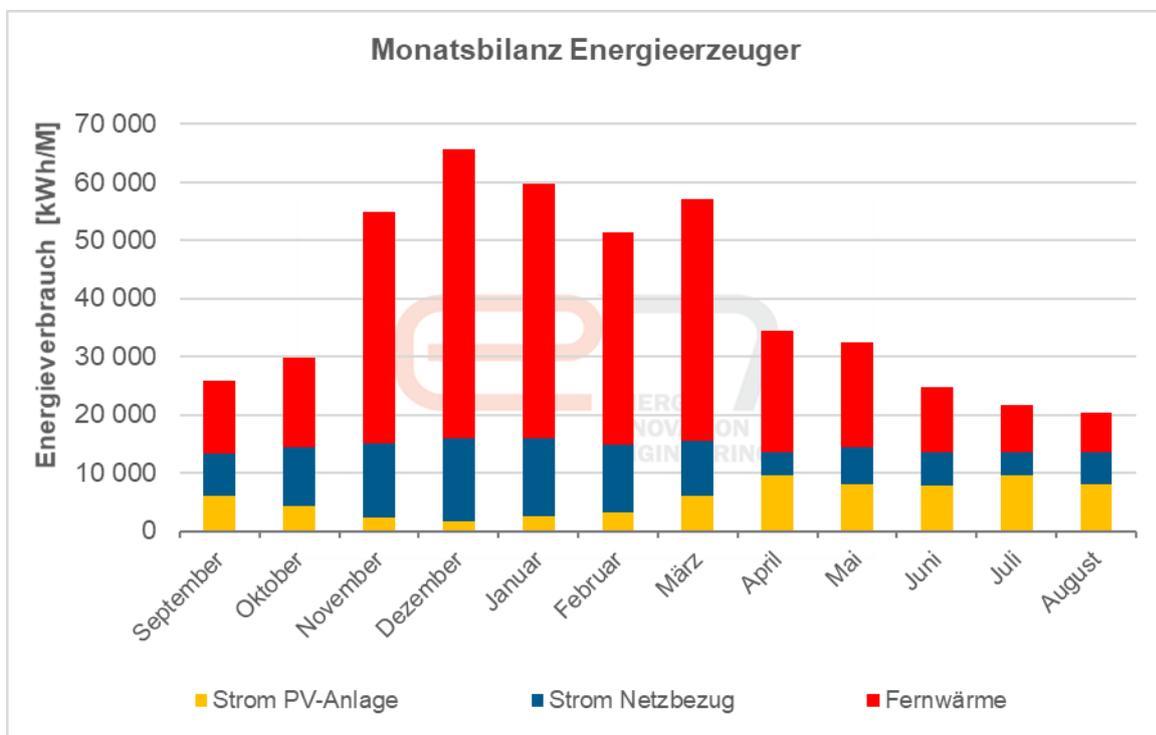


Abbildung 39: Energiebilanz Energieerzeuger, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 40 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für den Messzeitraum dar:

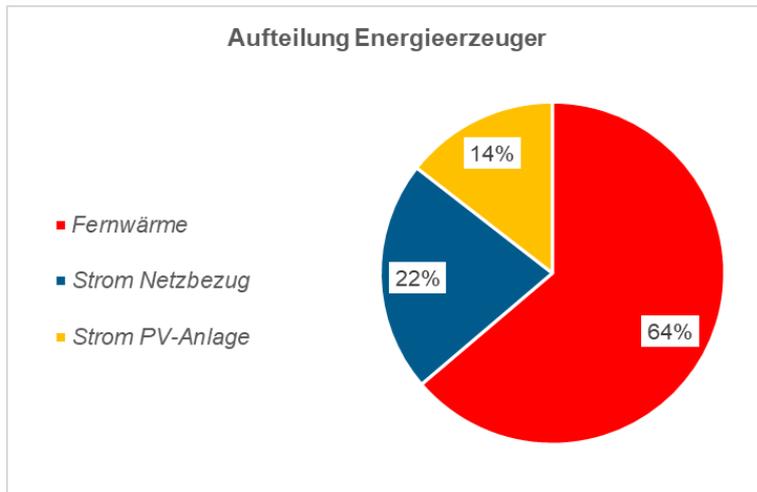


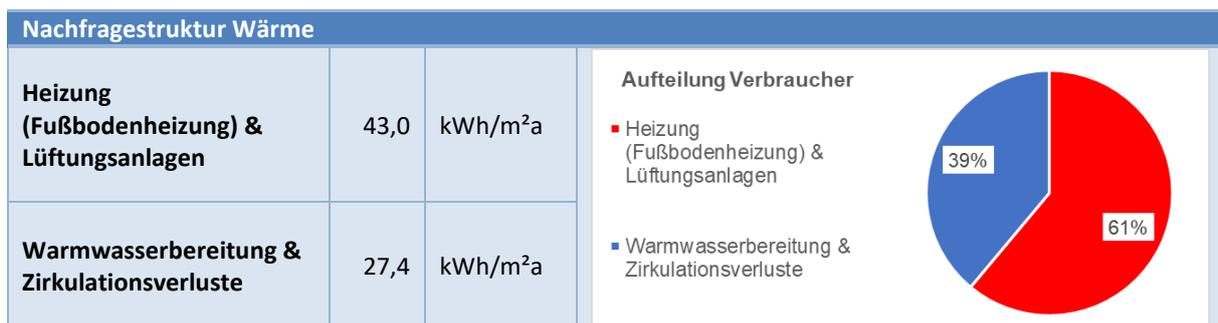
Abbildung 40: Jahresverbrauch Endenergie Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Wärmebereitstellung des Seniorenwohnhauses erfolgt durch Fernwärme und macht einen Anteil von 64% des Gesamtenergieverbrauchs aus. Der Stromverbrauch wird durch die Photovoltaik-Anlage zu einem Anteil von 14% und durch Strom-Netzbezug zu einem Anteil von 22% des Gesamtenergieverbrauchs gedeckt.

4.6.4 Energie-Nachfragestruktur

4.6.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 42: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum September 2019 – August 2020 beträgt im Seniorenwohnhaus „Rauchenbichl“ rund 304.700 kWh, welcher durch Fernwärme gedeckt wird.

Davon sind 39% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste)¹⁴ zuzurechnen. Der spezifische Verbrauch für Warmwasserbereitung und Zirkulationsverluste beträgt 27,4 kWh/m²a, was als niedrig zu bewerten ist. Die Raumwärme wird durch eine Fußbodenheizung bereitgestellt. Der Verbrauchsanteil am Gesamt-Wärmeverbrauch der Fußbodenheizung inkl. Heizenergie für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen beträgt 61%.

Der spezifische Heizenergieverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) beträgt 70,4 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises um 27%. Nachfolgende Abbildung 41 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

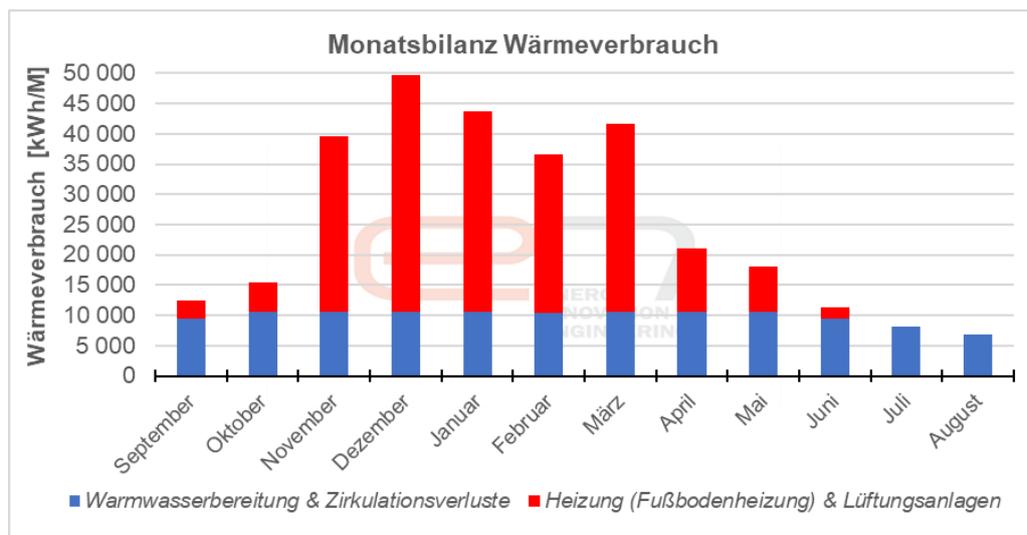


Abbildung 41: Monatlicher Verbrauch Wärme, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.6.4.2 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 43: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung, und -Grundlast

Messzeitraum: 1.9.2019 – 31.8.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	40,1	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung	18,1	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	2,1	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch des Seniorenwohnhauses liegt im Messzeitraum bei rund 173.400 kWh, bzw. 40,1 kWh/m²_{BGFa}. Ein Anteil von 40% des Verbrauchs (bilanziell über den Messzeitraum) wird von der am Dach des Objekts installierten Photovoltaikanlage erzeugt, der andere Teil wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Der jährliche Ertrag der Photovoltaikanlage (Auslegungsleistung 62,64 kWp) beträgt ca. 69.000 kWh/a bzw. 1.102 kWh/kWp, was als sehr gut zu bewerten ist.

¹⁴ Die Bestimmung des Wärmeverbrauchs für Warmwasserbereitung inkl. Zirkulationsverluste für das Zweileitersystem erfolgte nach folgender Methode: Die gemessenen Wärmeverbräuche während der Sommermonate (Raumheizung ist deaktiviert) wurden gemittelt und unter Anwendung eines standardisierten Warmwasserverbrauchsprofils für Mehrfamilienhäuser auf das Gesamtjahr hochgerechnet. Die ganzjährigen Wärmeverteilerluste werden der Warmwasser-Bereitung zugeteilt.

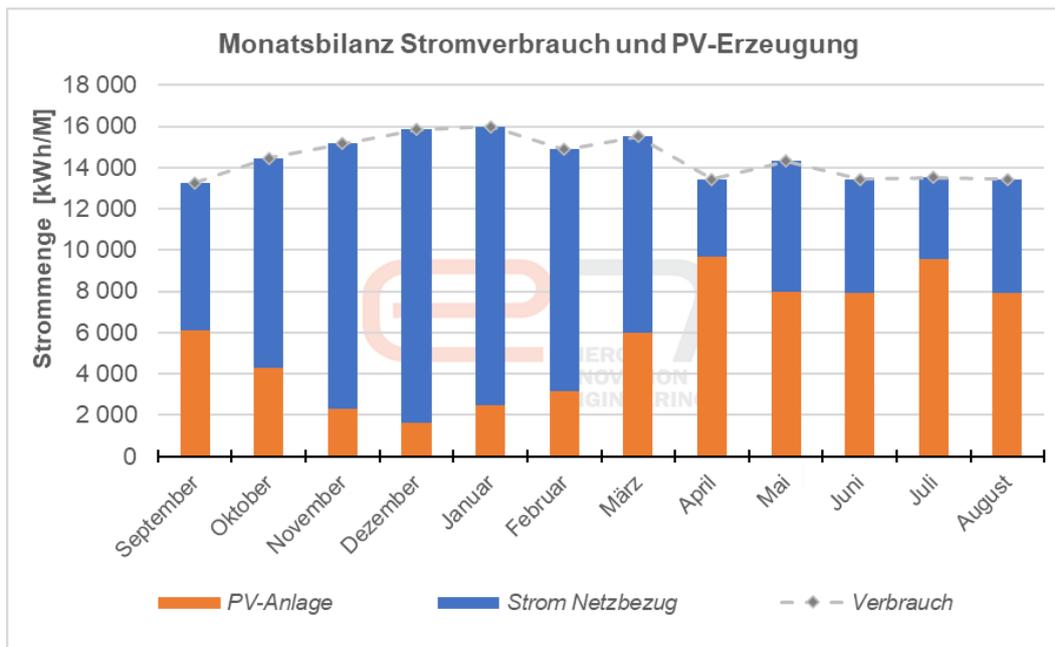


Abbildung 42: Monatliche Erzeugung und Verbrauch Strom, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der durchschnittliche tägliche Stromverbrauch des Seniorenwohnhauses beträgt ca. 475 kWh. Die täglichen Verbräuche sind über das Jahr sehr konstant. Unter der Betrachtung der einzelnen Wochentage Montag bis Sonntag wird deutlich, dass sich auch hier die Verbräuche sehr konstant verhalten, was auf einen sehr regelmäßigen Betrieb des Objekts hinweist. In den Wintermonaten werden etwas höhere Stromverbräuche verzeichnet (52% des Gesamtstromverbrauchs) als in den Sommermonaten (48%), was im Wesentlichen mit höheren Verbräuchen durch die Beleuchtung und dem Heiztechnikbetrieb zu begründen ist.

Ein Einfluss der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch konnte nicht festgestellt werden.

Die maximale elektrische Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 78,4 kW, bzw. 18,1 W/m²_{BGF}. Die Strom-Grundlast für beträgt ca. 9,2 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 80.400 kWh (46% des Gesamtstromverbrauchs) hervor. Neben der Raumlufttechnik sind die Heizungs-Umwälzpumpen und die Beleuchtung als relevante Grundlastverbraucher zu nennen.

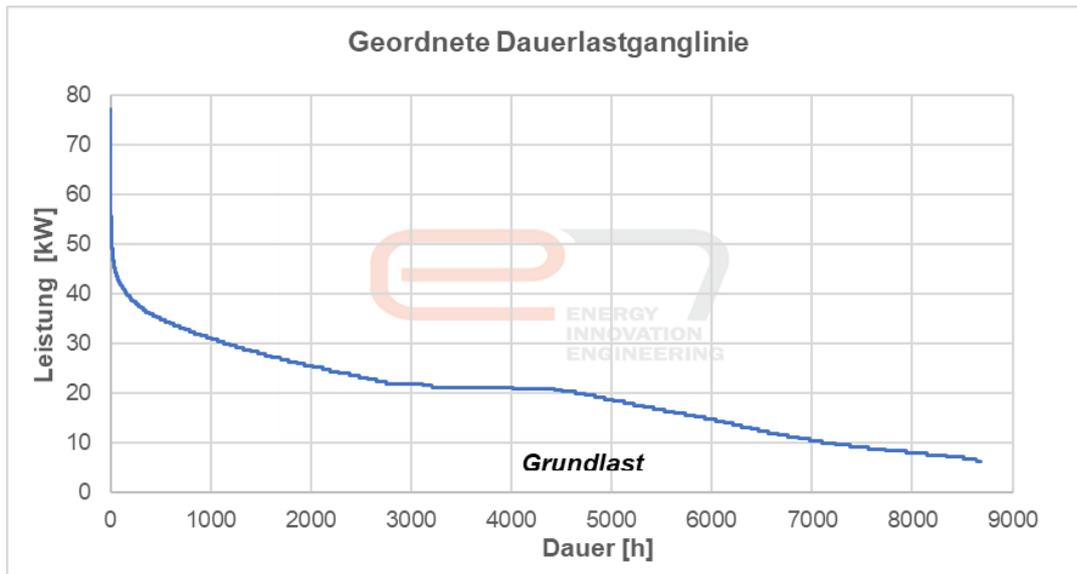


Abbildung 43: Dauerlastganglinie, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.6.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Der Gesamtstromverbrauch des Seniorenwohnhauses liegt im Messzeitraum bei rund 173.400 kWh, bzw. 40,1 kWh/m²_{BGFa}. Ein Anteil von 40% des Verbrauchs (bilanziell über den Messzeitraum) wird von der am Dach des Objekts installierten Photovoltaikanlage erzeugt, der andere Teil wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.
- Der Strom-Grundlastverbrauch liegt bei rund 80.400 kWh bzw. 46% des Gesamtstromverbrauchs. Neben der Raumlufttechnik sind die Heizungs-Umwälzpumpen und die Beleuchtung als relevante Grundlastverbraucher zu nennen.
- Die gesamte bereitgestellte Wärmemenge für Raumwärme und Warmwasser liegt bei rund 304.700 kWh, bzw. 70,4 kWh/m²a. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme, die per Fußbodenheizung für die Beheizung des Objekts und mittels dezentrale Trinkwasserstationen für Warmwasser sorgt.
- Ein Anteil von 39% des Gesamtwärmeverbrauchs ist dem Warmwasserbereitung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen. Der spezifische Verbrauch für Warmwasserbereitung und Zirkulationsverluste beträgt 27,4 kWh/m²a, was für ein Seniorenwohnhaus als niedrig zu bewerten ist.
- Die Raumwärme wird durch eine Fußbodenheizung bereitgestellt. Der Verbrauchsanteil am Gesamt-Wärmeverbrauch der Fußbodenheizung inkl. Heizenergie für die Zuluft-Erwärmung bei den Lüftungsanlagen beträgt 61%.
- Der spezifische Heizenergieverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) beträgt 70,4 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011) um 27%.
- Der jährliche Ertrag der Photovoltaikanlage (Auslegungsleistung 62,64 kWp) beträgt ca. 69.000 kWh/a bzw. 1.102 kWh/kWp, was als sehr gut zu bewerten ist.

4.6.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurden drei EG-Räume mit unterschiedlichen Nutzungen gewählt:

- **Referenzraum Nr. 1:** EG Mehrzweckraum, 144 m², Süd-Orientierung
- **Referenzraum Nr. 2:** EG Sozialraum Personal, 26 m², Süd-Ost-Orientierung
- **Referenzraum Nr. 3:** EG Zentralraum Wohngemeinschaft, ca. 168 m², Nord-Orientierung

Tabelle 44: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020				
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	22,0	20,2	22,9	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	24,6	23,3	23,6	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	21,8%	22,9%	23,8%	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	9%	3%	3%	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	2%	0%	0%	%

Die folgenden Abbildungen zeigen die Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume.

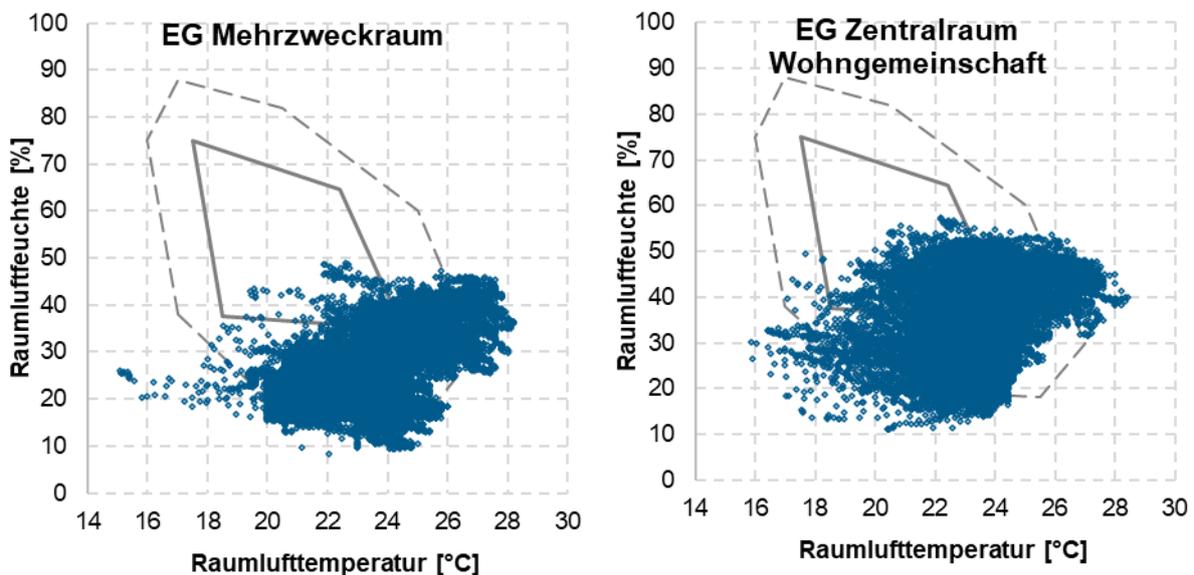


Abbildung 44: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 3 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Messzeitraum können folgende Aussagen durch das Komfortmonitoring getroffen werden:

- Generell kann für alle Referenzräume festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter **während der Heizperiode** teils außerhalb des behaglichen Bereichs befinden, da die Raumluftfeuchte in der Heizperiode vielfach <20% aufweist. Die mittleren Raumtemperaturen liegen im erwartbaren Bereich, wobei die Referenzräume EG Mehrzweckraum (Nr. 1) und EG Zentralraum Wohngemeinschaft (Nr. 3) bei 22-23°C temperiert werden und der Sozialraum Personal im EG (Nr. 2) in der Heizperiode geringere Temperaturen von durchschnittlich 20,2°C aufweist.
- Während der **Sommerperiode 2020** treten in **keinem der Referenzräume außergewöhnliche Überhitzungssituationen** auf. Die mittlere Raumtemperatur im Sommer beträgt 24,6°C (Nr. 1), 23,3 (Nr. 2) bzw. 23,6°C (Nr. 3). An Hitzetagen steigt die Innenraumtemperatur in den Aufenthaltsräumen teilweise über 26°C, jedoch in einem geringen Ausmaß. Lediglich im EG Mehrzweckraum (Nr. 1) lässt sich ein merkbarer Anteil von 9% Überhitzungsstunden ($T > 26^{\circ}\text{C}$) feststellen. Hierzu ist anzumerken, dass dieser Referenzraum Süd orientiert ist und einen hohen Verglasungsanteil aufweist.

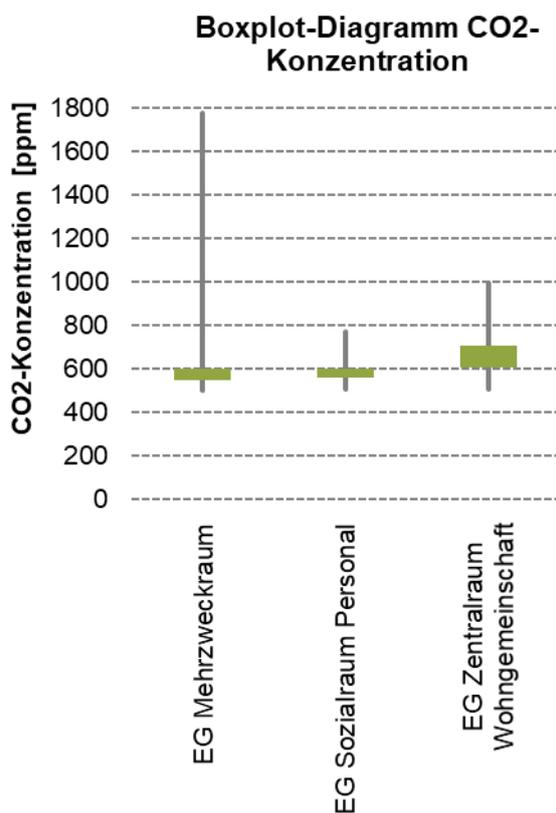


Abbildung 45 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot-Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert.

Dabei zeigt sich, dass während des Messzeitraums in allen Referenzräumen eine hohe Raumluftqualität vorherrschte. Die CO₂-Konzentration liegt ganzjährig meist unter 800 ppm, lediglich im EG Mehrzweckraum (Nr. 1) treten bei höherer Personenbelegung insbesondere in der Heizperiode (z.B. Vorweihnachtszeit) vereinzelt schlechtere Raumluftqualitäten (bis 1800 ppm) auf.

Die Monitoringdaten lassen darauf schließen, dass die Raumlufttechnik dieser Bereiche hinsichtlich Raumluftqualität sehr zufriedenstellend arbeitet.

Abbildung 45: CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.6.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Untersuchungs-Schwerpunkt: Welche spezifischen Energieverbrauchs-Kennzahlen liegen bei einem nachhaltigen Seniorenwohnhaus vor? Welchen Einfluss haben Größe und Standort?

Das Seniorenwohnhaus „Rauchenbichl“ wurde klimaaktiv zertifiziert und erreichte den Ausführungsstandard klimaaktiv Silber. Für einen hohen Wohnkomfort für die Bewohnerinnen und Bewohner sorgen die kompakte und energieeffiziente Bauweise bzw. Haustechnik sowie die intelligente Raumaufteilung.

Folgende spezifischen Energieverbrauchs-Kennzahlen konnten ermittelt werden:

Tabelle 45: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - spezifische Energieverbrauchs-Kennzahlen

Energieverbrauchs-Kennzahlen, Messzeitraum: 1. Sept. 2019 – 31. August 2020		
Bezugsgröße: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	4 326	m ²
Bezugsgröße: BewohnerInnen	60	BewohnerInnen
Heizenergieverbrauch	70,4	kWh/m ² a
Heizenergie für Warmwasser (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	27,4	kWh/m ² a
Stromverbrauch bezogen auf BGF	40,1	kWh/m ² a
Stromverbrauch bezogen auf BewohnerInnen	2 890	kWh/Bew. a
Strom-Grundlastverbrauch am Gesamtstromverbrauch	46	%
Anteil Erzeugung Photovoltaik am Gesamtstromverbrauch (bilanziell)	40	%

Nachfolgende Abbildungen stellen die Stromverbrauchs-Kennzahlen des Seniorenwohnhauses Itzling, Haus 4 (jeweils rechte Säule in rot) anderen 10 Seniorenwohnhäusern (Standorte in Niederösterreich und Wien) gegenüber (Messzeitraum 2019-2020; Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).

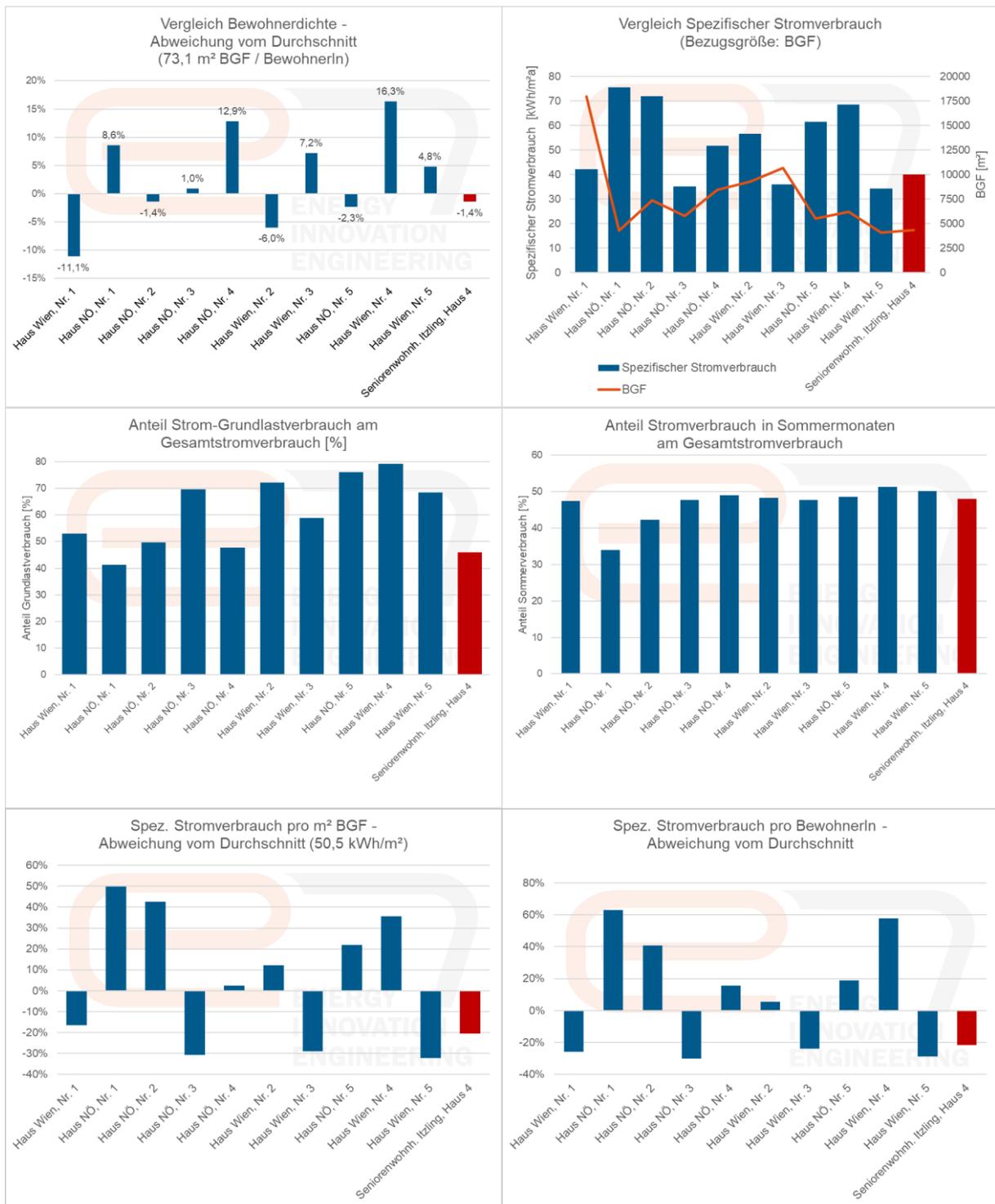


Abbildung 46: Gegenüberstellung der Stromverbrauchs-Kennzahlen des Seniorenwohnhauses Itzling, Haus 4 versus 10 Seniorenwohnhaus-Standorte in NÖ und Wien (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich der Stromverbrauch des Seniorenwohnhauses Itzling, Haus 4 unter dem effizienteren Drittel der Vergleichs-Häuser einzuordnen ist. Es lässt sich ein leichter Einfluss auf den Stromverbrauch durch die Objektgröße (konditionierte Brutto-Grundfläche) feststellen. Je größer das Objekt, umso geringer fällt tendenziell der spezifische Stromverbrauch ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) aus (vgl. Haus Wien, Nr. 1 oder Haus Wien, Nr. 3).

Die Daten zeigen auch, dass der Standort eines Objekts keinen bedeutenden Einfluss auf den Stromverbrauch aufweist. Jedoch wird der Heizenergieverbrauch neben der Ausführungsqualität der thermischen Gebäudehülle durch den Objekt-Standort mit seinem spezifischen Standortklima wesentlich beeinflusst.

4.6.8 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotenziale können aus den Monitoringdaten abgeleitet werden:

- **Optimierung des Wärmeverbrauchs im Sommerhalbjahr**
- Die Monitoringdaten zeigen, dass vor Sommerbeginn 2020 eine Änderung an der Heizungsregelung durchgeführt wurde. Während der Sommermonate Juni bis August 2020 konnte ein um ca. 25% geringerer Fernwärmeverbrauch (Wärme für Warmwasserbereitung und zur Deckung der Speicher- und Verteilverluste) zu den Vergleichsmonaten 2019 festgestellt werden. Diese bereits umgesetzte Optimierungsmaßnahme sollte beibehalten werden.
- **Optimierung des Raumkomforts (basierend auf Erkenntnisse des Komfortmonitorings der Referenzräume):**
 - Im Messzeitraum liegt der Raumkomfort der Referenzräume teils außerhalb des behaglichen Bereichs, da die Raumluftfeuchte in der Heizperiode vielfach <20% aufweist. Die gemessenen Raumluftfeuchtwerte in den Wintermonaten sind durchwegs als sehr trocken zu bewerten. Um hier eine Verbesserung herbeizuführen, wird eine Überprüfung der Luftwechselraten (ev. zu hoher Luftwechsel in den Nachtstunden) und ggf. eine Anpassung hinsichtlich eines bedarfsgerechten Lüftungsbetriebs empfohlen. Auch Befeuchtungsmaßnahmen sollten für die Erhöhung der Raumluftfeuchtigkeit in Betracht gezogen werden.
 - Im EG wurden im Süd orientierten Mehrzweckraum mit einem hohen Verglasungsanteil in der Sommerperiode Überhitzungssituationen (9% Überhitzungsstunden mit $T > 26^{\circ}\text{C}$ bezogen auf die Gesamtjahresstunden) festgestellt. Um die sommerliche Überhitzung von solchen exponierten Räumen zu verringern, sollten die bestehenden Verschattungseinrichtungen gezielt eingesetzt werden. Im Sommer sollte immer auf ausreichenden Sonnenschutz, auch außerhalb der Raum-Nutzungszeiten, geachtet werden. Des Weiteren kann durch verstärkte Fensterlüftung in den Abend- und Nachtstunden Überhitzungswärme abgeführt werden. Es wird empfohlen, das Pflegepersonal für diese Themen zu sensibilisieren.

4.6.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 46: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Seniorenwohnhaus
Integraler Planungsprozess	Der Eigentümer hat den Planungsprozess geleitet.
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden, welches auch weiterhin genutzt wird. Darüber hinaus wurden Monitoringinstrumente für die Erfassung der Raumkonditionen installiert.

Den städtischen Seniorenwohnhäusern der Stadt Salzburg ist es ein Anliegen, SeniorInnen einen sicheren Lebensort zu bieten und individuelle Lebensqualität zu ermöglichen.

Für das Seniorenwohnhaus Itzling wurden diese Grundsätze bereits im Planungsprozess als oberste Ziele vorgegeben. So wurde das Haus in Form von Hausgemeinschaften mit kleinen, überschaubaren Wohnstrukturen für bis zu zwölf BewohnerInnen konzipiert. Das Zentrum bildet ein gemütlich eingerichtetes Wohnzimmer mit Küche. Sämtliche gemeinsamen Lebensaktivitäten der BewohnerInnen finden in dieser Wohneinheit statt. Die Hausgemeinschaften sind von der Küche unabhängig. Die Verpflegung wird pro Hausgemeinschaft von einer AlltagsbegleiterIn für die dortigen BewohnerInnen, fallweise unter deren freiwilliger Mithilfe, zubereitet. Für eine hohe Wohn-Zufriedenheit sorgen das durchdachte Grundrisskonzept, das möglichst viel natürliches Licht ins Haus lässt und damit auch Gangbereiche freundlich und hell gestaltet sowie die hochwertige energietechnische Ausführung der Gebäudehülle und der Haustechnik.

Die Energieflüsse des Gebäudes werden durch ein zentrales Energiemonitoringsystem der Stadt Salzburg erfasst und regelmäßig ausgewertet. Die Stadt erfasst mit dem zentralen System Schulen, Seniorenheime, Kindergärten, Amtsgebäude und vieles mehr. Durch das Monitoringsystem hat die Stadt nicht nur die Energiemengen und die damit verbundenen Kosten der verschiedenen Objekte im Blick, sondern das feingliedrige Messsystem dient auch zur Eingrenzung von Ursachen für Verbrauchsüberschreitungen. Weiters werden damit auch erneuerbare Erzeugungsanlagen überwacht, beispielsweise die Photovoltaikanlage am Dach des Seniorenwohnhauses Itzling.

4.7 Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 (KHW)

Tabelle 47: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Krankenhaus mit innovativer Gebäudetechnik		
Objektnutzung: Krankenhaus	Standort: Landeskrankenhaus Innsbruck, Anichstraße 35, 6020 Innsbruck	Fertigstellung: 2015
 <p>Abbildung 47: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Nord-Ansicht, Quelle: Gerhard Berger</p>	 <p>Abbildung 48: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Innen-Ansicht, Gang, Quelle: Gerhard Berger</p>	 <p>Abbildung 49: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Längsseite, Quelle: Gerhard Berger</p>

Die Tirol Kliniken GmbH ist der vielfältigste Gesundheitsbetrieb Westösterreichs und ein internationales Zentrum für Spitzenmedizin.

Der 2015 fertiggestellte Bauabschnitt 2 des Kinder- und Herzzentrums in Innsbruck verfügt über eine Brutto-Grundfläche von rund 25.000 m². Das Herzzentrum verfügt über 74 Betten, das Kinderzentrum über 142 Betten, hinzu kommen noch die Räume therapeutischer Einrichtungen, z.B. ein auf dem Dachgeschoss befindlicher Kindergarten. Im Erdgeschoss und 1. UG befindet sich ein großer Hörsaal mit 295 Sitzplätzen. Für das Kinderzentrum wurde insbesondere auf eine gute natürliche Belichtung, eine klare Überschaubarkeit der einzelnen Bereiche und eine kindergerechte Gestaltung und Ausstattung geachtet. Ähnliches gilt für das Herzzentrum, das die Fachdisziplinen Kardiologie, Kinderkardiologie, Herzchirurgie und Radiologie-Diagnostik umfasst. Hier ist vor allem die koordinierte Nutzung und optimierte Auslastung besonders teurer medizinischer Großtechnologien gelungen.

Die Wärme- und Kälteversorgung erfolgt über Wärmepumpen mit Kühl- und Heizbetrieb, Brunnenwasser und Abwärmenutzung von diversen medizinischen Geräten sowie Druckluftkompressoren. Zusätzlich versorgt die Fernwärme die Hochtemperaturschiene und dient als Spitzenlast-Wärmeversorgung. Die Kälteversorgung verfügt über eine innovative Lösung der mehrstufigen Nutzung von Brunnen-Kühlwasser, die hohe Anteile des Kälteverbrauchs abdeckt.

Tabelle 48: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	24.758 m ²	Eigentümer: Tirol Kliniken GmbH
HWB (SK)	45,65 kWh/m ² a	Name: Ing. Mag. (FH) Martin Lackner
KB (SK)	21,19 kWh/m ² a	Web: http://www.tirol-kliniken.at
Architektur	Malojer Baumanagement GmbH & Co	

4.7.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbau in Niedrigstenergie-Standard, 7-geschoßig
- Stahlbetonskelettkonstruktion mit Flachdach, Flachdecken, Stützen, aussteifenden Kernen und einer massiven Bodenplatte
- Großflächigen Glasflächen und außenliegendem Sonnenschutz
- 3-Scheiben-Verglasungen
- Sehr kompakte Bauweise, $A/V = 0,21 [1/m]$, charakteristische Länge $4,66 [m]$

4.7.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 49: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Fernwärme (2.075 kW), 2 x Wärmepumpen (je 800 kW, Wärmequellen: Rückgabebrunnenwasser, Druckluftanlage), Dampfluftbefeuchtung durch zentrales Dampfnetz des Krankenhausstandorts (Erzeuger: Reindampferzeuger aus Heißwasser Fernheizwerk)
Brauch-Warmwasser	2 Versorgungsregelkreise nach Geschoßen unterteilt, Abwärme der Druckluftkompressoren dient zur Vorwärmung des Kaltwassers
Kühlung	2 x Wärmepumpe/Kältemaschine (je 660 kW), Brunnenwasser (gesamt 4.300 kW, Brunnenwasser-Rücklauf wird in den Fluss Inn eingespeist)
Wärme –Abgabesystem	Niedertemperaturschiene: Heizregister der Lüftungsanlage in Summe (1.740 kW), Deckenluftheritzer (15 kW, Auslegungstemperatur 50 °C/40 °C), Fußbodenheizung (517 kW, Auslegungstemperatur 35 °C/30 °C), Hochtemperaturschiene: Warmwasseraufbereitung (360 kW, Auslegungstemperatur 75/60°C), Torluftschleier (60 kW, Auslegungstemperatur 77/55°C)
Kälte – Abgabesystem	Brunnenwasserkühlung (mehrstufige Nutzung des sekundären Kühlwassers): Zuluft-Konditionierung RLT- Anlagen (825 kW), FBH (440 kW), Kühldecken (30 kW), Nasse Umluftkühler (165 kW), Trockene Umluftkühler (25 kW), Medizintechnische Geräte (120 kW) und Druckluftkompressoren (150 kW, Einspeisung der Druckluft in den Druckluftring des Areals) werden ebenso mit Brunnenwasser gekühlt.
Lüftungstechnik	Kontrollierte Be- und Entlüftung mit hocheffizienter KVS-Wärmerückgewinnung
Elektrische Energie	Öffentliches Stromnetz, Sicherheitsversorgung (SV), Allgemeinversorgung (AV)

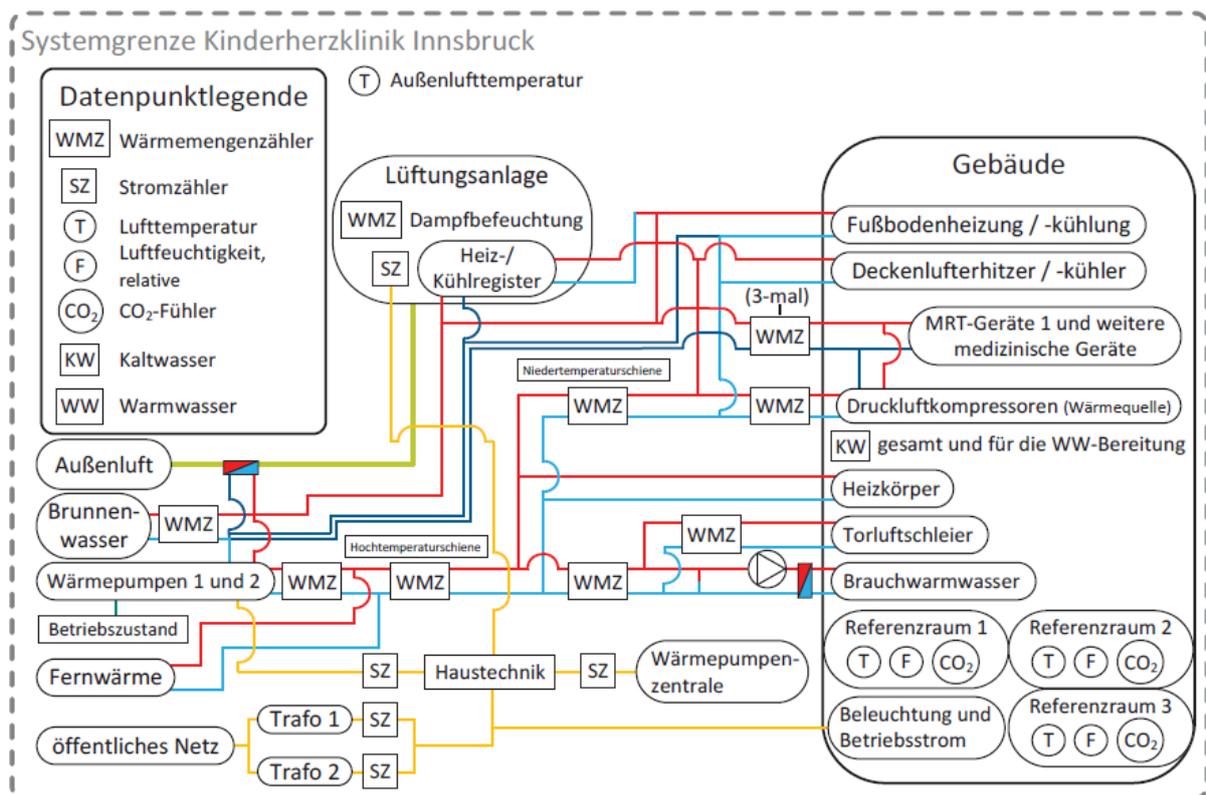


Abbildung 50: Prinzipschema Kinder- und Herzzentrum Innsbruck Bauabschnitt 2, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 50: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	24 758	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis	4 030	Kd
HGT _{24,6/16} lt. Messung	4 206	Kd
Heizenergiebedarf (HEB) lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2007 ¹⁵	99,8	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	96,5	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	93,7	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	28,6	kWh/m ² a
Kühlbedarf lt. Energieausweis (KEB)	20,0	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch	62,9	kWh/m ² a
Gesamt-Stromverbrauch	122,0	kWh/m ² a
Stromverbrauch Haustechnik		
Wärme- u. Kältebereitstellung Wärmepumpe/Kältemaschine Nr. 1 & 2	20,0	kWh/m ² a
Endenergiebedarf lt. Energieausweis	178,8	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch	153,8	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	226,8	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	30,1	kg/m ² a

¹⁵ Erläuterung des Begriffs Heizenergiebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

Abbildung 51 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von Juli 2019 bis einschließlich Juni 2020. Die beiden Wärmepumpen/Kältemaschinen decken einen wesentlichen Anteil der Wärme- und Kälteverbräuche. Der konstante Fernwärmeverbrauch wird hauptsächlich durch die Warmwasserbereitung hervorgerufen. Die Brunnenwasserkühlung entfaltet vor allem in den heißen Sommermonaten ihr Potenzial. Für die Kühlung der medizintechnischen Geräte wird auch im Winterhalbjahr Kälte benötigt.

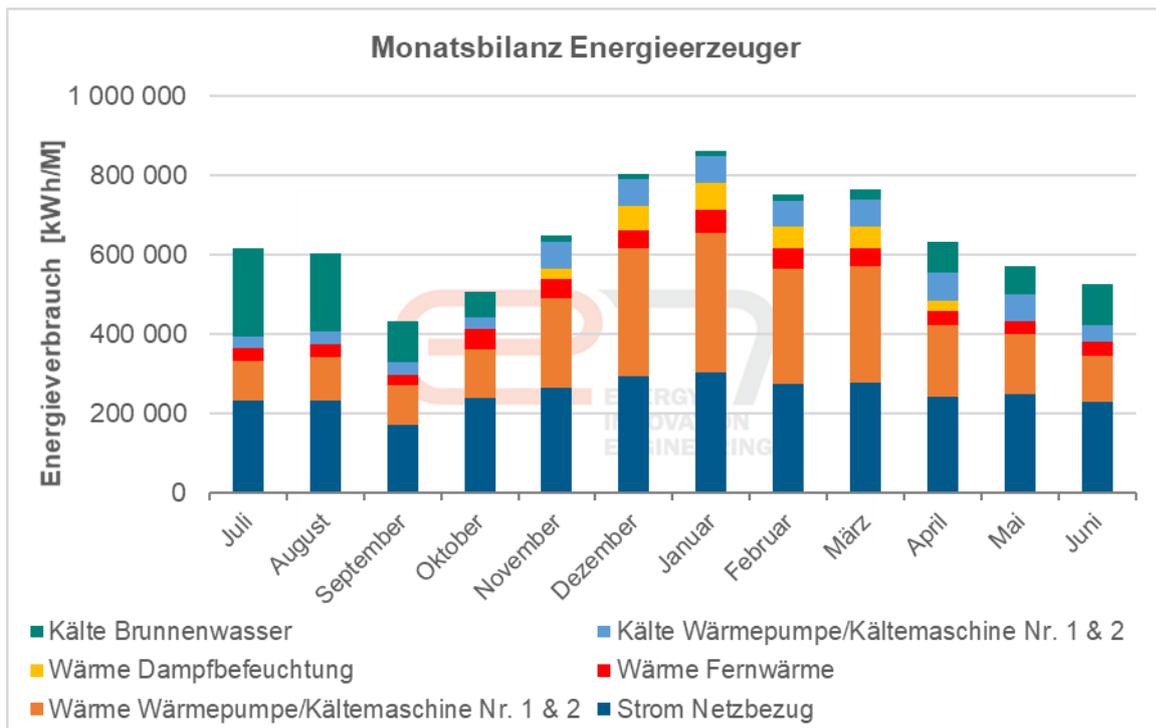


Abbildung 51: Energiebilanz Energieerzeuger, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.4 Energie-Nachfragestruktur

4.7.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 51: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum Juli 2019 – Juni 2020 beträgt rund 2.389 MWh.

Davon sind 29% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen, was einem spezifischen Verbrauch von 28,6 kWh/m²a entspricht. Die Deckung des Warmwasser-Energieverbrauchs erfolgt zu einem erheblichen Anteil von 42% durch die Wärmerückgewinnung von den Druckluftkompressoren, die restlichen 58% werden durch die Hochtemperaturschiene (Fernwärme) gedeckt.

Die Wärmenachfrage des Krankenhausbauteils wird hauptsächlich per Fußbodenheizung und Lüftungsanlagen gedeckt (49% der Gesamtwärmenachfrage). Zusätzlich werden 12% des Wärmeverbrauchs durch die Luftbefeuchtung mittels Reindampf bei den Lüftungsanlagen hervorgerufen (anfallende Dampf-Verteilverluste sind ebenso enthalten). Der Verbrauchsanteil der 3 Torluftschleier beträgt hingegen 3%. Der Wasserdampf wird dem zentralen Dampfnetz des Krankenhausstandorts entnommen (Erzeuger: Reindampferzeuger aus Heißwasser von Fernheizwerk). Rund 6% des Gesamt-Wärmeverbrauchs betreffen die Wärmeverteil-Verluste.

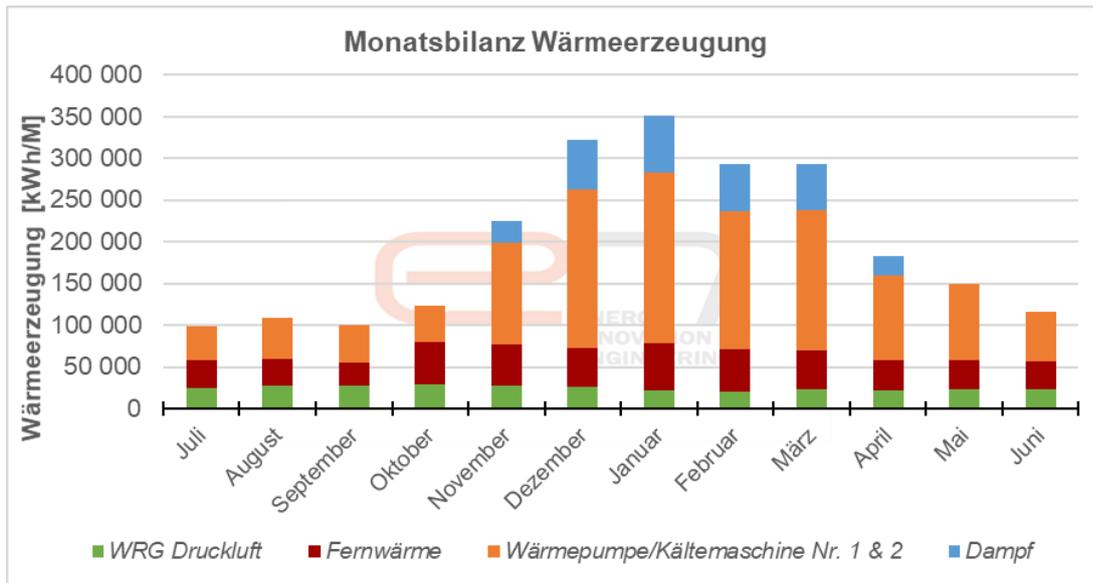
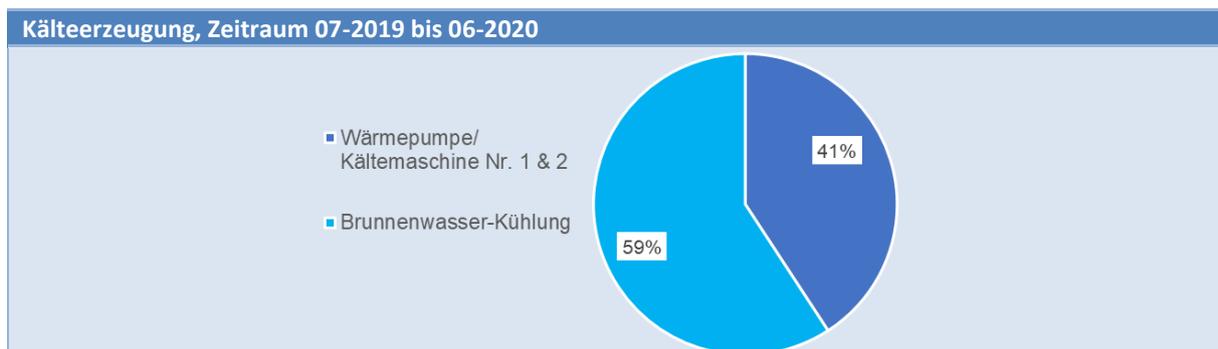


Abbildung 52: Monatliche Erzeugung Wärme, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Tabelle 52: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Kälte



Die Gesamt-Kälteerzeugung im Messzeitraum Juli 2019 – Juni 2020 beträgt rund 1.556 MWh.

Die Kälteabgabe erfolgt durch verschiedene Systeme über eine mehrstufige Temperaturnutzung. Folgende Systeme kommen für die Abgabe zum Einsatz: raumluftechnische Anlagen, Raumkonditionierung über Fußbodenheizung und Kühldecken. Weiters werden eine große Anzahl von medizintechnischen Geräten und Druckluftkompressoren mit Kälte versorgt, deren Kühlung ganzjährig erforderlich ist. Für den betrachteten Krankenhaus-Bauteil liegt keine Sub-Zählerstruktur zur Verbrauchserfassung der einzelnen Verbrauchereinheiten vor, deshalb können keine spezifischen Kälteverbrauchskennzahlen je Verbrauchereinheit angeführt werden.

Die Kälte-Bereitstellung erfolgt durch zwei Wärmepumpen/Kältemaschinen (41%) und der Brunnenwasser-Kühlung (59%). Die Brunnenkühlung kommt hauptsächlich im Sommerhalbjahr zum Tragen. Die Wärmepumpen/Kältemaschinen erzeugen überwiegend in der Heizperiode Kälte- (siehe Abbildung 53). Da im Winterhalbjahr der Betrieb der Wärmepumpen für die Deckung der Niedertemperatur-Wärmenachfrage erforderlich ist, wird damit automatisch ein hoher Anteil der Kältenachfrage gedeckt (das Brunnenwassernetz dient als Wärmequelle). Der jährliche spezifische Kühlenergieverbrauch beträgt 62,9 kWh/m²a und liegt um den Faktor 3,1 höher als der

ausgewiesene Kühlenergiebedarf laut Energieausweis (20 kWh/m²a). Dieser Unterschied lässt sich auf die medizintechnischen Geräte zurückführen, die in dieser Form im Energieausweis nicht Eingang gefunden haben. Zusätzlich trägt der außergewöhnlich heiße Sommer 2019 zu erhöhten Verbräuchen bei.

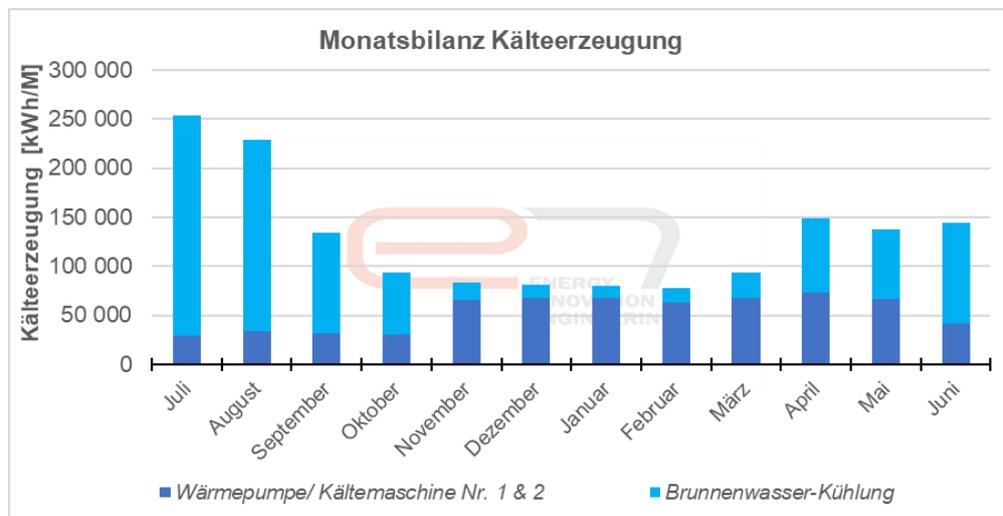


Abbildung 53: Monatliche Erzeugung Kälte, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 53: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Kennzahlen zu Stromverbrauch und -Grundlast

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	122,0	kWh/m ² a
Spezifische Strom-Grundlast	9,2	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch liegt im Messzeitraum bei rund 3.020 MWh. Dies entspricht spezifischen Verbräuchen von 122,0 kWh/m²_{BGFA}. Der Grundlastanteil liegt mit rund 1.989 MWh bei 66%.

Zum ermittelten Gesamtstromverbrauch ist anzumerken, dass an dem Objekt Kinder- und Herzzentrum eine Druckluftzentrale situiert ist, die Druckluft in den Druckluftring des gesamten Krankenhausareals einspeist. Die gesamten Stromverbräuche der Druckluftkompressoren sind im oberhalb angeführten Gesamtstromverbrauch enthalten.

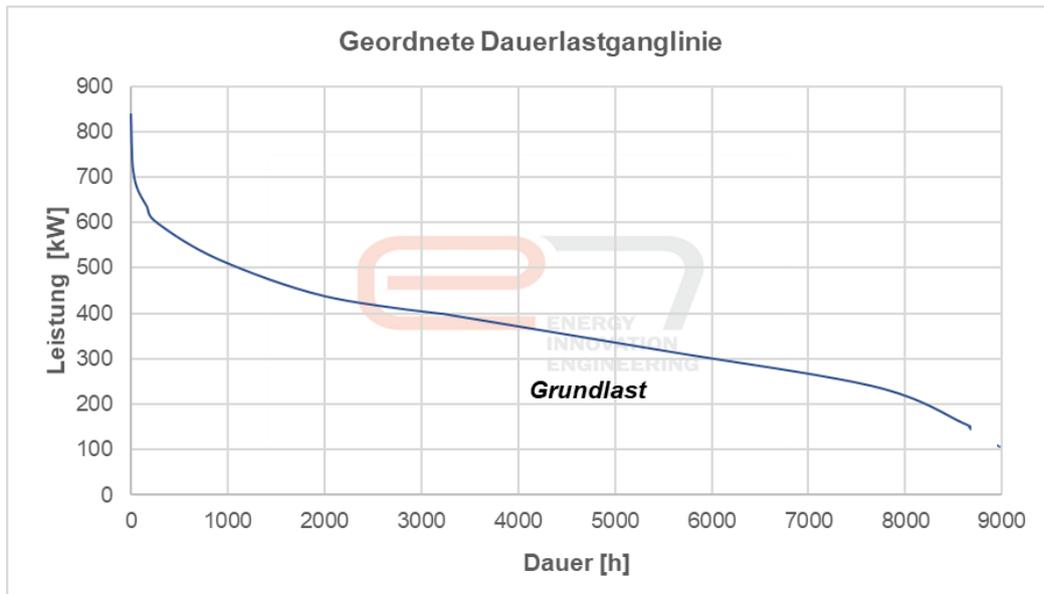


Abbildung 54: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Tabelle 54: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Strom

Nachfragestruktur Strom		
Wärme- u. Kältebereitstellung Wärmepumpe/Kältemaschine Nr. 1 & 2	20,0	kWh/m ² a

Die Wärmepumpe/Kältemaschine Nr. 1 & 2 benötigen mit 20,0 kWh/m²a einen Verbrauchsanteil von 16% des Gesamtstromverbrauchs.

Es sind keine weiteren Sub-Zähler vorhanden, daher können keine spezifischen Stromverbrauchs-Kennzahlen einzelner Verbrauchereinheiten ermittelt werden.

4.7.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Der Gesamtstromverbrauch des Bauabschnitt 2 des Kinder- und Herzzentrums (Brutto-Grundfläche: 24.758 m²) liegt im Messzeitraum bei rund 3.020 MWh. Dies entspricht spezifischen Verbrauch von 122,0 kWh/m²_{BGFA}. Zum ermittelten Gesamtstromverbrauch ist anzumerken, dass an dem Objekt Kinder- und Herzzentrum eine Druckluftzentrale situiert ist, die Druckluft in den Drucklufttring des gesamten Krankenhausareals einspeist. Die gesamten Stromverbräuche der Druckluftkompressoren sind im angeführten Gesamtstromverbrauch enthalten. Der Grundlastanteil liegt mit rund 1.989 MWh bei 66%. Dies ist für einen 24-Stundenbetrieb in einem Krankenhaus mit Stationen, Bettzimmer und hoher medizintechnischer Ausstattung ein plausibler Wert.

- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 2.389 MWh, bzw. 96,5 kWh/m²_{BGFa}. Die Wärmeerzeugung erfolgt hauptsächlich durch die Wärmepumpen und durch Fernwärme. Ein Anteil von 12% der Gesamtwärmemenge wird zum Zweck der Luftbefeuchtung bei raumluftechnischen Anlagen durch die zentrale Dampf-Versorgung eingebracht. Für die Warmwasserbereitung wird neben Fernwärme auch Abwärme von den Druckluftkompressoren verwendet.
- Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch beträgt 83,2 kWh/m²_{BGFa} und fällt damit um ca. 16% geringer aus als der standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises.
- 29% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen. Der spezifische Verbrauch für die Warmwasserbereitung inkl. Zirkulationsverluste beträgt 28,6 kWh/m²a, welcher als sehr effizient beurteilt werden kann. Die Deckung des Warmwasser-Energieverbrauchs erfolgt zu einem erheblichen Anteil von 42% durch die Wärmerückgewinnung von den Druckluftkompressoren, die restlichen 58% werden durch die Hochtemperaturschiene (Fernwärme) gedeckt.
- Die gesamte bereitgestellte Kältemenge liegt bei rund 1.556 MWh, bzw. 62,9 kWh/m²_{BGFa}. Die Kälte-Bereitstellung erfolgt durch zwei Wärmepumpen/Kältemaschinen (41%) und die Brunnenwasser-Kühlung (59%). Die Brunnenkühlung kommt hauptsächlich im Sommerhalbjahr zum Tragen. Die Kältemengen der Wärmepumpen/Kältemaschinen werden überwiegend in der Heizperiode bereitgestellt. Da im Winterhalbjahr der Betrieb der Wärmepumpen für die Deckung der Niedertemperatur-Wärmenachfrage erforderlich ist, wird damit automatisch ein hoher Anteil der Kältenachfrage gedeckt (das Kältenetz dient als Wärmequelle).
- Der jährliche spezifische Kühlenergieverbrauch beträgt 62,9 kWh/m²a und liegt um den Faktor 3,1 höher als der ausgewiesene Kühlenergiebedarf laut Energieausweis. Dieser Unterschied lässt sich auf die medizintechnischen Geräte zurückführen, die in dieser Form im Energieausweis nicht Eingang gefunden haben. Zusätzlich trug der außergewöhnlich heiße Sommer 2019 zu erhöhten Verbräuchen bei. Dennoch ist der Kühlenergieverbrauch als verhältnismäßig hoch zu bewerten.
- Für den betrachteten Krankenhaus-Bauteil steht keine Sub-Zählerstruktur zur Verbrauchserfassung der einzelnen Verbrauchereinheiten zur Verfügung, deshalb ist die Angabe von spezifischen Energieverbrauchskennzahlen je Verbrauchereinheit nicht möglich.

4.7.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Raumkomfortmonitoring wurden 3 Räume gewählt: Nr. 1: 1. OG Referenzraum (5-G3-341 Leitstelle, 17m²), Nr. 2: 2. OG Referenzraum (5-G4-342 Leitstelle, 18,8 m²), Nr. 3: 3. OG Referenzraum (5-G5-344 Bettzimmer 2, 57 m²).

Tabelle 55: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020				
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	25,39	23,83	24,56	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai – Okt.)	24,86	23,61	24,37	°C
Mittlere Raumlufefeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	17,7	19,3	28,3	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	6	0	0	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	0	0	0	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume 1 & 2.

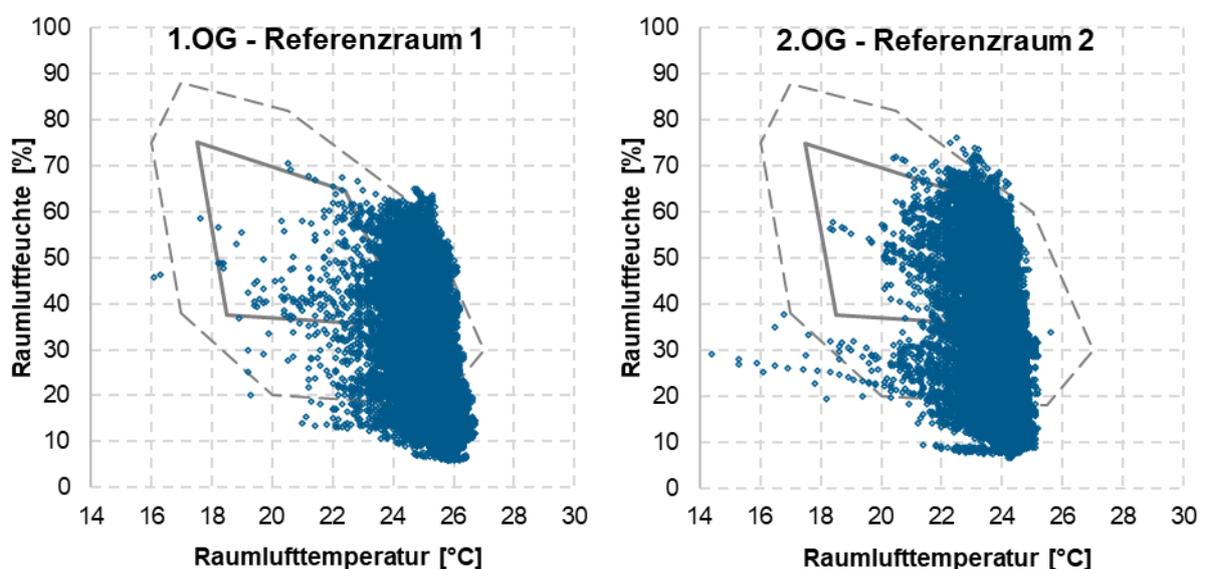


Abbildung 55: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzraum 1 im 1. OG und Referenzraum 2 im 2. OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Im Messzeitraum liegt der Raumkomfort der beiden Referenzräume 1 & 2 (Leitstellen) teils außerhalb des behaglichen Bereichs, da die Raumlufefeuchte in der Heizperiode vielfach <20% aufweist. Vor allem gegen Ende der Heizperiode im März und April 2020 sinken die Raumlufefeuchtwerte dieser beiden Räume zeitweise unter 10%, was als sehr trocken zu bewerten ist. Zudem wird beim Referenzraum 1 eine geringe Überwärmung (T > 26°C) im Winterhalbjahr festgestellt.

Der Referenzraum 3 im 3. OG (Bettzimmer) liegt weitestgehend im behaglichen Komfortbereich – hier wird auch im Winterhalbjahr eine höhere Raumlufefeuchte verzeichnet. Weiters wird festgestellt, dass in diesem Bettzimmer-Referenzraum im Sommer eine stärkere Entfeuchtung der Zuluft vorgenommen wird, als in den Leitstellen (max. Raumlufefeuchte liegt bei ca. 58%).

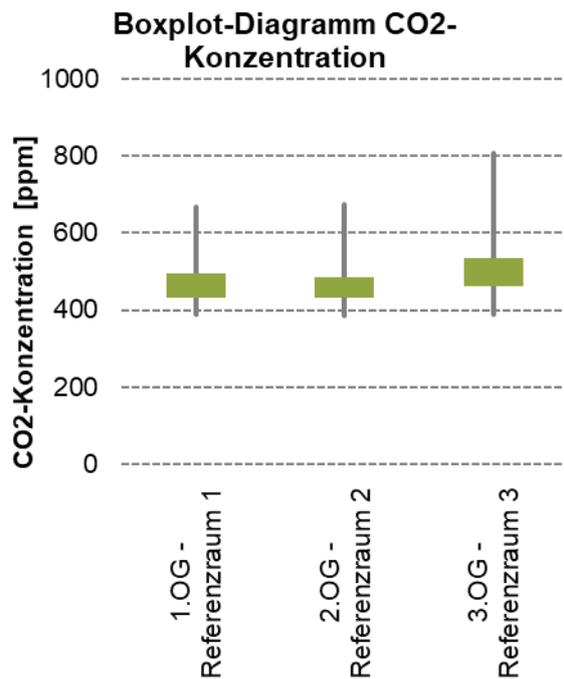


Abbildung 56 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert.

Dabei zeigt sich, dass während des Messzeitraums in allen Referenzräumen eine hohe Raumluftqualität vorherrschte. Die CO₂-Konzentration liegt ganzjährig unter 800 ppm, was darauf schließen lässt, dass die Raumlufttechnik dieser Bereiche hinsichtlich Raumluftqualität sehr zufriedenstellend arbeitet.

Abbildung 56: CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Schwerpunkt-Thema: Energieverbrauchs-Kennzahlen für den energieintensiven Krankenhausbereich sind wenig publiziert. Welche Faktoren haben in Krankenhäusern den größten Einfluss auf den Energieverbrauch?

Für den energieintensiven Krankenhausbetrieb sind folgende bedeutende Einflussfaktoren zu nennen:

- Die Intensität der medizintechnischen Ausstattung sowie Behandlungs-/ OP-Räume.
- Die energieintensive Ausstattung des Kinder- und Herzzentrums Innsbruck wird vor allem beim Kälte- und Stromverbrauch ersichtlich.
- Insbesondere der Kälteverbrauch folgt einem Werktag-Wochenende-Profil. Die hohe Auslastung am Betrieb der medizinischen Geräte und OPs führt an Werktagen zu deutlich höheren Verbräuchen.
- Wie bei jedem Gebäude ist ein deutlicher saisonaler Einfluss aufgrund der variierenden Einstrahlungsverhältnisse und Außentemperatur erkennbar, der sich maßgeblich bei den Wärme- und Kälteverbräuchen verdeutlicht. Nachfolgende Abbildung 57 stellt das spezifische Kälte-Erzeugungsprofil des Kinder- und Herzzentrums Innsbruck für die Winter- und Sommersaison an Werktagen dar. Es zeigt sich, dass im vorliegenden Objekt auch im Winter bedeutende Kälteverbräuche durch die medizintechnischen Geräte und Behandlungsräume hervorgerufen werden.

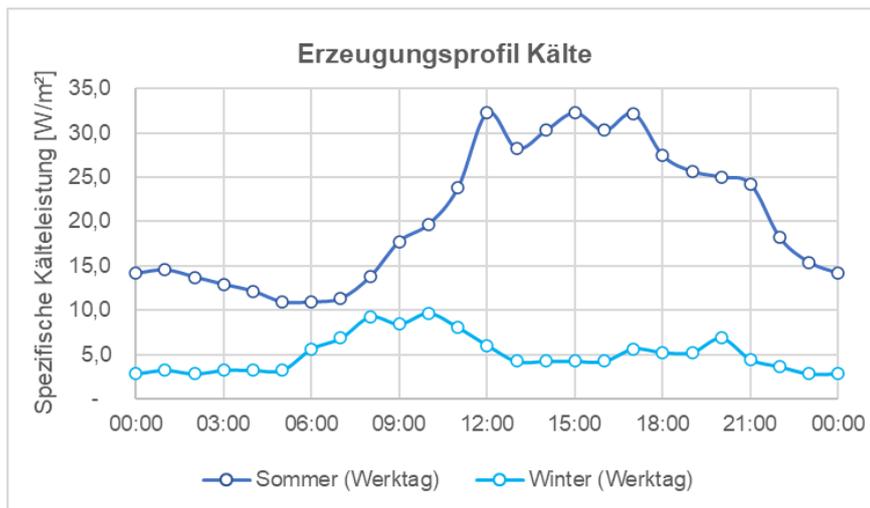


Abbildung 57: Erzeugungsprofil Kälte, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von je 10 repräsentativen Werktagen der Winter- und Sommersaison 2019/2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

- Bei der Wärmebereitstellung (Raumwärme und Warmwasser) liegt ein starker tageszeitlicher Einfluss vor (siehe mittleres Erzeugungsprofil an Werktagen im Winter, Abbildung 58). Beim gegenständlichen Untersuchungsobjekt liegt eine Wärme-Grundlast von rund 20 W/m² vor. Die Wärme-Hauptverbrauchszeiten liegen im Winter zwischen 5 und 11 Uhr, wo die Wärmelast bis zu 40 W/m² ansteigt.

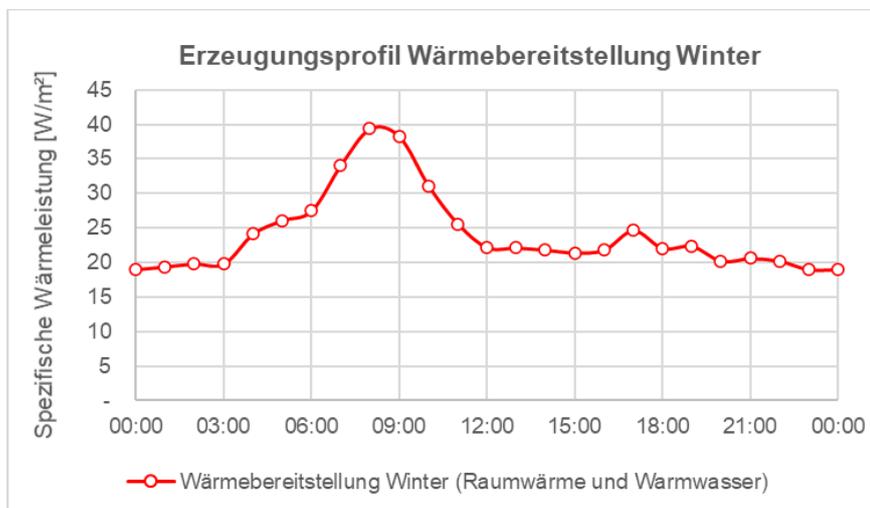


Abbildung 58: Erzeugungsprofil Wärmebereitstellung (Raumwärme und Warmwasser), Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von 12 repräsentativen Tagen im Zeitraum Dez 2019 – Feb 2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

- Insbesondere bei der Warmwasserbereitung liegt ein starker tageszeitlicher Einfluss vor (siehe mittleres Erzeugungsprofil an Werktagen, Abbildung 59), der ganzjährig einem sehr ähnlichen Profil folgt. Beim gegenständlichen Untersuchungsobjekt liegt eine Grundlast für Warmwasser bei rund 3,2 W/m² vor, die durch die Deckung der Zirkulationsverluste hervorgerufen wird. Die Warmwasser-Hauptverbrauchszeiten an Werktagen liegen am Morgen und Vormittag zwischen 5 und 10 Uhr.

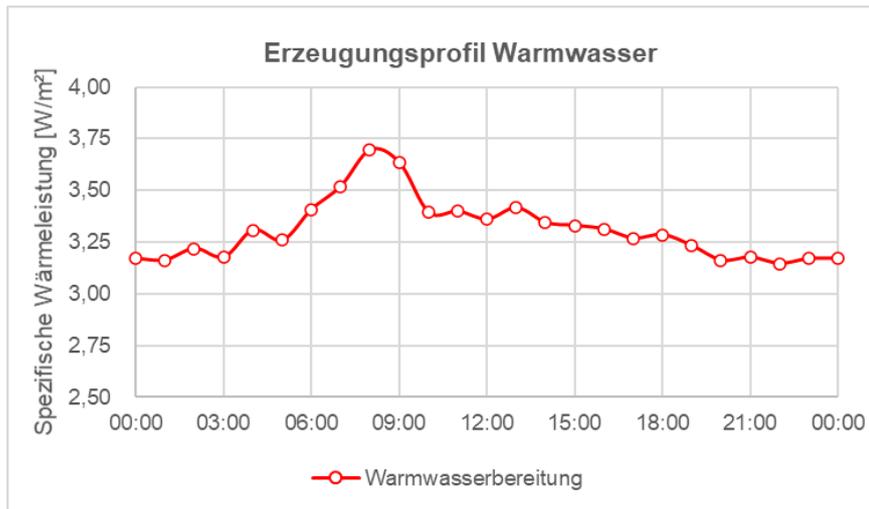


Abbildung 59: Erzeugungsprofil Warmwasser, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von 12 repräsentativen Werktagen im Zeitraum März – Mai 2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

- Das Stromverbrauchsprofil des Kinder- und Herzzentrums folgt den Hauptbetriebszeiten des Krankenhauses (06:00 – 18:00 Uhr), wobei am Vormittag die größten Verbräuche anfallen. An Wochenenden ist der Stromverbrauch bis zu 20% geringer als an Werktagen. In nachfolgender Abbildung 60 ist der saisonale Einfluss am täglichen Stromverbrauch ersichtlich (siehe strichlierte Trendlinien). Im Winterhalbjahr treten höhere Verbräuche auf, die durch den höheren Beleuchtungsbedarf, aber auch maßgeblich durch die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen hervorgerufen werden. Hervorzuheben ist, dass der Stromverbrauch für Kühlzwecke bei diesem Objekt im Sommer nicht in Erscheinung tritt, da im Sommerhalbjahr die Kühlung zu einem Großteil durch die Brunnenwasser-Kühlung gedeckt wird.

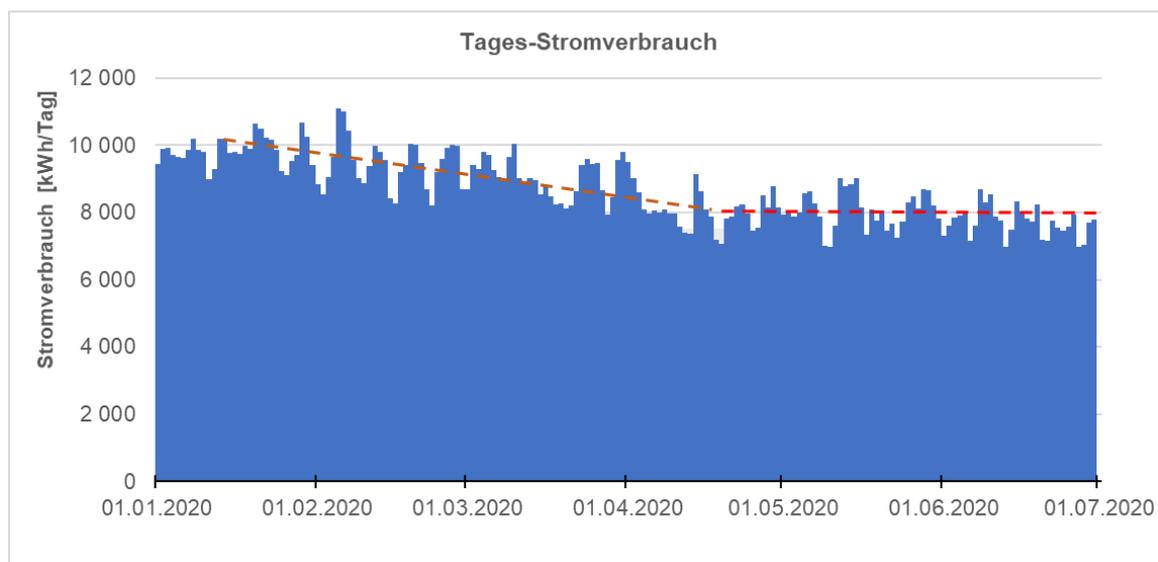


Abbildung 60: Tages-Stromverbrauch, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 1.1. – 30.6.2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.7.8 Optimierungspotentiale

Die integrale Wärme- und Kälteversorgung des Kinder- und Herzzentrums über Wärmepumpen in Kombination mit Brunnenwassernutzung und Abwärmennutzung von diversen medizinischen Geräten sowie Druckluftkompressoren erweist sich als effiziente ganzjährige Versorgungslösung. Insbesondere die mehrstufige Nutzung von Brunnen-Kühlwasser ermöglicht die Deckung hoher Kälteverbrauchsanteile. Der Anteil der aktiven Kälteerzeugung wird somit gering gehalten, was sowohl energieeffizient als auch kosteneffizient ist.

Trotz der umfassenden medizinischen Großtechnologien bestätigen die ermittelten Verbrauchskennzahlen einen effizienten Krankenhausbetrieb. Die koordinierte Nutzung und optimierte Auslastung der medizinischen Infrastruktur ließen sich hiermit nachweislich feststellen.

Das Energiemonitoring bestätigt für das Kinder- und Herzzentrum Innsbruck einen effizienten Betrieb, dennoch können folgende Optimierungspotenziale für den Krankenhausbetrieb angeführt werden:

- Optimierung des **Kälteverbrauchs medizintechnischer Geräte**: Das Kinder- und Herzzentrum verfügt über umfassende medizinische Großtechnologien, die ganzjährig einen Kälteverbrauch hervorrufen. Dennoch ist auffällig, dass auch in der Winterperiode in den Nachtstunden (wo viele dieser Geräte nicht aktiv im Einsatz sind) eine Kälteerzeugungsleistung von durchschnittlich 70 kW vorliegt. Dies verdeutlicht sich auch im vergleichsweise hohen spezifischen jährlichen Kühlenergieverbrauch mit 62,9 kWh/m²a. Erfahrungen zeigen, dass durch Anpassung von Betriebszuständen medizintechnischer Geräte an die jeweiligen Nutzungszeiten Strom und Kühlenergie eingespart werden können. Auch wenn in diesem Objekt ein großer Anteil der Kühlenergie durch die Brunnenwasser-Kühlung gedeckt wird, können durch Reduktion des Kühlaufwandes Stromeinsparungen bei Pumpenergie erzielt werden.
- Optimierung des **Energieverbrauchs (Wasserdampf) für die Luftbefeuchtung** bei den Lüftungsanlagen: Die Luftbefeuchtung erfolgt mittels Reindampf, der über das zentrale Dampfnetz des Krankenhausstandorts bezogen wird. Der Dampfverbrauch des Kinder- und Herzzentrums ist als hoch zu bewerten. Das Monitoring ergab, dass über das Dampfnetz des Objekts ca. 55 kW Dampf-Verlustleistung während der Heizperiode von Mitte November bis Mitte April auftreten. Demnach werden zur Deckung der Leitungsverluste ca. 70% der jährlich bezogenen Dampf-Energiemenge benötigt (hierzu ist anzumerken, dass je nach Leitungsführung ein Teil der Energieverluste in die Raumwärme über geht). Es wird eine Evaluierung der Umrüstung auf dezentrale Dampferzeuger empfohlen, um künftig Verluste über das zentrale Versorgungsnetz zu vermeiden. Dezentrale, strombeheizte Geräte ermöglichen eine bedarfsgerechte und energieeffiziente Erzeugung der benötigten Dampfmenge direkt am Aufstellungsort der Lüftungsanlagen.

- Optimierung des **Raumkomforts (basierend auf Erkenntnissen des Komfortmonitorings der Referenzräume)**: Im Messzeitraum liegt der Raumkomfort der beiden Referenzräume 1 & 2 (Leitstellen) teils außerhalb des behaglichen Bereichs, da die Raumlufftfeuchte in der Heizperiode vielfach <20% aufweist. Vor allem gegen Ende der Heizperiode im März und April 2020 sinken die Raumlufftfeuchtwerte dieser beiden Räume zeitweise unter 10%, was als sehr trocken zu bewerten ist. Um hier eine Verbesserung herbeizuführen, wird eine Überprüfung der Luftwechselraten (vermutlich zu hoher Luftwechsel) und ggf. eine Anpassung hinsichtlich eines bedarfsgerechten Lüftungsbetriebs empfohlen. Auch Befeuchtungsmaßnahmen sollten für die Erhöhung der Raumlufftfeuchtigkeit in Betracht gezogen werden.
- Potenziale für die Optimierung im energieintensiven Krankenhausbetrieb liegen vielfach im **Anlagenbereich der Raumluffttechnik**. Durch Anpassung der Luftwechselraten an die Nutzungszeiten der Versorgungsbereiche sowie eine gezielte Regelung der Zuluftfeuchte können relevante Einspareffekte beim Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch erzielt werden. Beispielsweise lässt sich dem Komfortmonitoring der Referenzräume zufolge darauf schließen, dass im Sommerhalbjahr eine verstärkte Entfeuchtung der Zuluft vorgenommen wird (z.B. 3.OG Referenzraum Nr. 3, Bettzimmer). Durch Reduktion der Entfeuchtung kann der sommerliche Kühl- und Wärmeverbrauch gesenkt werden. Der Optimierungsprozess im Anlagenbereich der Raumluffttechnik soll in enger Abstimmung mit den Verantwortlichen der jeweiligen Fachdisziplinen und Versorgungsbereiche vorgenommen werden.

4.7.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 56: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Eigennutzung als Tirol Kliniken GmbH
Integraler Planungsprozess	Ja, die Eigentümer waren durch die Abteilung Bau- und Technik eingebunden, welche als Bauherrnvertretung fungiert
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung (Technisches Servicezentrum Landeskrankenhaus Innsbruck, Tirol Kliniken GmbH)
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird.

Seitens des Eigentümers wurde angegeben, dass die im Kinder- und Herzzentrum umgesetzte Wärme-Kältelösung sehr gut funktioniert. Die hohe Zufriedenheit wird vor allem in Verbindung mit dem statischen Kälteabgabesystem über thermisch aktivierte Estriche (per Fußbodenheizkreise) betont. Neben der zufriedenstellenden Funktion der gebäudetechnischen Ausrüstung sind die niedrigen Betriebskosten besonders hervorzuheben.

Zur Steigerung der Energieeffizienz in dem Krankenhausneubau befinden sich derzeit folgende Optimierungsmaßnahmen in Planung: Es soll ein Pufferspeicher bei der Wärmepumpe integriert werden, um das Taktverhalten im Teillastbetrieb zu reduzieren. Weiters werden bei Rand-Bettzimmern Raumtemperatur-Absenkungen vorgenommen. Hier lag das Problem bei zu großen Heiz/Kühlgruppen, wodurch individuelle Einstellungen für einzelne Zimmer nicht möglich waren. Um die Raumluftkondition in der Heizsaison zu verbessern, werden Dampfpflanzen zur Raumluftbefeuchtung bei Lüftungsanlagen nachgerüstet.

Im Jahr 2018 erfolgte die Fertigstellung eines weiteren Krankenhausneubaus der Tirol Kliniken GmbH mit der Bezeichnung „Inneren Medizin Süd“. In diesem Objekt wurden viele gebäudetechnischen Elemente aus dem erfolgreich erprobten Konzept des Kinder- und Herzzentrums übernommen. Folgende anlagentechnische Highlights der Inneren Medizin Süd können überblicksmäßig zusammengefasst werden: Zentrale Brunnenkälteeinbindung in den Kälteverbundsystem-Kreislauf der Wärmerückgewinnung für die Lüftungsanlagen, Einzelraumregelung für Fußbodenheizung/-Kühlung, Abwärmenutzung von Wärmepumpen, Kondensatoren zur Vorwärmung von Brauch-Warmwasser, mehrteilige Wärmepumpenkaskade, welche auch in der Lage ist kalte- und wärmeseitige Teillasten energieeffizient erzeugen zu können.

Beim Kinder- und Herzzentrum wurde ein Energiemonitoringsystem auf Erzeugerebene umgesetzt. Zu Beginn lag die Herausforderung in der erstmaligen Evaluierung der Zählerdaten und die Aufrechterhaltung der korrekten Funktion. Ab den Zeitpunkt, wo diese Basisarbeit abgeschlossen war, erleichterte das Energiemonitoringsystem die Arbeiten im Rahmen des Energiemanagements und der Betriebsoptimierung ungemein. Neben fix verbauten Zählern sind auch mobile Wärmemengenzähler im Einsatz, um damit temporär die Verbräuche einzelner Wärme- oder Kälteversorgungsstränge evaluieren zu können.

4.8 St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West)

Tabelle 57: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Krankenhaus mit innovativer Gebäudetechnik		
Objektnutzung: Krankenhaus	Standort: Auhofstraße 189, 1130 Wien	Fertigstellung: 2018
 <p>Abbildung 61: St. Josef Krankenhaus, Bauteil 10 – Ostansicht, Quelle: Ing. Mladen Velic</p>	 <p>Abbildung 62: St. Josef Krankenhaus Bauteil 10 – Innenansicht, Stützpunkt Station 11, Quelle: Ing. Mladen Velic</p>	 <p>Abbildung 63: St. Josef Krankenhaus – Bauteil 10 – Innenansicht, Gang, Quelle: Ing. Mladen Velic</p>

Im Westen von Wien gelegen wurde das Krankenhaus im Zuge eines Umbaus mit dem Bauteil 10 um rund 8.000 m² erweitert. Der Bauteil 10 verfügt über 136 Patientenbetten und besteht überwiegend aus Stations- und Bettzimmern.

Der 2018 fertiggestellte Erweiterungsbau wurde mit Bauteilaktivierung in Kombination mit einer Wärmepumpe hergestellt, um die klimafreundliche Umweltenergie zu nutzen und die Betriebskosten gering zu halten.

Die Heizsysteme für Hoch- und Niedertemperatur-Anwendungen sind getrennt ausgeführt und verringern die technische Komplexität des Betriebs.

Im Zuge der Errichtung des Bauteils 10 wurde eine umfangreiche Monitoringinfrastruktur eingebaut, deren Daten für diese Auswertung herangezogen wurden.

Das St. Josef Krankenhaus verfügt über insgesamt 220 Betten, einen umfangreichen Ambulanzbetrieb und hat sich auf verschiedene medizinische Bereiche spezialisiert. Darunter fallen beispielsweise Behandlungen von Tumorerkrankungen, die Kinderabteilung mit Neonatologie und die Anästhesie.

Tabelle 58: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	7.987 m ²	Eigentümer: St. Josef Krankenhaus GmbH
HWB (SK)	23,9 kWh/m ² a	
KB (SK)	29,9 kWh/m ² a	
Architektur	Maurer & Partner ZT-GmbH, Atelier Hayde Architekten	Name: Roland Gumpoltsberger Web: https://www.santesis.at

4.8.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbau in Passivhaus-Energiestandard, 5-geschoßig
- Stahlbetonskelett mit vorgehängter Fassade
- Außenwand-Aufbau: armierter Dünnputz auf mineralischer Basis, Mineralwoll-
Putzträgermatten, Stahlbeton
- 2-Scheiben- und 3-Scheiben-Verglasungen 2-Scheiben-Verglasungen
- Luftwechsel bei Luftdichtigkeitsprüfung (n50) = 1,5 [1/h]
- Sehr kompakte Bauweise, A/V = 0,22 [1/m], charakteristische Länge 4,48 [m]

4.8.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 59: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Wärmepumpe (311 kW), Gas-Brennwert-Gerät (846 kW)
Warmwasser	3 Frischwassermodule, gespeist aus Hochtemperaturverteiler (Gesamtleistung Warmwasserbereitung 175 kW)
Kühlung	Wärmepumpe (407 kW)
Wärme - Abgabesystem	Radiatoren (21 kW), Fußbodenheizung (136 kW), Heizregister für Lüftungsanlagen (L101, 63 kW; L102, 37 kW; L103, 52 kW)
Kälte - Abgabesystem	Kühldecke (93 kW), Umluftgeräte (12 kW für IT- und E-Technikraum), Bauteilaktivierung (43 kW), Kälteregister für Lüftungsanlagen (L101, 77 kW; L102, 44 kW; L103, 41 kW)
Lüftungstechnik	Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, Lüftungsanlagen (L101, 15.500 m ³ /h; L102, 8.700 m ³ /h; L103, 7.000 m ³ /h; L104, 5.000 m ³ /h; L115, <1.000 m ³ /h; L120)
Elektrische Energie	Öffentliches Netz, Sicherheitsversorgung (SV), Allgemeinversorgung (AV), Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

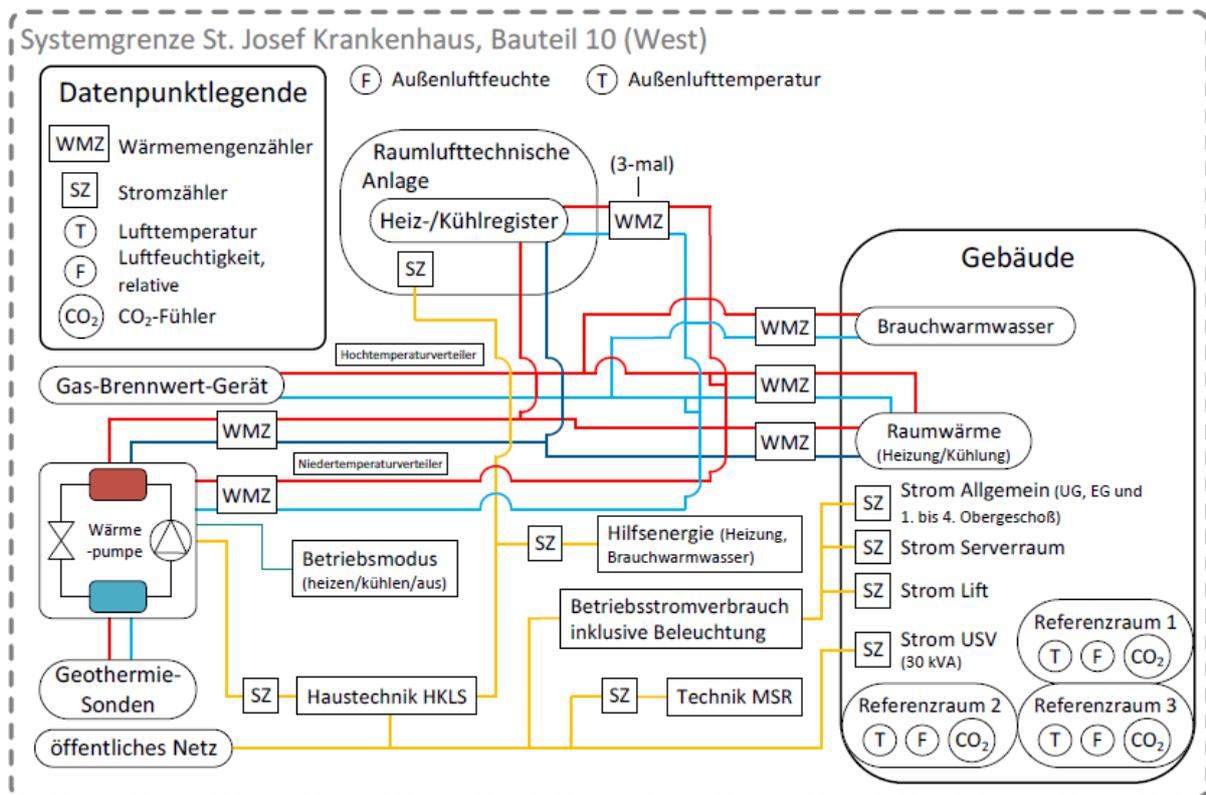


Abbildung 64: Prinzipschema St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West), Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.8.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 60: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. April 2019 – 31. März 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	7 987	m ²
HGT _{22/12} lt. Energieausweis	3 538	Kd
HGT _{22/12} lt. Messung	3 067	Kd
HGT _{23,8/16} lt. Messung	3 938	Kd
Heizenergiebedarf lt. Energieausweis (HEB) ¹⁶	77,9	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	95,6	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	92,1	kWh/m ² a
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis (WWWB)	25,6	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	61,6	kWh/m ² a
Kühlbedarf lt. Energieausweis (KEB)	31,2	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch	48,9	kWh/m ² a
Stromverbrauch Haustechnik	52,1	kWh/m ² a
Technik MSR	12,5	kWh/m ² a
Lüftungstechnik	10,4	kWh/m ² a
Reversible Wärmepumpe	23,6	kWh/m ² a
Wärme- u. Kälteverteilung	2,4	kWh/m ² a
USV-Anlage	3,2	kWh/m ² a

¹⁶ Gemäß OIB-Richtlinie 6 Ausgabe April 2019: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom	28,8	kWh/m ² a
Endenergiebedarf lt. Energieausweis	224,2	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch	154,6	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis	587,4	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	213,0	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission lt. Energieausweis	93,5	kg/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	36,6	kg/m ² a

Abbildung 65 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von April 2019 bis einschließlich März 2020. Die reversible Wärmepumpe versorgt das Gebäude mit Kälte und übernimmt zudem die Niedertemperatur-Wärmeversorgung. Die Wärmeenergie für die Hochtemperaturschiene wird durch einen Gaskessel bereitgestellt, der ganzjährig relativ konstante Wärmemengen liefert.

Der Bauteil 10 des Krankenhauses St. Josef verbraucht in dem Untersuchungsjahr von April 2019 bis März 2020 646.532 kWh Strom und 763.600 kWh Heizenergie.

Es liegt ein ganzjähriger Kälteverbrauch vor, der durch die verstärkte Raumkühlung in den Sommermonaten auf sein Maximum steigt.

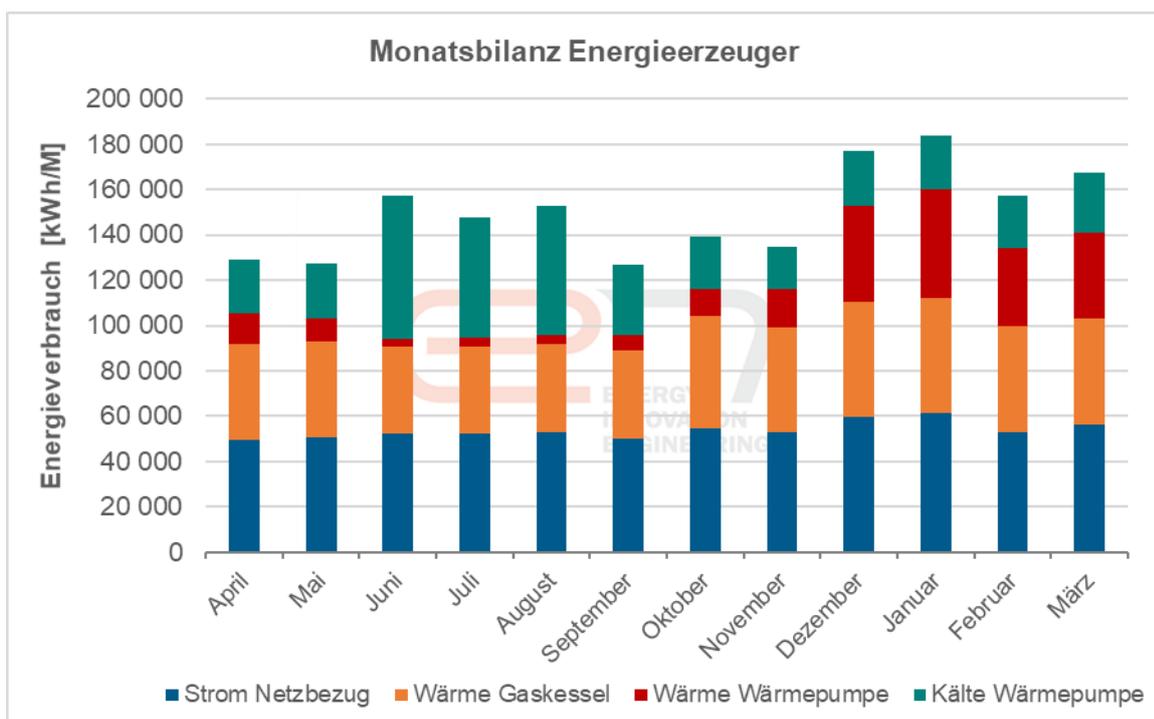


Abbildung 65: Energiebilanz Energieerzeuger (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.8.4 Energie-Nachfragestruktur

4.8.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 61: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch des Jahres 2019 beträgt rund 763.600 kWh. Davon sind 64% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen.

Die Wärmenachfrage des Krankenhausbauteils wird hauptsächlich per Fußbodenheizung gedeckt (27% des Gesamtwärmenachfrage). Der Verbrauch der Radiatoren beträgt hingegen 5%.

Die Lüftungsanlagen rufen einen geringen Wärmeverbrauchsanteil von 4% hervor, wobei der Bezug hauptsächlich durch die Station L103 Garderoben & Veranstaltungen erfolgte. Die Lüftungsanlagen für die Stationen (L101 und L102) weisen nur sehr geringe Wärmeverbräuche auf.

Die Wärmeerzeugung erfolgte im Messzeitraum April 2019 bis März 2020 zu 31% durch die Wärmepumpe (Versorgung der Niedertemperatur-Verbraucher Fußbodenheizung und Lüftungsanlagen) und zu 69% durch den Gaskessel. Nachfolgende Abbildung 66 zeigt die monatliche Wärme-Verbrauchsstruktur.

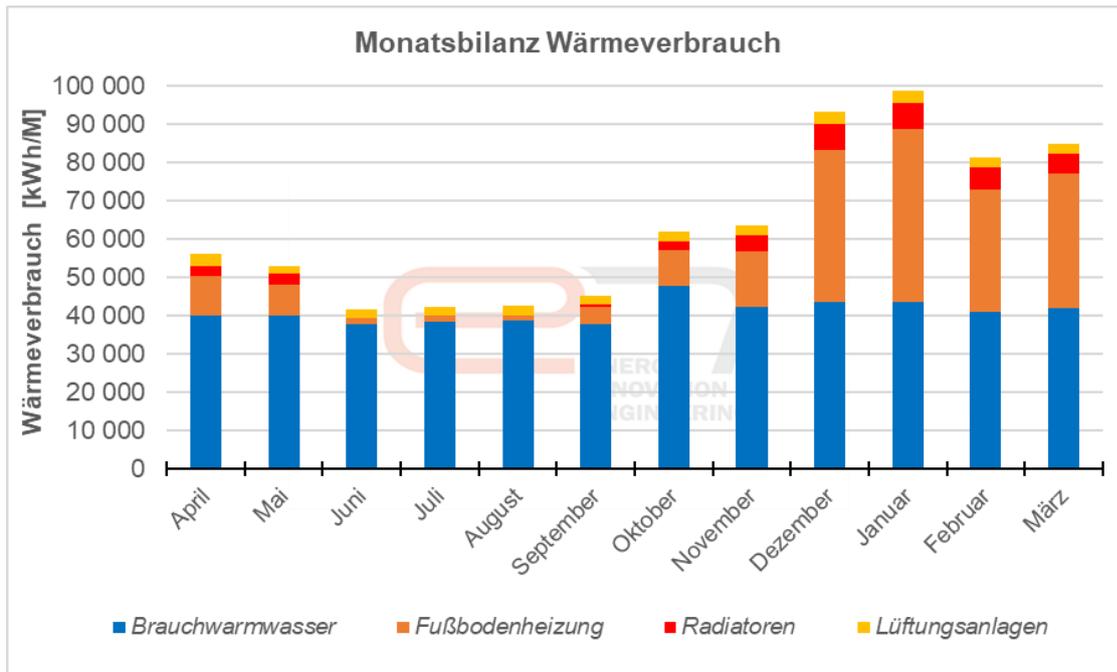


Abbildung 66: Monatlicher Verbrauch Wärme, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.8.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Tabelle 62: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Kälte



Die Kälteabgabe erfolgt durch Kühldecken mit einem Verbrauchsanteil von 32% an der gesamt erzeugten Kältemenge und die Bauteilaktivierung mit einem Anteil von 29%. Die Lüftungsanlagen beziehen für die Kühlung der Zuluft (keine Entfeuchtung) einen Kälteanteil von 19%. Für die Verteilverluste des ganzjährig im Betrieb befindlichen Kälteverteilsystems lässt sich ein Anteil an der Erzeugung von 17% feststellen.

Die Bereitstellung der Kälte erfolgt ausschließlich durch die reversible Wärmepumpe. Im Messzeitraum beträgt der spezifische Kühlenergieverbrauch 48,9 kWh/m²_{BGF} und liegt somit um den Faktor 1,6 höher als der ausgewiesene Kühlenergiebedarf laut Energieausweis. Der erhöhte Verbrauch lässt sich u.a. mit dem außergewöhnlich heißen Sommer 2019 begründen.

Abbildung 67 zeigt den monatlichen Kälteverbrauch. Erwartungsgemäß liegt ein deutlich erhöhter Verbrauch während der Sommermonate vor. Deutlich ersichtlich ist auch ein hoher Kälteverbrauch außerhalb der Sommerperiode. Als bedeutender ganzjähriger Kälteverbrauchsbereich ist die Milchküche zu nennen, wo die konstant anfallende Abwärme von Kühlschränken und Tiefkühlern abgeführt werden muss.

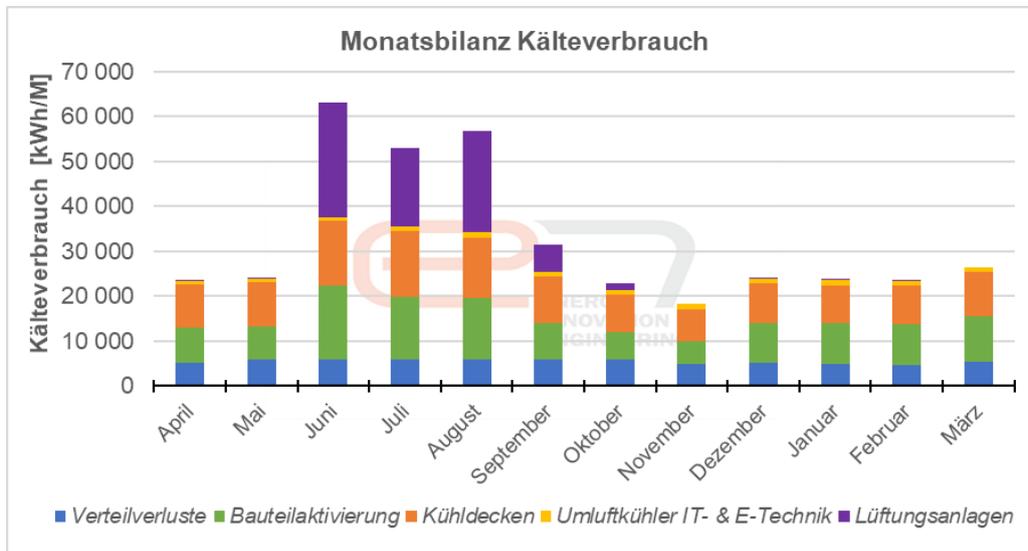


Abbildung 67: Monatlicher Verbrauch Kälte, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.8.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 63: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Kennzahlen zu Stromverbrauch und -Grundlast

Messzeitraum: 01. April 2019 – 31. März 2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	80,9	kWh/m ² a
Spezifische Strom-Grundlast	7,0	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch liegt im Messzeitraum bei rund 646.532 kWh. Dies entspricht spezifischen Verbräuchen von 80,9 kWh/m²_{BGFA} bzw. 4.754 kWh pro Patientenbett. Der Grundlastanteil liegt mit rund 488.000 kWh bei 75%.

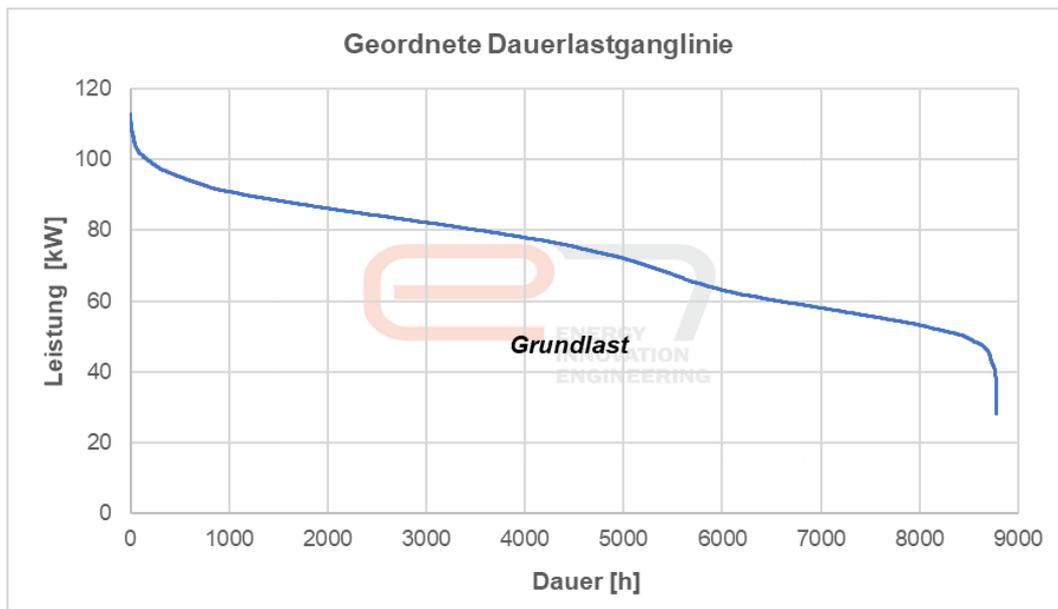


Abbildung 68: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Tabelle 64: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Strom

Nachfragestruktur Strom		
Betriebsstrom (inkl. Beleuchtung)	28,8	kWh/m ² a
Technik MSR	12,5	kWh/m ² a
HKLS: Lüftungstechnik	10,4	kWh/m ² a
HKLS: Reversible Wärmepumpe	23,6	kWh/m ² a
HKLS: Wärme- & Kälteverteilung	2,4	kWh/m ² a
USV-Anlage	3,2	kWh/m ² a

- Betriebsstrom (inkl. Beleuchtung)
- Technik MSR
- HKLS: Lüftungstechnik
- HKLS: Reversible Wärmepumpe
- HKLS: Wärme- & Kälteverteilung
- USV-Anlage

Der größte Verbrauchsanteil entfällt auf den Betriebsstrom mit 36%, der auch die Beleuchtung beinhaltet. Der spezifische Stromverbrauch Betriebsstrom inkl. Beleuchtung beträgt 28,8 kWh/m²a.

Die anderen Verbraucherkategorien sind unter haustechnische Anlagen zusammenzufassen und weisen insgesamt einen spezifischen Verbrauch von 52,1 kWh/m²a auf.

Die reversible Wärmepumpe benötigt mit 23,6 kWh/m²a einen Verbrauchsanteil von 29% des Gesamtstromverbrauchs und diente im Messzeitraum der Kälte- und der Niedertemperatur-Wärmebereitstellung.

4.8.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Der Gesamtstromverbrauch des Bauteils 10 St. Josef Krankenhaus (Brutto-Grundfläche: 7.987 m²) liegt im Messzeitraum bei rund 646.500 kWh. Dies entspricht einem spezifischen Verbrauch von 80,9 kWh/m²_{BGFA} bzw. 4.754 kWh pro Patientenbett. Der Grundlastanteil liegt mit rund 488.000 kWh bei 75%. Dem zu Grunde liegt eine Wärme- u. Kälteversorgung mittels reversibler Wärmepumpe und ein 24-Stundenbetrieb in einem Krankenhaus mit Stationen und Bettenzimmer, womit sich der hohe Grundlastanteil nachvollziehbar begründen lässt.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 763.600 kWh, bzw. 95,6 kWh/m²_{BGFA}. Die Wärmeerzeugung erfolgt im Messzeitraum zu 31% durch die Wärmepumpe (Versorgung der Niedertemperatur-Verbraucher Fußbodenheizung und Lüftungsanlagen) und zu 69% durch den Gaskessel.
- Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch beträgt 92,1 kWh/m²_{BGFA} und ist damit um den Faktor 1,2 höher als der standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises.
- Rund 64% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen. Der spezifische Verbrauch für die Warmwasserbereitung inkl. Zirkulationsverluste beträgt 61,6 kWh/m²a, welcher als sehr hoch einzuordnen ist. Der Heizenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung wird ausschließlich über die Hochtemperatur-Wärmeversorgung (Gaskessel) gedeckt. Die Zirkulation des Warmwassers verursacht ganzjährig Verluste mit einer Wärmeleistung von ca. 45 kW, was einer Wärmemenge von 394.000 kWh pro Jahr entspricht. Dies bedeutet, dass rund 50% des jährlichen Gesamt-Wärmeverbrauchs des Bauteils 10 zur Deckung der Warmwasser-Zirkulationsverluste aufgewendet werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Zirkulationsverluste außerhalb der Heizperiode zu (lokalen) Überwärmungen im Gebäude führen und daher einen zusätzlichen Kälteverbrauch hervorrufen.
- Die gesamte bereitgestellte Kältemenge liegt bei rund 390.700 kWh, bzw. 48,9 kWh/m²_{BGFA}. Die Bereitstellung erfolgt ausschließlich durch die reversible Wärmepumpe.
- Die Kälteabgabe erfolgt durch die Kühldecken (32% der Erzeugung), die Bauteilaktivierung (29% der Erzeugung) und die Lüftungsanlagen (19% der Erzeugung). Die vorwiegend wassergeführte Gebäudekühlstrategie ist nach energie- und komforttechnischen Gesichtspunkten als sinnvoll zu beurteilen.

- Aus der Verbrauchsstruktur Kälte wird ersichtlich, dass auch in der Heizperiode ein Kälteverbrauch mit einer recht konstanten Leistung von 15-30 kW über die Bauteilaktivierung und die Kühldecken vorliegt. Einzelne Verbrauchsbereiche benötigen eine ganzjährige Kälteversorgung. Als bedeutender ganzjähriger Kälteverbrauchsbereich ist die Milchküche zu nennen, wo die konstant anfallende Abwärme von Kühlschränken und Tiefkühlern abgeführt werden muss.
- Die reversible Wärmepumpe weist im Kühlbetrieb eine Arbeitszahl ESEER von 2,1 auf. Dieser Wert ist als niedrig zu beurteilen. Er lässt sich jedoch damit begründen, dass die Anlage ganzjährig bei niedriger Teillast betrieben wird (10 – 20% der Kälte-Nennleistung). Die maximale Kälteleistung der Wärmepumpe lag bei 210 kW (Stundenmittelwert, 8.7.2019), das rund 50% der Kälte-Nennleistung der Wärmepumpe entspricht. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Wärmepumpe bewusst größer dimensioniert wurde, da diese ab dem Jahr 2021 auch für die Kältebereitstellung des derzeit im Bau befindlichen Bauteils 11 sorgen soll.

4.8.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Raumkomfortmonitoring wurden der Personal-Aufenthaltsraum Nord (Nr. 1) und der Personal-Aufenthaltsraum Süd (Nr. 2) im 2. OG und der Bewegungsraum im 4. OG (Nr. 3) ausgewählt.

Tabelle 65: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. Mai 2019 – 30. April 2020				
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	24,97	23,40	22,89	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,29	24,61	22,81	°C
Mittlere Raumluftheuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	23,8	24,8	25,4	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	5	7	1	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	1	0	3	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für den Personal-Aufenthaltsraum Süd im 2. OG und den Bewegungsraum im 4. OG.

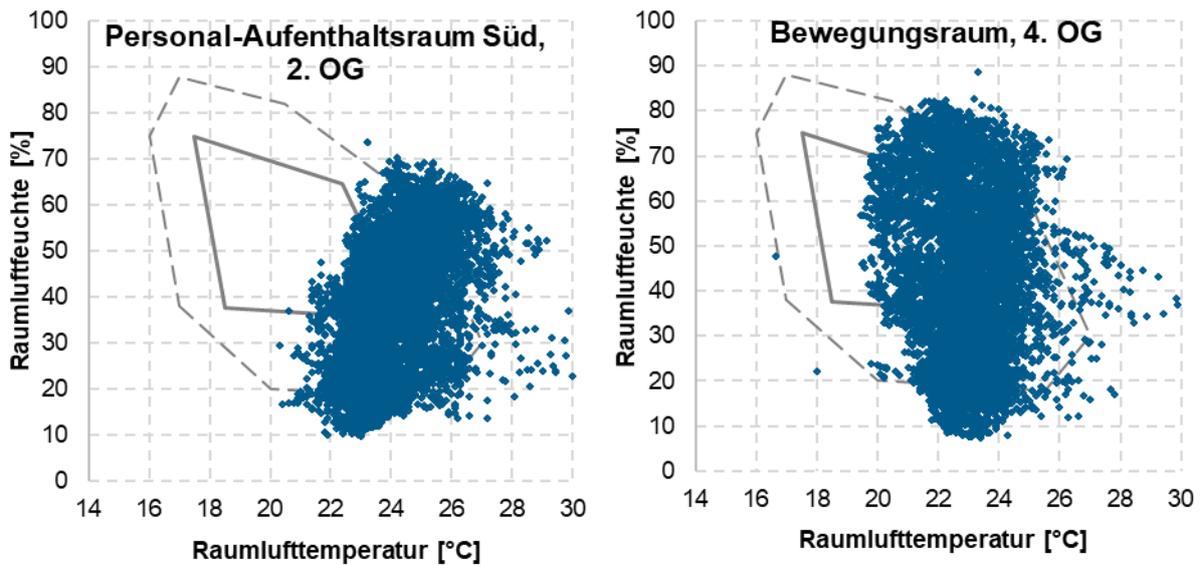


Abbildung 69: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Personal-Aufenthaltsraum Süd im 2. OG und Bewegungsraum im 4. OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Im Messzeitraum liegen die Parameter bei den beiden Personal-Aufenthaltsräumen im 2. OG teils außerhalb des behaglichen Bereichs. Beim Aufenthaltsraum Nord werden vor allem Überwärmungen im Winterhalbjahr und beim Aufenthaltsraum Süd im Sommerhalbjahr festgestellt. Der Bewegungsraum im 4. OG liegt weitestgehend im behaglichen Komfortbereich. Es zeigt sich bei allen Referenzräumen, dass die Raumlufffeuchte in der Heizperiode gering ist (meist <30%).

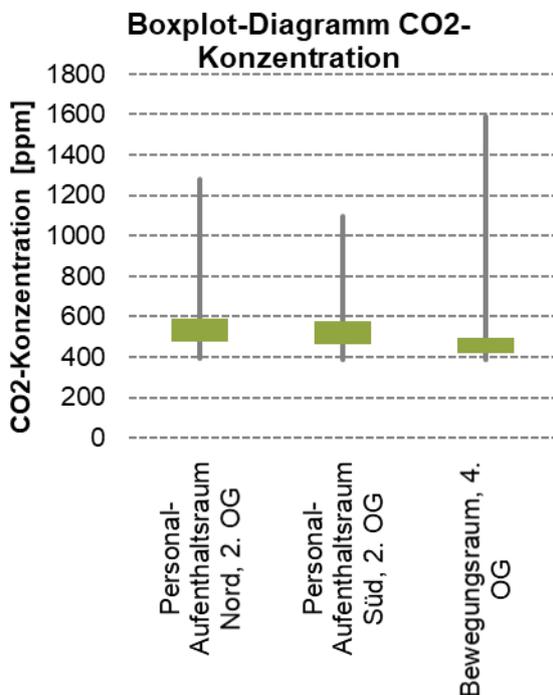


Abbildung 70 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot-Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert.

Dabei zeigt sich, dass der Großteil der Werte im Bereich der Außenluftkonzentration liegt. Vereinzelt kommt es zu hoher CO₂-Konzentration > 1000 ppm. Im Bewegungsraum kommt es nutzungsbedingt häufiger zu mäßiger Raumluffqualität (256 Stunden pro Jahr >1.000 ppm). Die Raumluffqualität könnte in diesem Bereich durch Erhöhung des Luftwechsels zu den Nutzungszeiten verbessert werden.

Abbildung 70 CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.8.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Schwerpunkt-Thema: Kann durch ein mit innovativen Technologien ausgestatteter Krankenhaus-Bau der Energieverbrauch gesenkt werden?

Die Heizwärmeverbräuche für Raumwärme liegen im erwarteten Bereich für einen kompakten Neubau-Krankenhaus-Bauteil mit einer Passivhaus-Gebäudehülle. Der Raumwärme-Verbrauch in Krankenhäusern kann somit durch die Anwendung von Passivhaus-Komponenten deutlich gesenkt werden.

Um Aussagen über andere Verbraucherkategorien treffen zu können, werden Krankenhaus-Kennzahlen aus der SIA 2024:2015 „Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik“ herangezogen. Nachfolgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der gemessenen spezifischen Verbräuche mit den SIA-Kennwerten.

Die zum Vergleich verwendeten SIA-Kennwerte beziehen sich auf „Standardwerte“ für die im St. Josef Krankenhaus Bauteil 10 vorliegende Mischnutzung von Stations- und Bettzimmer, welche typische Planungswerte für Neubauten und Gesamterneuerungen von Krankenhäusern darstellen.

Tabelle 66: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Vergleich der gemessenen spezifischen Verbräuche mit SIA-Kennwerten

Verbraucherkategorie	Spez. Verbrauch gem. SIA 2024:2015 [kWh/m ² a]	Spez. Verbrauch Monitoring St. Josef, Bauteil 10 [kWh/m ² a]
Strom Geräte & Beleuchtung	50,3	28,8
Strom Lüftung	12,6	10,4
Kälteverbrauch	24,8	48,9
Heizenergie für Warmwasser	50,1	61,6

Die Stromverbräuche der Verbrauchskategorien Geräte & Beleuchtung sowie Lüftung liegen beim St. Josef Krankenhaus Bauteil 10 deutlich unter den Standard-Planungswerten. Die im Messzeitraum festgestellten Werte für Kälteverbrauch und Heizenergieverbrauch für Warmwasser übersteigen die Standard-Planungswerte. Zum Kälteverbrauch ist anzumerken, dass der Sommer 2019 zu einem der heißesten zählt, seit Aufzeichnungen vorliegen, und daher die Verbräuche noch höher sind.

Der Heizenergieverbrauch für Warmwasser ist hoch, wobei dies maßgeblich auf die hohen Zirkulationsverluste zurückzuführen ist. Es werden Maßnahmen zur Reduktion der Zirkulationsverluste bei der Warmwasserbereitstellung empfohlen (siehe nachfolgender Abschnitt), die künftig zu einer Erreichung oder Unterschreitung der Standard-Planwerte führen sollten.

4.8.8 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotenziale können aus dem Energiemonitoring des Zeitraums 2019/2020 abgeleitet werden:

- **Reduktion der Zirkulationsverluste bei der Warmwasserbereitstellung:** Die Zirkulations-Rücklauftemperatur hinsichtlich normativ geregelter Mindesttemperatur überprüfen und dann den Sollwert der Vorlauftemperatur anpassen. Eventuell kann im Zuge der Anpassungen auch der Zirkulations-Volumenstrom reduziert werden.
- **Optimierung des Anlagenbetriebs der reversiblen Wärmepumpe inklusive Kälteerzeugung**
 - Die Analysen ergaben, dass die reversible Wärmepumpe mit ihrer Nennkühlleistung von 407 kW für die derzeitige Versorgung des Bauteils 10 überdimensioniert ist. Sie wird durchgehend bei Teillast betrieben (maximale Kälteleistungsabgabe im Messzeitraum ca. 50% der Nennleistung). Dies führt dazu, dass der ESEER bei einem geringen Wert von etwa 2,1 liegt. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass die Wärmepumpe neben der Kälteversorgung auch zur Deckung der Niedertemperatur-Wärmeverbräuche dient. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Wärmepumpe bewusst größer dimensioniert wurde, da diese ab dem Jahr 2021 auch für die Kältebereitstellung des derzeit im Bau befindlichen Bauteils 11 sorgen soll. Es wird empfohlen, während der Inbetriebnahme des Bauteils 11 den Wärmepumpenbetrieb inklusive der Anlageneffizienz in Hinblick auf die neuen Verbrauchsbedingungen zu analysieren.

- Die konstante Kälte-Bandlast während der Heizperiode von <40 kW deutet darauf hin, dass der Kälte-Pufferspeicher (Gesamtvolumen von 4.000 Liter) nicht optimal eingebunden ist. Es wird empfohlen, die Kälte-Pufferspeicher-Bewirtschaftung zu optimieren.
- **Optimierung der Raumheizung und Kühlung in den Patientenzimmern:** In diesen Bereichen übernimmt die Einzelraumregelung die Freigabe der Kühlung über die Bauteilaktivierung (eigener Kühlkreis je Zimmer) und die Fußbodenheizung. Hier wird ein Optimierungspotenzial vermutet, indem v. a. in den Übergangszeiten, aber auch in der Kühl- u. Heizperiode diese Abgabesysteme unter Berücksichtigung ihrer thermischen Massen optimiert betrieben werden. Neben der Einhaltung der erforderlichen Raumkonditionen sollte das Ziel sein, gleichzeitiges oder in engen Zeitintervallen abfolgendes Heizen und Kühlen zu vermeiden. Für diese Optimierungsmaßnahme würde sich die Methode des technischen Monitorings dieser Abgabesysteme als zielführend erweisen.
- **Reduktion des Energieverbrauchs bei der Wärme und Kälte und Änderung der Heiz- bzw. Kühlstrategie in Zusammenhang mit ganzjährigen Verbrauchern:** Als bedeutender ganzjähriger Kälteverbrauchsereich ist die Milchküche zu nennen, wo die konstant anfallende Abwärme von Kühlschränken und Tiefkühlern über die Kühldecke und einem Fan Coil abgeführt werden muss. Insbesondere für diesen Bereich wird eine Evaluierung empfohlen, ob durch Anwendung einer ventilativen Kühlung durch dezentrale Zuführung von Außenluft ein Großteil der Abwärme im Winterhalbjahr abgeführt werden kann. Auch ein dezentrales Klima-Splitgerät könnte eine sinnvolle Alternative darstellen, um das zentrale Kältebereitstellungssystem während der Wintermonate zu entlasten. Dadurch wird es ggf. möglich, außerhalb der Heiz- bzw. Kühlperiode einzelne Heiz- und Kühlkreise zu deaktivieren, was zur Reduktion von Wärme- und Kälteverteilverlusten beiträgt.
- **Optimierung Raum-Komfort und Luftqualität der Referenzräume**
 - Im Bewegungsraum 4. OG kommt es häufig zu mäßiger Raumluftqualität (256 Stunden pro Jahr >1.000 ppm). Die Raumluftqualität könnte in diesem Bereich durch Erhöhung des Luftwechsels während der Nutzungszeiten verbessert werden. Eine mögliche technische Umsetzung könnte eine Regelung in Kombination mit einem Luftqualitätssensor für diese Nutzungszone sein.

- Der Raumkomfort beider gemonitorten Personal-Aufenthaltsräume im 2. OG liegt teils außerhalb des behaglichen Bereichs. Beim Aufenthaltsraum Nord werden vor allem Überwärmungen im Winterhalbjahr festgestellt. Durch Einstellung der Wärmeabgabe der Fußbodenheizung könnte hier Abhilfe geschaffen werden. Beim Personal-Aufenthaltsraum Süd wurden Überwärmungen im Sommerhalbjahr festgestellt. Hier ist eine Optimierung der Einstellung von der Verschattungseinrichtung und der Kälteabgabe zu empfehlen.
- Während der Heizperiode wird die Raumluft in allen Referenzräumen sehr trocken. Um hier eine Verbesserung herbeizuführen, wird eine Überprüfung der Luftwechselraten und ggf. eine Anpassung des Lüftungsbetriebs empfohlen.

4.8.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 67: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Eigennutzung als St. Josef Krankenhaus GmbH
Integraler Planungsprozess	Ja, die Eigentümer waren eingebunden.
Technische Betriebsführung	Externe Betriebsführung (SANTESIS Technisches Gebäudemanagement & Service GmbH)
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird.

Die innovative Gebäudetechnik arbeitet aus Sicht der Betriebsführung sehr zufriedenstellend. In der ersten Betriebsphase gab es von den GebäudenutzerInnen die Rückmeldung, dass es in einzelnen Gebäudebereichen Optimierungsbedarf bei den Raumkonditionen gibt. Durch regelungstechnische Anpassungen an den Einzelraumregelungen konnte die hohe Trägheit der Wärme- und Kälteabgabesysteme (Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung) berücksichtigt und somit ein engeres Raumtemperaturband eingehalten werden.

Eine Optimierung wird im Bereich der Verschattungslösungen angestrebt. Derzeit können die Außenjalousien im obersten Stockwerk nur genutzt werden, wenn kein Wind vorherrscht. Bei erhöhtem Windaufkommen fahren die Jalousien zum Schutz vor Beschädigung automatisch ein, was zu sommerlicher Überhitzung im Gebäude führt. Um hier eine Verbesserung zu schaffen, wird künftig auf eine Verschattungslösung für erhöhte Windstärken umgerüstet.

Hinsichtlich Energieeffizienz wurden in dem Krankenhausneubau auch bereits Optimierungsmaßnahmen getroffen. Beispielsweise wurde die elektrische Heizung der Kapelle entfernt und an die hydraulische Wärmeversorgung angehängt. Weiters fand eine Umrüstung auf LED-Beleuchtung statt.

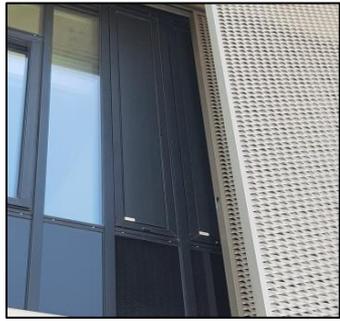
Am Standort St. Josef Krankenhaus, Bauteil 10 wurde ein umfangreiches Energiemonitoringsystem umgesetzt. Wie bei anderen Krankenhausstandorten, wo SANTESIS den technischen Betrieb führt, wird auch hier das Monitoringsystem zur Betriebsoptimierung der gebäudetechnischen Anlagen genutzt werden. In diesem Bereich konnten bei anderen Standorten schon große Erfolge erzielt werden. Häufig konnten damit Anlagen-Fehlfunktionen entdeckt und behoben werden. Die

Monitoringdaten werden auch dazu verwendet, um nachzuweisen, ob eine umgesetzte Energieeffizienzmaßnahme tatsächlich auch wirkt.

Die technische Betriebsführung ist überzeugt davon, dass mit dem Einsatz von Energiemonitoring der Betrieb der System- und Anlagentechnik auf deren Vorgaben kontrolliert werden kann. Bei der Konzeptionierung für ein Krankenhaus sollte darauf geachtet werden, in welchem Detaillierungsgrad die Verbrauchstruktur erfasst werden soll. SANTESIS wird bei künftigen Neubauten den Monitoring-Schwerpunkt auf die Erzeugungsstruktur und Großverbraucher setzen. Darüber hinaus ist angedacht, das technische Monitoring von gebäudetechnischen Anlagen mit Hilfe von Betriebsdaten aus der Gebäudeleittechnik vor allem in der ersten Betriebsphase anzuwenden.

4.9 Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf

Tabelle 68: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Bürobau nach Low-Tech-Konzept		
Objektnutzung: Büro/Verwaltung	Standort: Garnisonstraße 3, 4560 Kirchdorf an der Krems	Fertigstellung: 2018
 <p>Abbildung 71: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Westansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH</p>	 <p>Abbildung 72: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Innen-Ansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH</p>	 <p>Abbildung 73: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Fassaden-Detailansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH</p>

Das Bundesland Oberösterreich realisierte mit dem Neubau der Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf an der Krems ein Pilotprojekt mit Low-Tech-Ansatz. Der dreigeschoßige Massivbau wurde 2018 fertiggestellt. Der gewählte Grundriss in „U-Form“ ermöglicht über den Innenhof eine gute natürliche Belichtung der Räume. Zusätzlich dient der Innenhof als wertvoller Aufenthaltsraum für MitarbeiterInnen und BesucherInnen.

Die Frischluftzufuhr in den Bürobereichen wurde als Kombination zwischen mech.Lüftungsanlage und automatisch gesteuerter Fensterlüftung ausgeführt. Sind die Besprechungsräume nicht belegt, so werden die Bürozonon von der mechanischen Lüftungsanlage versorgt. Ansonsten wird die Frischluft über Fensterlüftung eingebracht. Dadurch konnte die Lüftungsanlage kleiner dimensioniert werden.

In der Nacht kommt ein Free-Cooling-Konzept zum Einsatz. Durch Überströmelemente in den einzelnen Büros und automatischer Öffnung von Lüftungsflügel im Fassaden-Fenster Element wird eine natürliche Querlüftung ermöglicht. Zusätzlich wurde eine adiabate Kühlung in der Lüftungszentrale installiert. Auf eine aktive Kühlung wurde verzichtet.

Die Wärmeversorgung erfolgt über regionale Fernwärme, die Wärmeabgabe über Fußbodenheizung und Radiatoren. Als Sonnenschutz sind manuell verschiebbare Fensterläden ausgeführt. Darüber hinaus deckt eine Photovoltaikanlage einen hohen Anteil des Stromverbrauchs.

Tabelle 69: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	3.623 m ²	Eigentümer: Land Oberösterreich
HWB (SK)	12,0 kWh/m ² a	Kontakt: Landes-Immobilien GmbH
Architektur	Architekturbüro Urmann Radler ZT GmbH	Web: https://www.land-oberoesterreich.gv.at/bh_kirchdorf.htm

4.9.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbauweise 3-geschoßig
- Aussenwand: Stahlbeton mit 16cm Steinwolle und hinterlüfteter Alucobond-Fassade, $U=0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Flachdach: Stahlbetondecke mit 30cm EPS-Dämmung, $U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fassaden-Fenster-Elemente mit 3-Scheiben-Verglasungen $U_{\text{Gesamt}}=1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2-lagige Fassade durch fixe und variable Elemente (unterschiedliche Verschattungsfaktoren für Sommer und Winter)
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,33 \text{ [1/m]}$, charakteristische Länge $3,02 \text{ [m]}$

4.9.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 70: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Zentrale Wärmeversorgung Fernwärme (Entsprechend Planung 300 kW, mit Versorger vereinbarte Anschlussleistung liegt bei 200 kW)
Brauch-Warmwasser	Dezentrale WW-Bereitung über Frischwassermodule
Kühlung	Keine aktive Kühlung, Automatische Freie Kühlung („Free Cooling“, Fensterflügel und Dachflächenfenster werden bei ausreichender Temperaturdifferenz geöffnet, Überströmöffnungen zwischen Büro und Gang sind vorhanden)
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Pufferspeicher 4.000 Liter, Fußbodenheizung und Heizkörper
Kälte – Abgabesystem	Lüftungsanlage mit adiabater Kühlung und Wärmerückgewinnung, Splitgerät im Serverraum
Lüftungstechnik	Fensterlüftung per automatischer Fenstersteuerung (nur Sommerbetrieb, Freie Kühlung (nachts), Lüftungsanlagen (L01, L02), Temperaturgesteuerter Zuluftventilator für Serverraumkühlung
Elektrische Energie	Photovoltaikanlage (94 kWp), Eigenstromnutzung und Überschuss-Einspeisung

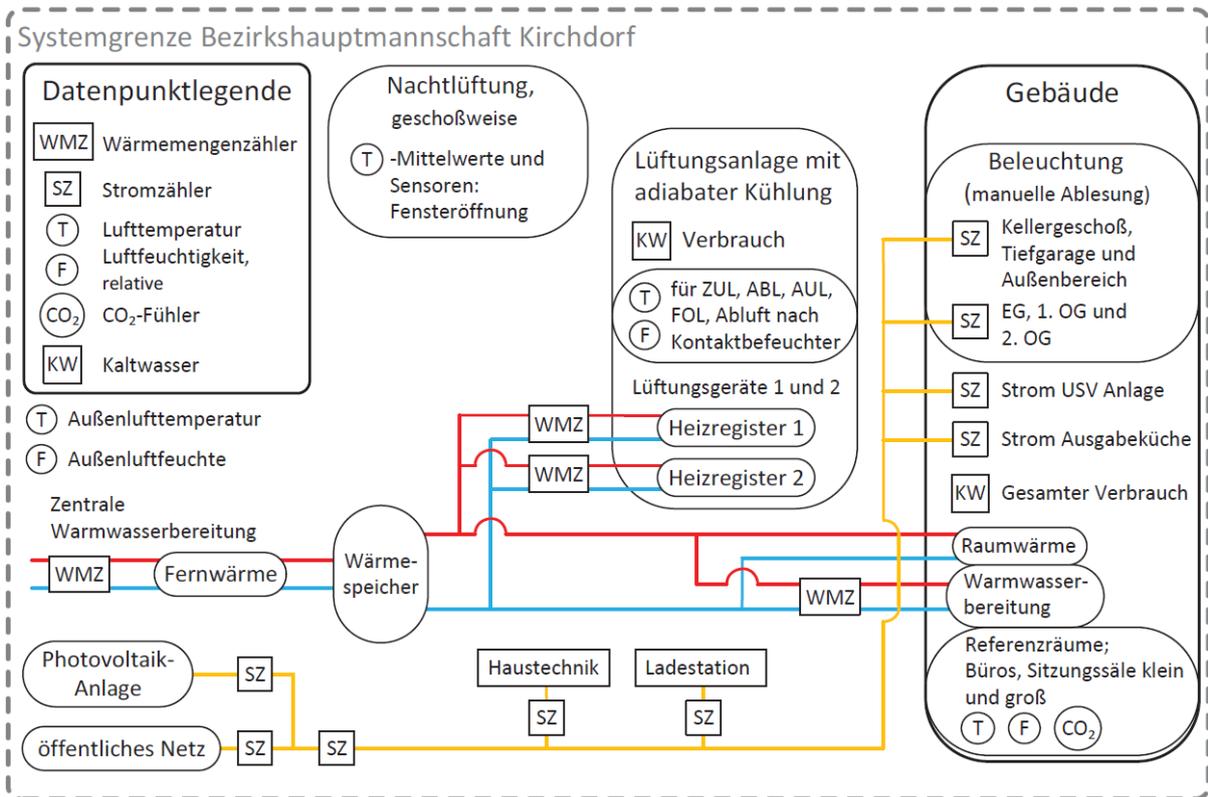


Abbildung 74: Prinzipschema Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.9.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 71: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. März 2019 – 28. Februar 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	3 623	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis	3 642	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	2 350	Kd
HGT _{23,4/14} lt. Messung	3 254	Kd
Heizenergiebedarf HEB lt. Energieausweis ¹⁷	35,09	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch lt. Messung	51,30	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch lt. Messung, HGT-bereinigt	57,00	kWh/m ² a
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis (inkl. Technikverluste)	5,17	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	3,75	kWh/m ² a
Kühlbedarf lt. Energieausweis	23,71	kWh/m ² a
Kühlverbrauch (Versorgung Serverraum und Notstromanlagen)	0,1	kWh/m ² a
Stromverbrauch Haustechnik	1,9	kWh/m ² a
<i>HE Gesamt: Lüftungsanlagen & Heizungspumpe</i>	<i>1,8</i>	<i>kWh/m²a</i>
<i>Split-Klimaanlagen</i>	<i>0,1</i>	<i>kWh/m²a</i>
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom	22,4	kWh/m ² a
<i>Beleuchtung</i>	<i>7,6</i>	<i>kWh/m²a</i>
<i>Betriebsstrom (ungezählt, rechnerisch ermittelt)</i>	<i>9,2</i>	<i>kWh/m²a</i>
<i>Stromverbrauch Küche</i>	<i>3,2</i>	<i>kWh/m²a</i>
<i>Stromverbrauch USV Anlage (IT-Infrastruktur inkl. Server)</i>	<i>2,4</i>	<i>kWh/m²a</i>
Endenergiebedarf lt. Energieausweis	91,93	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Fernwärme, Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom)	75,6	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch Gesamt	104,2	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	6,1	kg/m ² a

Die Abbildung unterhalb zeigt die monatliche Energiebilanz für Strom und Fernwärme. Der Wärmeanteil beträgt rund 2/3 des Gesamtenergieverbrauchs und verteilt sich entsprechend den Witterungsbedingungen überwiegend auf die Heizperiode. Der Stromverbrauch ist über das Jahr sehr konstant bei durchschnittlich rund 230 - 260 kWh pro Tag. Der geringste Verbrauch findet im Juni mit rund 210 kWh pro Tag statt (Durchschnitt über gesamtes Monat).

¹⁷ Erläuterung des Begriffs Heizenergiebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

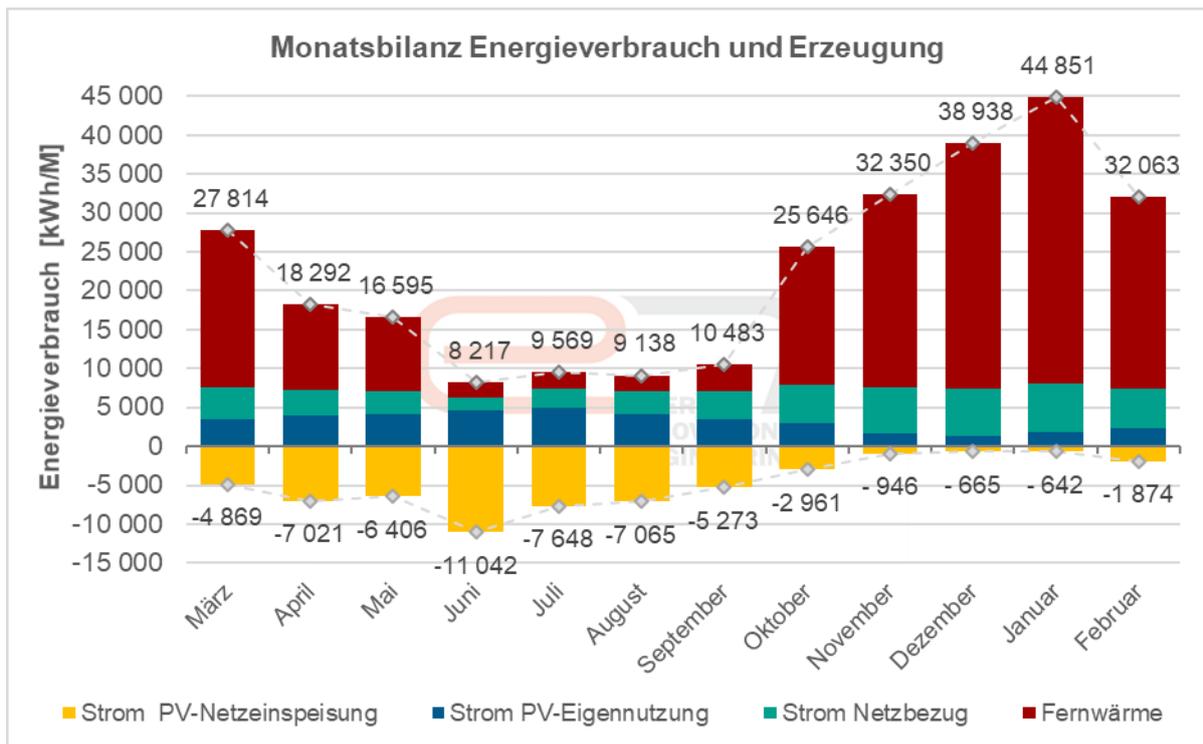
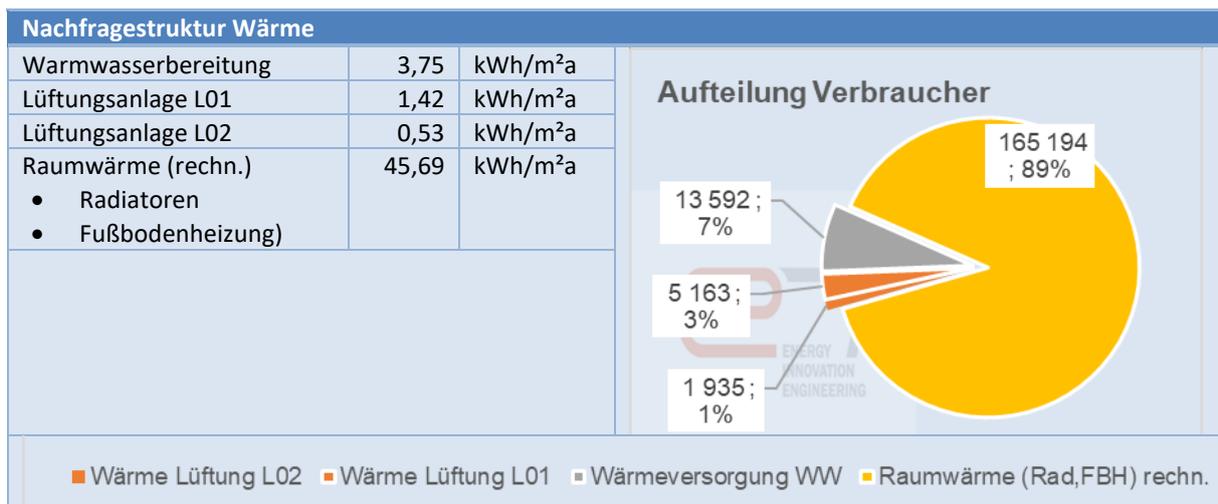


Abbildung 75: Endenergieverbrauch BH Kirchdorf (alle Energieverbraucher und Erzeuger) (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.9.4 Energie-Nachfragestruktur

4.9.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 72: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Nachfragestruktur Wärme



Die Wärmeversorgung erfolgt ausschließlich über einen Fernwärmeanschluss; der Gesamtverbrauch im Messzeitraum beträgt 185.885 kWh. Die Wärme wird zur Warmwasserbereitung (7%), für die Heizregister der raumluftechnischen Anlagen (4%) sowie in den Heizsystemen (Radiatoren und Fußbodenheizung) verwendet. Dieser weitaus größte Teil des Fernwärmeverbrauchs (89%) wurde

rechnerisch aus der Differenz Fernwärmezähler zu Summe Subzähler ermittelt und enthält die Übergabe-, Speicher, und Verteilverluste bis zu den Subzählern.

Die monatliche Bilanzierung zeigt einen konstanten Verlauf beim Warmwasserverbrauch sowie einen saisonalen Verlauf beim Verbrauch für Heizsystem und Lüftungsanlagen. Der Sommerverbrauch für die Datenreihe „Raumwärme“ resultiert aus den Systemverlusten zur Warmwasserbereitung bis zum Subzähler.

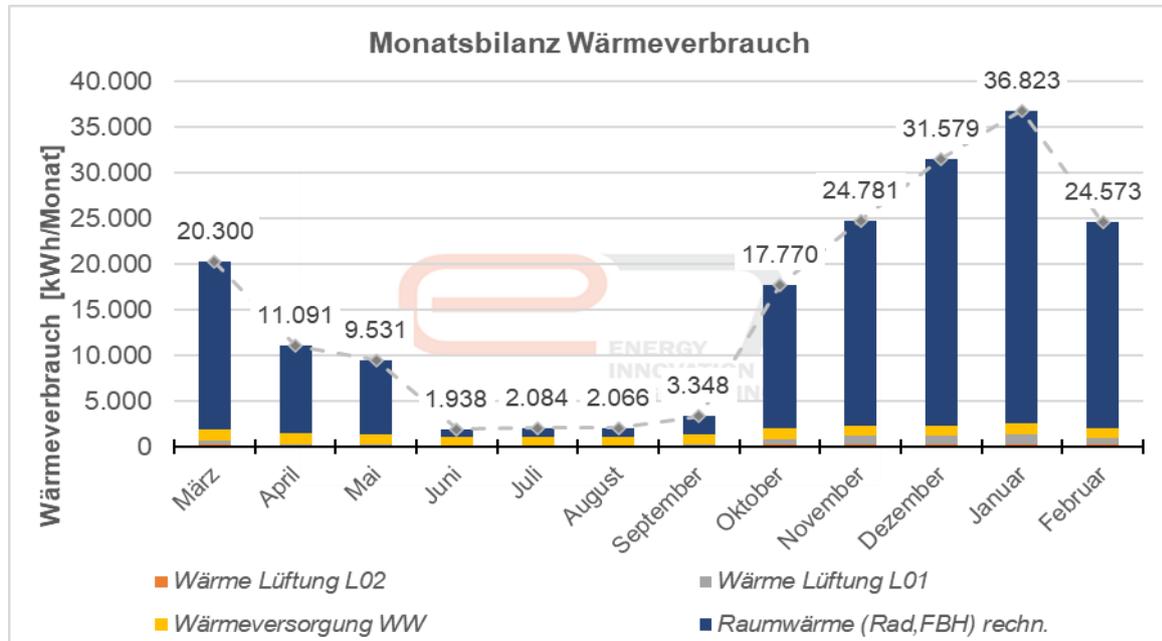
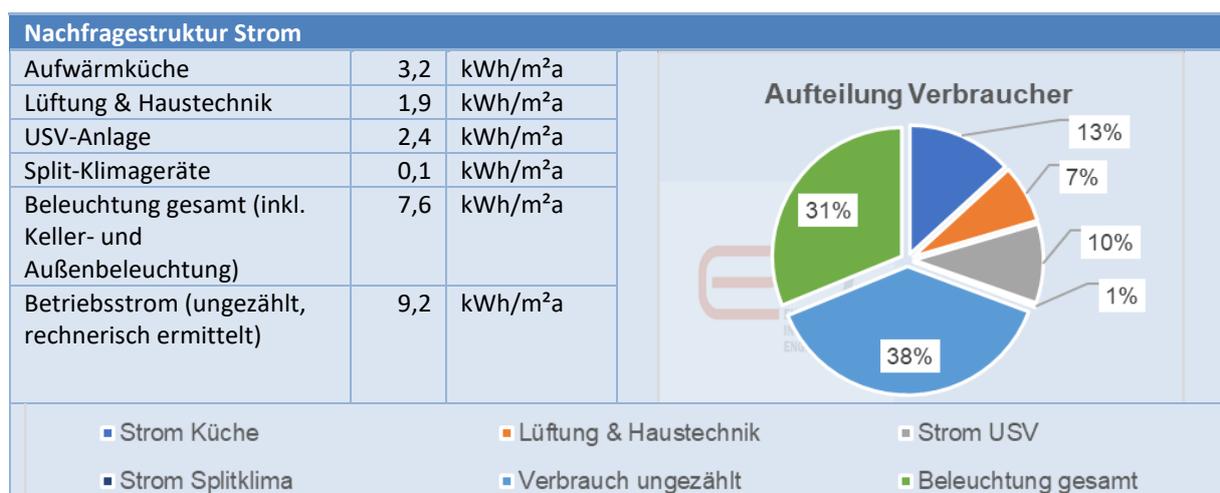


Abbildung 76: Monatliche Nachfrage Wärme Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.9.4.2 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 73: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Nachfragestruktur Strom



Der Gesamtstromverbrauch wurde im Messzeitraum mit 88.083 kWh, bzw. 24,3 kWh/m²_{BGFa} ermittelt und liegt damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Der gezählte Stromverbrauch unterteilt sich in den Technik-Stromverbrauch für den Betrieb der Lüftungsanlagen sowie für sämtliche Umwälzpumpen und sonst. Hilfsenergien (7 % des Gesamtstromverbrauchs), die Küche (13 %), dem

Stromverbrauch der, über die USV betriebenen Anlagen (10 %) sowie dem Beleuchtungsenergiebedarf (31 %). Die verbleibenden 38 % sind nicht separat gezählt, diese stellen den Betriebsstromverbrauch dar. Die Split-Klimaanlagen sind vernachlässigbar.

Die Stromversorgung erfolgt über das öffentliche Netz (56 %) sowie über die eigene PV-Anlage (44 %). Überschüsse werden in das Netz rück-ingespeist. Insgesamt wird über die PV-Anlage ein Ertrag von 95.330 kWh erwirtschaftet, was einem bilanziellen Überschuss von 8 % gegenüber dem Verbrauch des Objektes entspricht. In den Monaten März – September wird bilanziell mehr Ertrag erwirtschaftet als im Gebäude verbraucht wird. Die monatliche Energiebilanz der PV-Anlage ist in Abbildung 77 dargestellt. Der spezifische Ertrag der 94kWp Anlage entspricht 1.014 kWh/kWp.

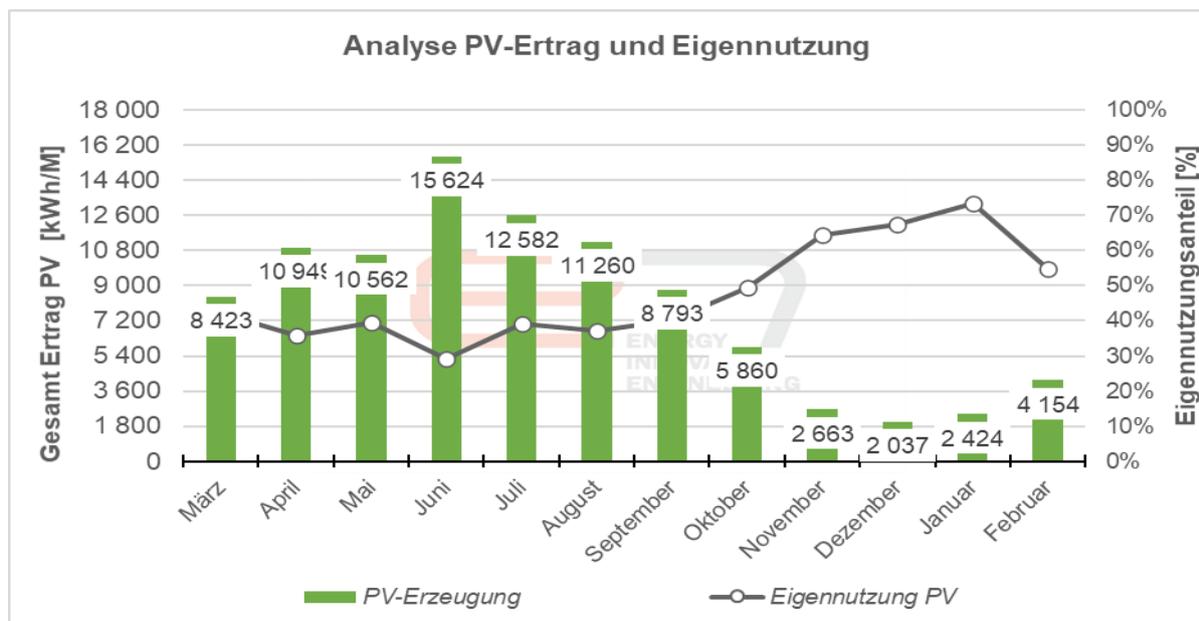


Abbildung 77 Monatliche Energiebilanz der PV-Anlage (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Folgende Tabelle zeigt einen Überblick über wesentliche Stromverbrauchs-Kennwerte:

Tabelle 74: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Kennzahlen zu Stromverbrauch

Messzeitraum: 01. März 2019 – 28. Februar 2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch (Netz- & PV)	88 071	kWh/a
Spezifische maximale Strom-Leistung	9,7	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	1,3	W/m ²
Grundlastverbrauch	41 858	kWh
Anteil Grundlast am Gesamtverbrauch	48	%
Anteil Verbrauch Sommermonate	49	%
Anteil Verbrauch Wintermonate	51	%

Abbildung 78 zeigt den geordneten Verlauf der Bezugsleistung. Der maximale Leistungsbezug liegt bei 35,02 kW, die Grundlast liegt bei 4,78 kW. Daraus errechnet sich ein Grundlastverbrauch von knapp 41.900 kWh, was einem Anteil von 48 % des Gesamtstromverbrauchs entspricht. Damit sind Einsparungen bei der Grundlast besonders effizient.

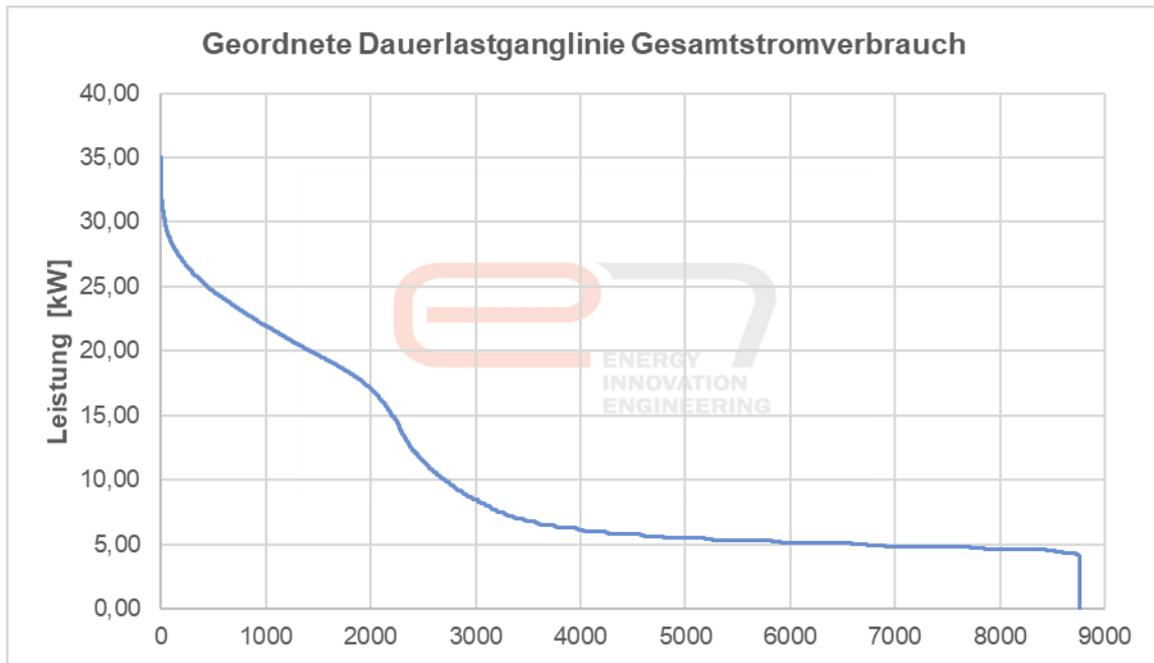


Abbildung 78: Dauerlastgang Gesamtleistungsbezug des Gebäudes BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.9.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Das Gebäude wird gut betrieben. Zeitprogramme und Absenkbetrieb sind in der Energienachfrage erkennbar.
- Der spezifische Stromverbrauch des Gebäudes ist mit 24,3 kWh/m² Bruttogrundfläche sehr gering. Im Vergleich zu anderen Verwaltungsgebäuden des Land Oberösterreichs liegt der Verbrauch im Spitzenfeld.
- Der Ertrag der PV-Anlage (~95.000 kWh) ist mit knapp über 1.000 kWh/kWp sehr hoch. Über ein Jahr bilanziert liegt die PV Stromproduktion höher als der gesamte Stromverbrauch. Durch den PV Strom können 44 % des Gesamtstromverbrauchs abgedeckt werden. Der Direktnutzungsanteil ist mit 41 % im Verhältnis zum Gesamtertrag als hoch anzusehen. 59% des produzierten Stroms werden ins Netz eingespeist.
- Der Gesamt-Wärmeverbrauch liegt mit knapp über 50 kWh/m² Bruttogrundfläche auf einem für die Qualität der Gebäudehülle moderaten Niveau, jedoch deutlich über dem Bedarfswert der Energieausweisberechnung. Bereinigt auf die Heizgradtage und Innenraumtemperatur lt. Energieausweisberechnung ergibt sich eine Korrektur auf ca. 57 kWh/m² (vgl. 35 kWh/m²). Im Vergleich zu anderen Verwaltungsgebäuden des Land Oberösterreichs liegt der Verbrauch jedoch sehr niedrig.
- Der Warmwasseranteil liegt bei rund 3,5 kWh und damit deutlich unter dem Pauschalwert des Energieausweises.

- Der weitaus größte Anteil (89 %) entfällt auf die Radiatoren und die Fußbodenheizung. Diese Kreise werden nicht separat gezählt. Folglich liegen keine Betriebsdaten zu diesen Regelkreisen (Temperaturen, Durchfluss) vor.

4.9.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Es wurden 4 Referenzräume (Büros) im 1. und 2.OG als Referenzräume zur Beurteilung von Komfort- und CO₂-Konzentration festgelegt und mit mobilen Datenloggern ausgestattet.

Des Weiteren gibt es in der Gebäudeleittechnik pro Geschos drei Referenzräume (unterschiedliche Orientierung) zur Steuerung der Nachtlüftung. Die Geschosmittelwerte wurden zur Berechnung der Referenztemperatur zur Klimabereinigung herangezogen.

Tabelle 75: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. März 2019 – 29. Februar 2020					
Referenzraum	Büro 1	Büro 2	Büro 3	Büro 4	
Lage	1.OG, Süd-Ost, 2 AP	2.OG, West, 1 AP	2.OG, Nord, 1 AP	1.OG Süd-Ost, 2AP	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,81	21,31	21,62	23,57	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	24,14	23,05	23,28	24,08	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	31,0	38,9	44,1	33,1	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	7%	2%	3%	4%	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	5,8%	7,3%	10,7%	2,3%	%

Büro 2 und Büro 3 sind mit einem Arbeitsplatz ausgestattet, Büro 1 und 4 mit jeweils 2 Arbeitsplätzen.

Es kann festgestellt werden, dass Büro 2 (sowie Büro 3) ein rund 2 K geringeres Temperaturniveau im Winter aufweist als Büro 4 (sowie Büro 1). Die mittlere Raumtemperatur beträgt rund 21,5 °C, bzw. 23,5 °C. Gleichzeitig neigen Büro 1 und 4 eher zur sommerlichen Überwärmung, wenngleich auch insgesamt auf einem geringen Niveau.

Die höheren Raumtemperaturen in Büro 1 und 4 sind zum Teil auf die Orientierung der Fensterflächen zurückzuführen.

Auffällig ist auch die höhere Raumlufteuchte und höhere CO₂ Konzentration in Büro 2 und 3 gegenüber Büro 1 und 4. Nach Diskussion mit dem Gebäudebetreiber kann dies zum Teil auf das Lüftungsverhalten der NutzerInnen zurückgeführt werden.

Generell liegt ein hoher Komfort vor, der Großteil der Messwerte liegt im definierten Behaglichkeitsbereich, siehe nachfolgende Grafiken.

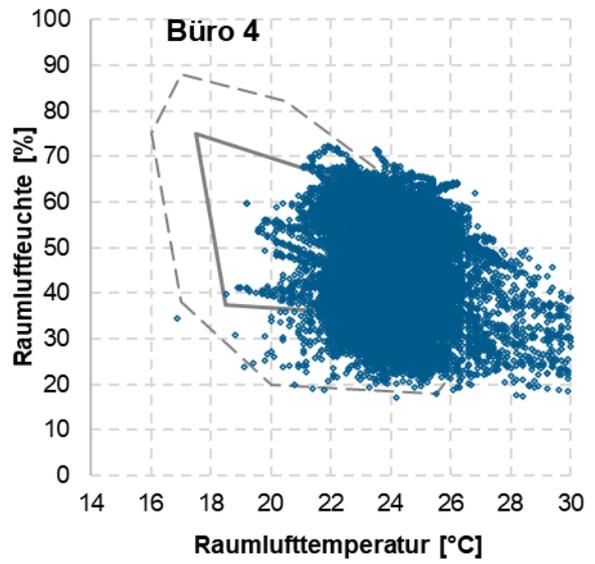
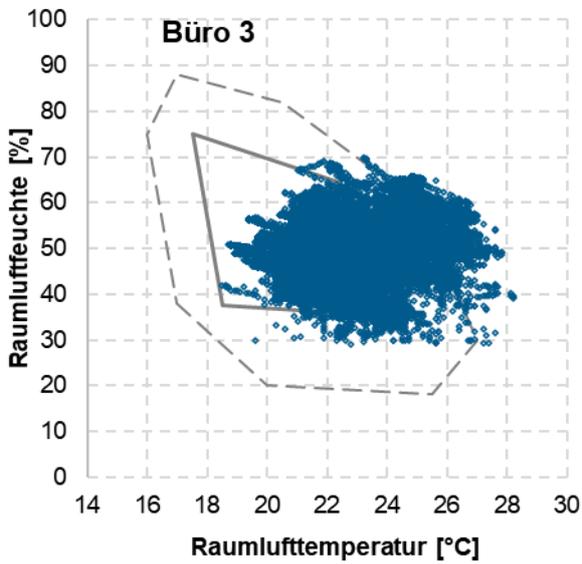
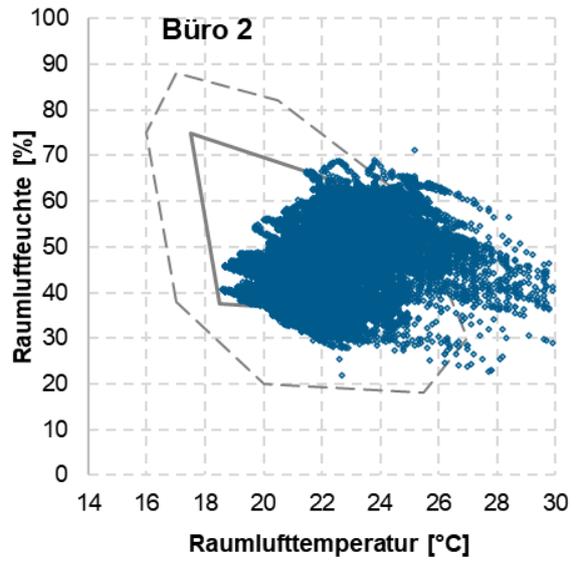
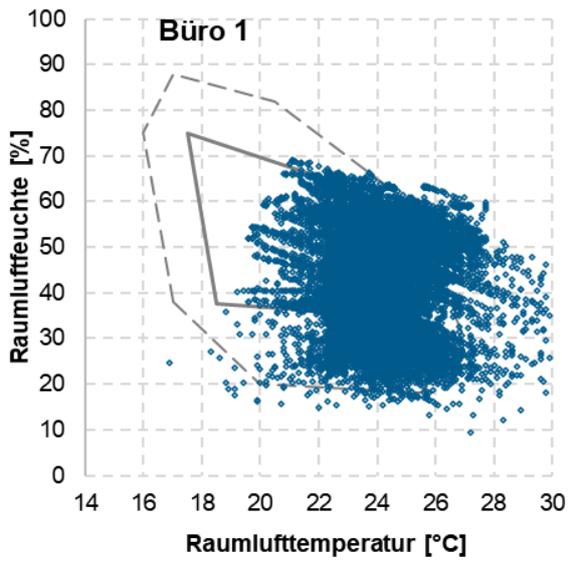
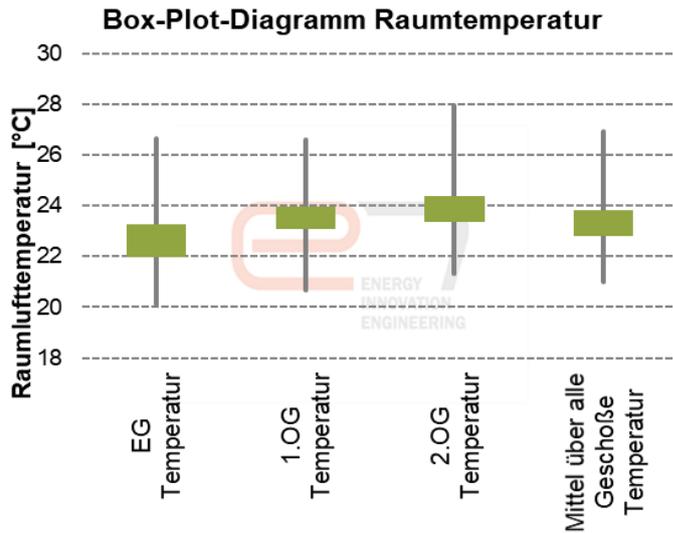


Abbildung 79: Raumtemperatur und rel. Luftfeuchte von Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)



Die in der GLT zur Regelung herangezogenen Geschossmittelwerte weisen ebenfalls nur geringes Überhitzungspotenzial auf. Der Großteil der Messwerte liegt zwischen 22 und 24°C Raumlufttemperatur. Eine Steigerung der mittleren Temperaturen ist in Abhängigkeit des Geschosses erkennbar.

Abbildung 80: Raumtemperatur Referenzräume BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die CO₂-Konzentration in den Büroräumen ist auf einem durchwegs sehr geringen Niveau. Das 75-% Perzentil liegt in allen Räumen unter 700 ppm. Der Anteil an Stunden über 1.000 ppm (Empfehlung Pettenkofer-Grenze) liegt im Büro 3 und 2 bei 10,7% bzw. 7,3%.

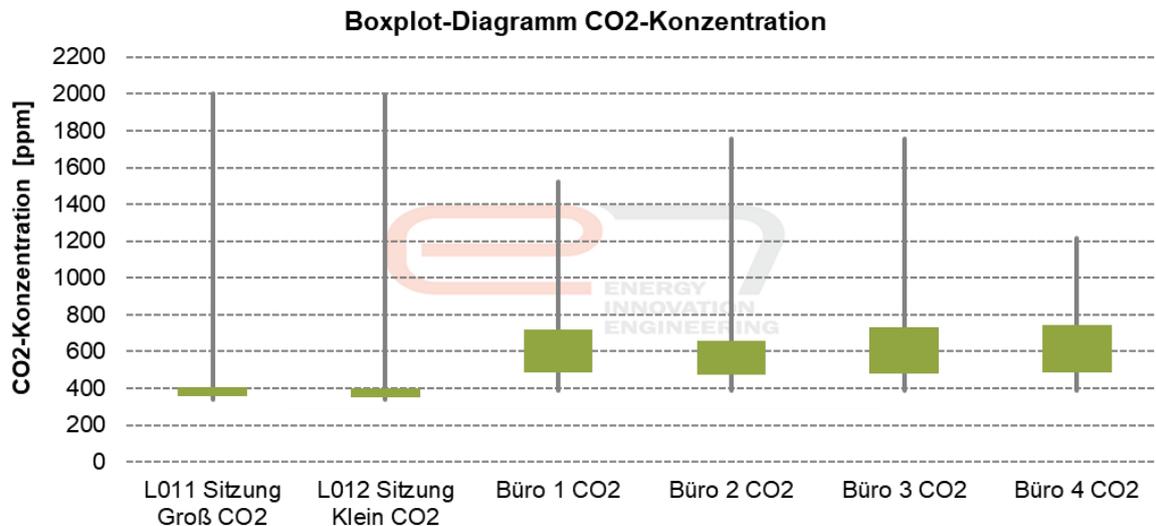


Abbildung 81: CO₂ Konzentration Referenzräume BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

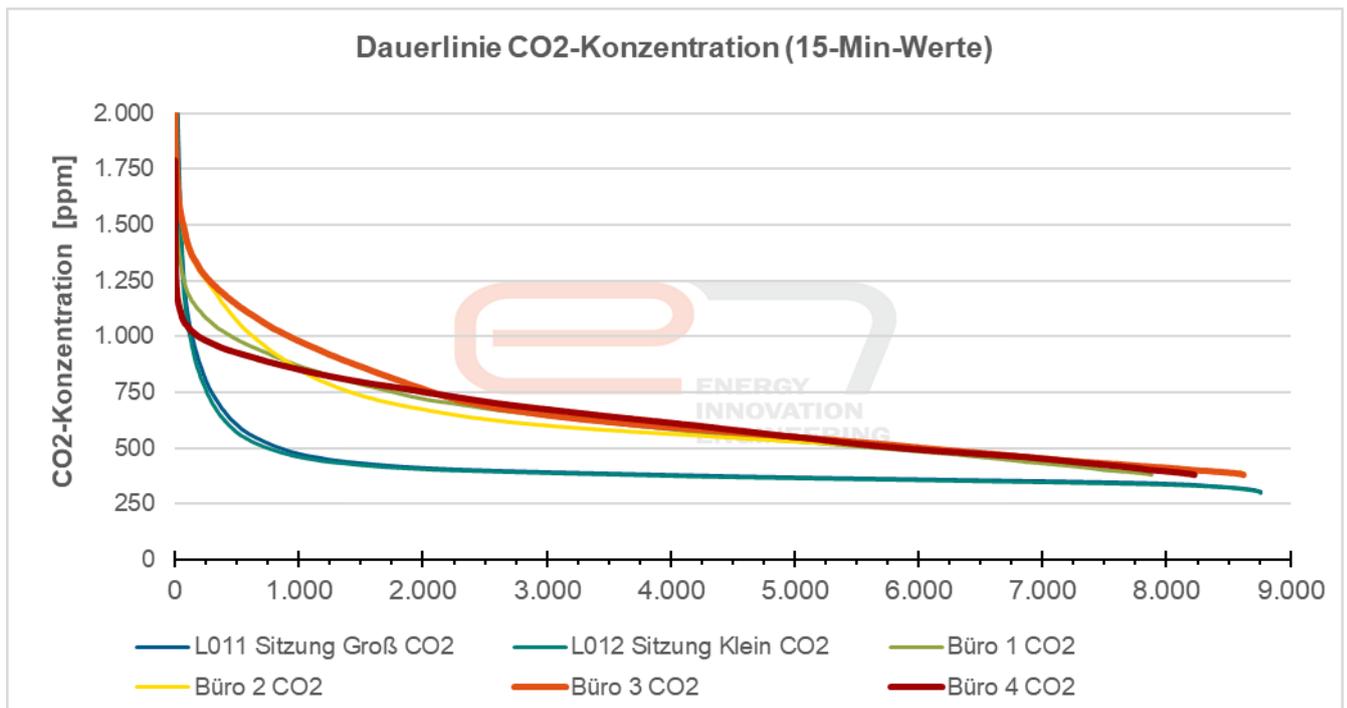


Abbildung 82: Dauerlinien CO2-Konzentration (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Sitzungsraum kann in zwei Zonen geteilt werden. Die Messergebnisse zeigen, dass dieser großteils als eine Zone betrieben und nicht intensiv genutzt wird. Die nachfolgende Grafik zeigt den Verlauf der CO2-Konzentration der Raumluft des Sitzungsraumes¹⁸. Es liegen vereinzelte Peaks vor mit 2000 ppm, diese klingen jedoch rasch ab.

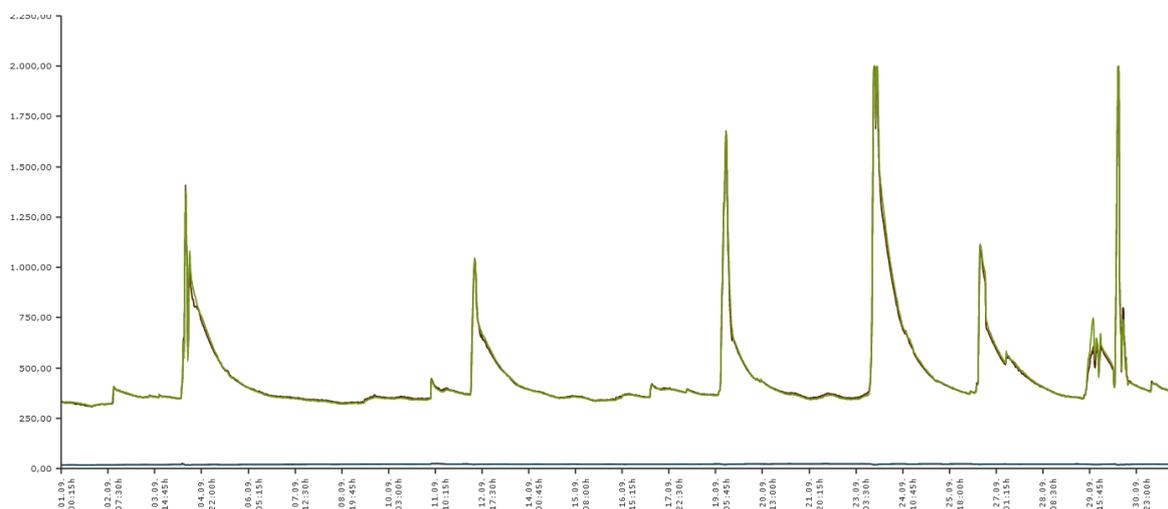


Abbildung 83: Verlauf CO2-Konzentration Sitzungssaal Groß für September 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

¹⁸ Es liegt eine Messungenauigkeit beim CO2- Messfühler im Sitzungssaal vor. Der Ausgangswert liegt bei 300 ppm. In den Referenzbüros liegt der Ausgangswert bei 380 ppm.

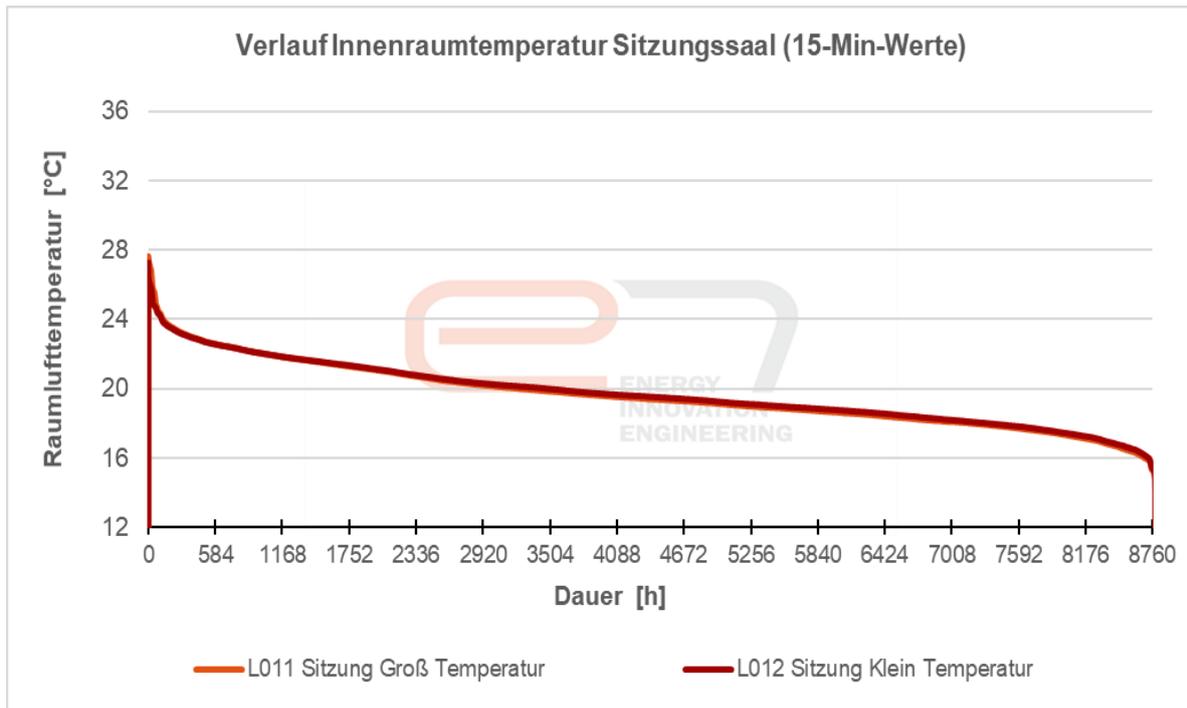


Abbildung 84: Geordnete Dauerlinie Raumlufttemperatur Sitzungssaal Groß BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.9.7 Objektspezifische Schwerpunkt-Themen

1. Untersuchungs-Schwerpunkt: Adiabatik zur Außenluftkühlung

Die Lüftungsanlage L01 verfügt über eine Adiabatik zur Kühlung der Außenluft im Sommer. Diese kühlt die Abluft durch Befeuchtung, welche sodann zur Vorkonditionierung der Außenluft über die Wärmerückgewinnung dient. Die Funktionsweise ist ausschnittsweise in Abbildung 85 dargestellt.

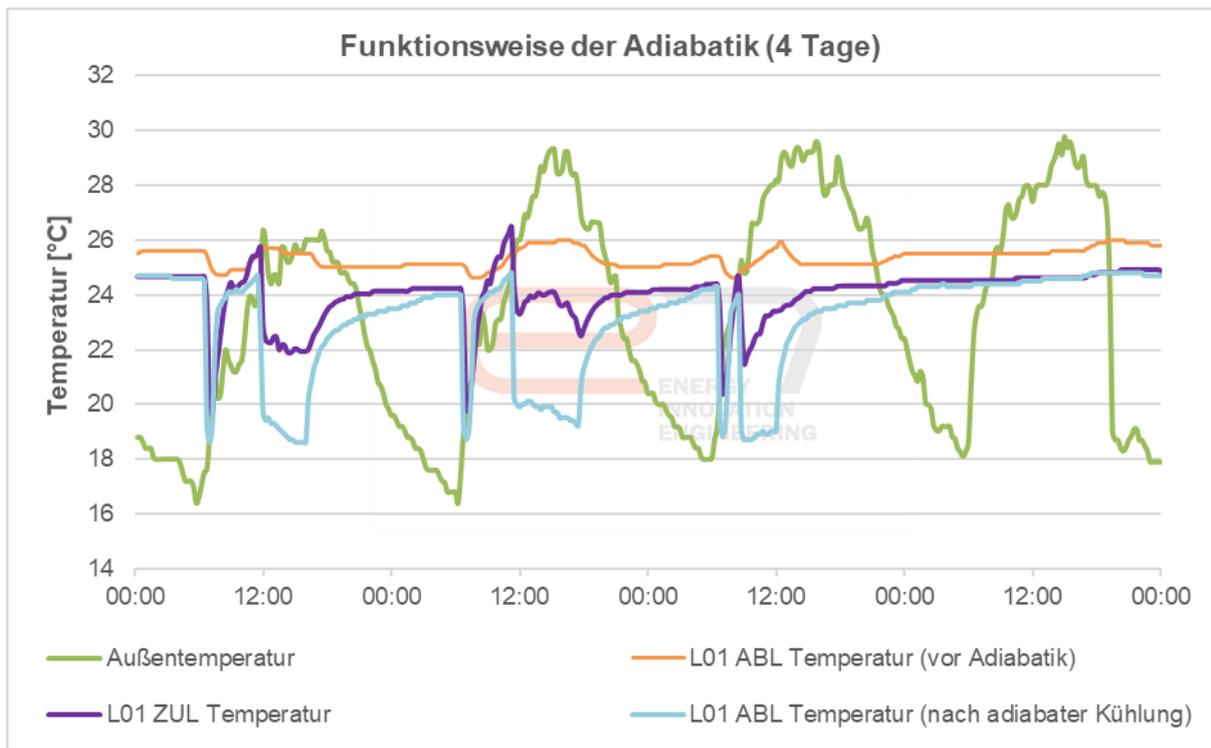


Abbildung 85 Funktionsweise der Adiabatik, exemplarische Darstellung über einen Zeitraum von 17.6.2019 bis 20.6.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Außenlufttemperatur (grün) liegt untertags bei bis zu 30°C und kühlt nachts auf rund 16-18°C ab. Die Temperatur der Abluft vor der Adiabatik (orange) liegt konstant bei rund 25-26°C. Durch die Befeuchtung wird diese um rund 6-7 Kelvin reduziert (blau), sodass die Außenluft über die Wärmerückgewinnung und ohne weitere aktive Kühlung auf eine Zulufttemperatur (violett) von 22-24°C vorgekühlt werden kann. Die äquivalente Kühlenergieeinsparung wird mit rund 6.000 kWh pro Jahr berechnet.

2. Untersuchungs-Schwerpunkt: Automatische Fensterlüftung

Pro Geschoß gibt es drei Referenzräume (unterschiedliche Orientierung). Liegt der Mittelwert je Geschoß ca. 2 bis 3 K unter der Außenlufttemperatur werden alle Fenster des Geschoßes ca. 20 cm geöffnet (Nachtlüftung). Die Dachfenster werden ebenfalls geöffnet. Auf eine mechanische Unterstützung wurde verzichtet. Um eine Durchströmung der Räume mit kühler Nachtluft zu ermöglichen, wurde jeder Raum mit einer Überströmöffnung zu den Gangflächen ausgestattet.

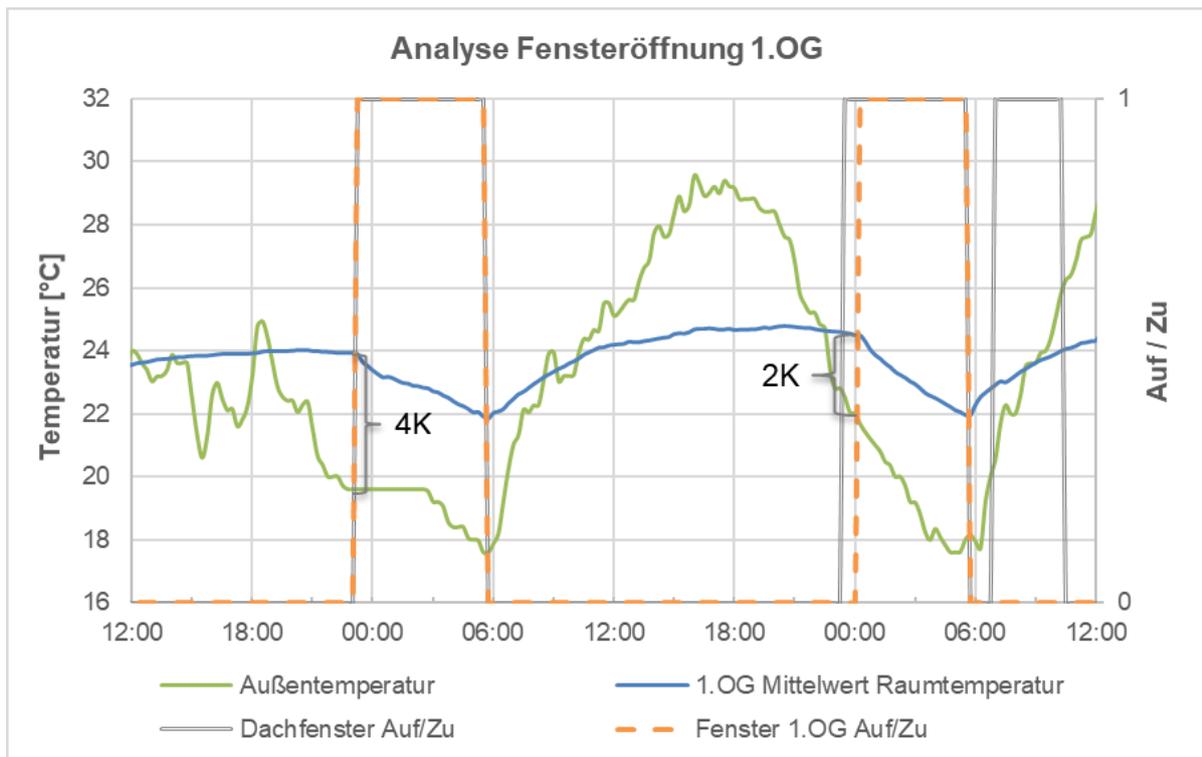


Abbildung 86: Detailanalyse Ventilative Kühlung im Beispiel 1.OG von 23.6. bis 26.6.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Grafik oberhalb zeigt, dass die Öffnung der Fenster (orange) um 23:00 Uhr am Tag 1, bzw. 00:00 Uhr am Tag 2 erfolgt. Die Temperaturdifferenz von Außenlufttemperatur (grün) und zugewiesener Referenztemperatur (blau) beträgt zu diesen Zeitpunkten 4, bzw. 2 Kelvin. Da die 2 K Temperaturdifferenz am 1.Tag bereits ab ca. 21:00 Uhr unterschritten ist, wird davon ausgegangen, dass die Fensteröffnung zusätzlich an ein Zeitprogramm gebunden ist. Die Schließung der Fenster erfolgt an beiden Tagen um 06:00, auch wenn die Außenlufttemperatur noch zur weiteren ventilativen Kühlung geeignet wäre. Der Verlauf der Referenztemperatur zeigt eine Reduktion um rund 2-3 Kelvin. Der Effekt der Nachtlüftung zur Reduktion der Raumlufttemperaturen ist deutlich erkennbar.

Auffällig ist, dass sich die Öffnung der Dachfenster (grau) augenscheinlich nicht mit der Öffnung der Fenster deckt. D.h. dass diese auch dann geöffnet sind, wenn die Fassadenfenster geschlossen sind, bzw. geschlossen, wenn die Fenster der Fassade offen sind.

Die Öffnung der Dachfenster erfolgt immer dann, wenn die Fenster in einem Geschöß geöffnet sind. Zusätzlich können diese manuell geöffnet werden. Am 2.Tag wurden diese beispielsweise von 07:00 bis 10:15 Uhr geöffnet.

4.9.8 Optimierungspotentiale

4.9.8.1 Wärme

- Hinsichtlich des Wärmeverbrauchs sind vor allem die hohen Raumtemperaturen in den Wintermonaten auffällig. Die Temperaturen liegen im 1.OG in der Regel bei über 23°C. Diese Temperaturen werden teilweise von den NutzerInnen gefordert. Eine Reduktion in den Nachtstunden ist nur bedingt feststellbar und wird primär auf die fehlenden internen Lasten zurückgeführt. Folglich wird die Erweiterung einer Nachtabenkung empfohlen. Eine regeltechnische Reduktion am Wochenende scheint bereits umgesetzt. Ein Heiz-Absenkbetrieb im Sitzungssaal ist ebenfalls umgesetzt.
- Die Anschlussleistung der Fernwärme liegt lt. Planungsunterlagen bei 300 kW. Bei dem vorliegenden Jahresverbrauch beträgt die Volllaststundenzahl 620 und ist somit sehr niedrig. Vergleichbare Bürogebäude liegen im Bereich von 1000 bis 1200 Volllaststunden. Mit dem Fernwärmeversorger wurde eine reale Anschlussleistung von 200kW vereinbart, diese liegt somit 1/3 unter der berechneten Heizleistung lt. Planung.

4.9.8.2 Strom

- Insgesamt ist der Stromverbrauch des Objekts bereits vergleichsweise gering. Potential zur Stromverbrauchreduktion liegt vor allem in der Grundlast. Wie oben gezeigt liegt der Grundlastanteil mit 4,8 kW bei fast 50 %. Speziell der Stromverbrauch der USV Anlage (IT-Infrastruktur inkl. Server) ist zu analysieren sowie die Grundlast des Betriebsstroms (Stand-By Verbräuche).
- Ein Anstieg des Stromverbrauchs in den Nachtstunden ab Dezember 2019 ist voraussichtlich auf Begleitheizbänder und elektrische Gullyheizung zurückzuführen. Es wird empfohlen, die genauen Betriebszeiten und Betriebsparameter zu evaluieren und ggfs anzupassen.
- Der Stromverbrauch der Lüftungsanlagen unterliegt einem Zeitprofil, hier liegen keine Optimierungspotenziale vor.

4.9.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 76: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Eigennutzung
Integraler Planungsprozess	Ja. Betreiber und künftige NutzerInnen waren in den Planungsprozess eingebunden.
Technische Betriebsführung	Interne Betriebsführung
Energiemonitoring	Zähler wurden im Rahmen der Errichtung für einzelne Bereiche installiert. Energiemonitoringsystem dieses Projekts wird nicht weitergeführt. Es erfolgt eine Energiebuchhaltung für Hauptzähler und Subzähler mit jährlicher Auswertung (auch im Vergleich zu anderen Objekten der LIG)

Die Zielsetzung für den Neubau des Verwaltungsgebäudes bestand darin, ein Objekt zu realisieren, welches einen reduzierten Aufwand für Energieeinsatz und technische Betreuung aufweist. Es wurde bewusst auf einen hohen Technologisierungsgrad verzichtet. Damit verbunden wurden Lösungen gesucht, eine zentrale Kältebereitstellung durch Kompressionskältemaschine vermeiden zu können. Der NutzerInnenkomfort sollte dadurch jedoch nicht eingeschränkt werden.

Durch einen integralen Planungsprozess wurde ein Konzept definiert, welches nach der Erfahrung der ersten beiden Betriebsjahre den damaligen Erwartungen gerecht wird. Das Objekt weist im Vergleich zu anderen Verwaltungsobjekten der LIG OÖ sehr geringe Verbräuche auf.

Auch seitens der NutzerInnen und der verantwortlichen Personen für den technischen Betrieb ist die Zufriedenheit sehr hoch.

Das Monitoring und die detaillierte Betrachtung von Energieverbräuchen und Komfortparameter zeigen Details auf, welche die Funktion des Gebäudebetriebs bestätigen oder Auffälligkeiten zur Diskussion stellen. Die einmalige Detailbetrachtung innerhalb der ersten Betriebsjahre wurde seitens des Gebäudebetreibers als hilfreich und sinnvoll empfunden. In weiterer Folge wird jedoch auf das detaillierte Monitoring verzichtet und das Objekt im Rahmen der bei der LIG OÖ etablierten Energiebuchhaltung überwacht.

Die BH Kirchdorf stellt für die LIG OÖ ein gelungenes Projekt dar und soll beispielgebend für zukünftige Projekte sein. Erfahrungen aus der Umsetzung werden in neue Projekte einfließen.

4.10 Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung

Tabelle 77: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Erste Plusenergie Sporthalle Österreichs		
Objektnutzung: Sporthalle	Standort: Josef-Brandstätter-Straße 9, 5020 Salzburg	Fertigstellung: 2017
 <p>Abbildung 87: Sporthalle Lieferung Außenansicht (Quelle: Stadt Salzburg / Johannes Killer)</p>	 <p>Abbildung 88: Sporthalle Lieferung Innenansicht, (Quelle: Stadt Salzburg / Johannes Killer)</p>	

Die 2017 fertiggestellte Sporthalle der Stadt Salzburg wurde als Plusenergie-Objekt ausgeführt und entspricht den Smart-City-Zielen der Stadt Salzburg. Die Sporthalle befindet sich im Stadtteil Lieferung westlich der Salzach auf einem Gelände mit begrünten Außenanlagen, bestehend aus einem Fußballfeld, Landschaftsfreiraum und einer kleineren Reserve-Sportfläche. Auf dem Flachdach befindet sich eine Photovoltaikanlage und eine Solarthermie-Großanlage, mit der eine „vollsolare“ Beheizung und Brauch-Warmwasserbereitung ermöglicht wird. Die Plus-Energiebilanz bezieht sich auf die Erträge der Solarthermie- sowie der Photovoltaikanlage gegenüber dem Verbrauch am Standort.

Die Sporthalle verfügt aus Gründen des Hochwasserschutzes auf eine besonders massive Bodenplatte, deren Masse als wesentlicher Bestandteil des Energiekonzepts „aktiviert“ wurde und als thermische Speichermasse dient. Die thermischen Energieüberschüsse werden zudem an das benachbarte ASKÖ-Gebäude geliefert. Die nicht benötigte elektrische Energie wird vorrangig in den nahegelegenen Bauhof eingespeist, um einen möglichst hohen „Direktverbrauchsanteil“ zu generieren. Die zentrale Brauch-Warmwasserbereitung unter Einbindung einer Abwasser-Wärmerückgewinnung von den Nassräumen sowie ein effizientes Lüftungskonzept inklusive Fensterlüftung zählen zu den weiteren gebäudetechnischen Innovationen der Sporthalle.

Die Sporthalle wurde klimaaktiv zertifiziert und erreichte den Ausführungsstandard klimaaktiv Gold.

Tabelle 78: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	4.610 m ²	Eigentümer: Stadt Salzburg
HWB (SK)	13,6 kWh/m ² a	
Architektur	Karl und Bremhorst Architekten ZT GmbH	
		Name: Marko Herold
		Web: www.stadt-salzburg.at

4.10.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Stahlbeton- und Holzriegel-Massivbau in Passivhausenergiestandard, 4-geschoßig inklusive Tiefgeschoß (Garderoben)
- Die Sommertauglichkeit wurde laut Energieausweis eingehalten.
- Stahlbeton mit Wärmedämmverbundsystem, Holzriegel mit hinterlüfteten Fassade
- 3-Scheiben-Verglasung, rund 32 % Fensteranteil an der Außenwand
- Kompakte Bauweise, A/V = 0,26 [1/m], charakteristische Länge 3,89 [m]

4.10.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 79: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Wasser/Wasser-Wärmepumpe (56 kW); Solarthermie-Anlage mit einer Aperturfläche von 350 m ² , Ausrichtung: Süd (Azimut 0°, Neigung 70°), Position: Flachdach; Pufferspeicher (∑ 15.000 Liter; zwei elektr. Heizpatronen je 45 kW)
Brauch-Warmwasser	Zentrale Brauchwarmwassererwärmung aus Pufferspeicher (Heizleistung 691 kW)
Kühlung	Fensterlüftung und Freie Kühlung über Brunnenwasser (73 kW)
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Brauchwassererwärmung, Trenntauscher Panoramasporthalle sowie Hauptverteiler aus Pufferspeichersystem; Hauptverteiler mit getrennten Regelkreisen für Raumluftechnische-Anlagen, Fußbodenheizung und Bauteilaktivierung (in ∑ ~106 kW)
Kälte – Abgabesystem	Change-Over Einspeisung in Regelkreise Lüftung, per Fußbodenheizung und Bauteilaktivierung
Lüftungstechnik	Lüftungsanlagen (EG/OG1, Turnsaal, Freianlagen- und Innengarderobe) Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
Elektrische Energie	Öffentliches Netz und Photovoltaik-Anlage (110 kWp, Azimut 60° und -120°, Neigung 10°) am Flachdach des Gebäudes

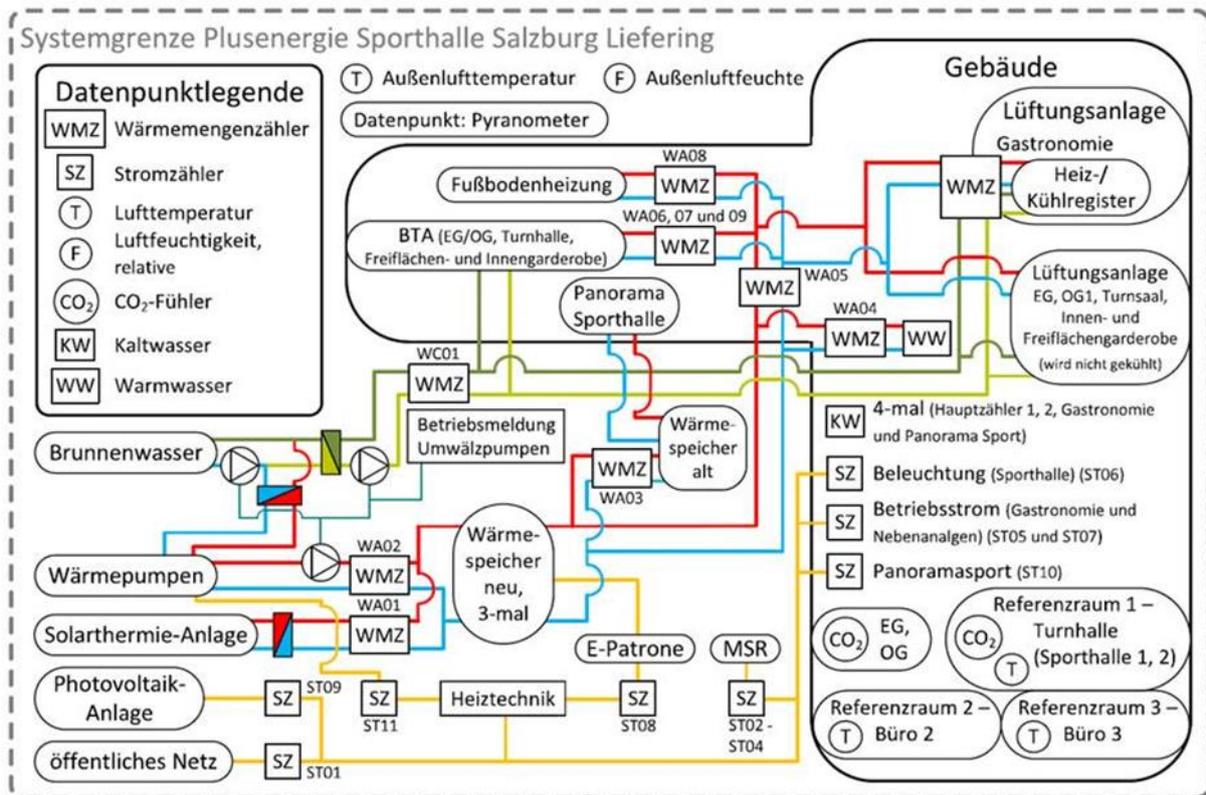


Abbildung 89: Prinzipschema Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.10.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 80: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. März 2019 – 29. Februar 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	4 610	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis	3 615	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	2 741	Kd
HGT _{20,7/12} lt. Messung * ¹⁹	2 875	Kd
Heizenergiebedarf lt. Energieausweis * ²⁰	47,6	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch gemessen * ²¹	24,0	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt * ²²	27,3	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (gemessen; inkl. Speicher- und Verteilverluste)	5,9	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Wärmepumpe am Heizenergieverbrauch	6,7	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Solarthermie am Heizenergieverbrauch	21,3	kWh/m ² a
Kühlbedarf (KB) lt. Energieausweis	12,1	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch gemessen	13,0	kWh/m ² a
Stromverbrauch Haustechnik	16,6	kWh/m ² a
Heizung (Wärmepumpe)	2,1	kWh/m ² a
Warmwasser (E- Heizstab)	0,5	kWh/m ² a

¹⁹ Mittlere Innentemperatur, siehe Kapitel 4.10.6

²⁰ Setzt sich hier zusammen aus der Summe HWB, WWWB, HTEB

²¹ Gemessener Verbrauch bezogen auf die BGF, exkl. Panoramasportbereich (4,5 kWh/m²a)

²² Gemessener Verbrauch, bereinigt auf HGT_{20/12} lt. Energieausweis

Hilfsenergie Gesamt * ²³	14,0	kWh/m ² a
Brunnenkühlung (Umwälzpumpe Brunnenkühlung)	n.b.	kWh/m ² a
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom	21,6	kWh/m ² a
<i>Beleuchtung</i>	4,1	kWh/m ² a
<i>Betriebsstrom</i> * ²⁴	17,5	kWh/m ² a
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (inkl. BelEB, exkl. BSB)	43,5	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (exkl. Betriebsstrom) * ²⁵	33,7	kWh/m ² a
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis * ²⁶	98,8	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch während des Messzeitraums	22,1	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission lt. Energieausweis	15,7	kg/m ² a
CO ₂ -Emissionen während des Messzeitraums	5,0	kg/m ² a

Die folgende Abbildung 90 zeigt die Monatsbilanz der Lieferenergie von März 2019 bis einschließlich Februar 2020. Dargestellt sind der stromseitige Netzbezug, die eigen genutzten und die in den Bauhof und das öffentliche Netz eingespeisten Energiemengen der PV-Anlage, die eigen genutzten sowie in die Panoramasporthalle eingespeisten Energiemengen der solarthermischen Anlage sowie die aus dem Brunnenwasser zur Kühlung genutzte Energiemenge.

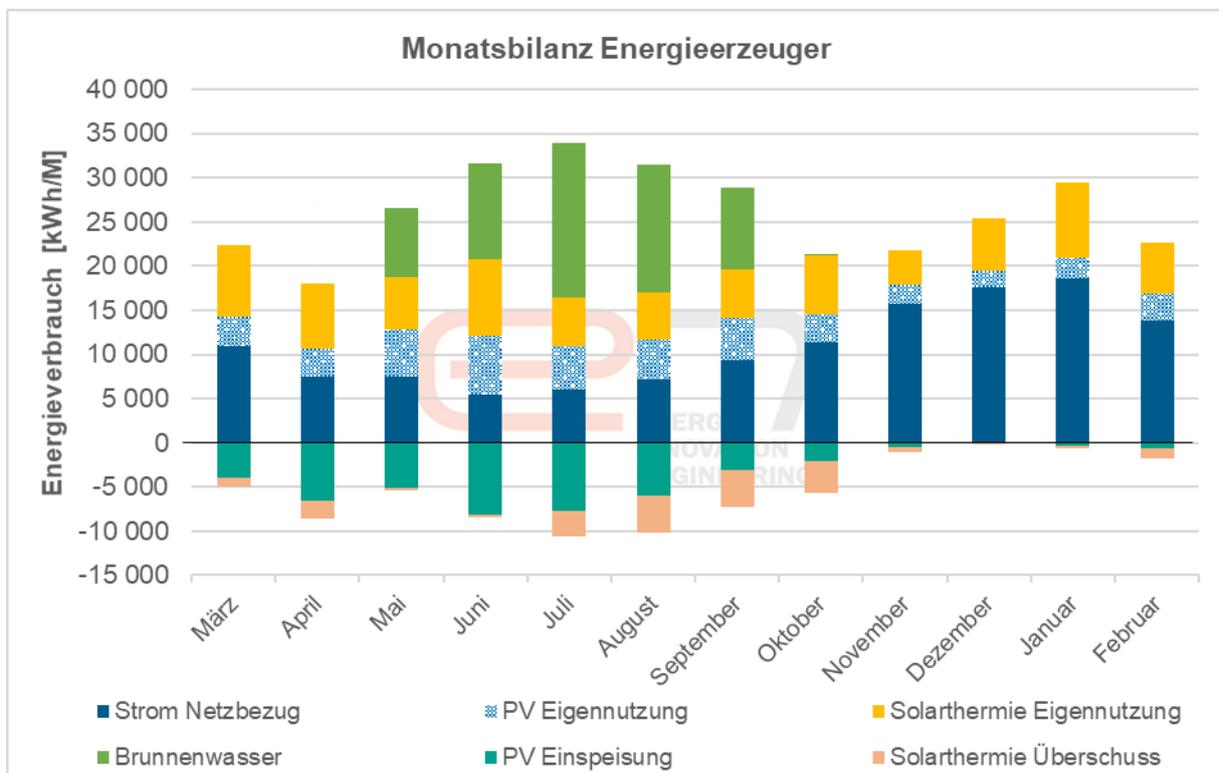


Abbildung 90: Energiebilanz Lieferenergie (PV, Stromnetz, Solarthermie, Brunnenwasser) Sporthalle Lieferung; (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die Monatsbilanzen zeigen erwartungsgemäß, dass die solaren Erträge in den Sommermonaten entsprechend größer sind und sich folglich der Anteil des Netzbezugs reduziert. In den Monaten März

²³ Setzt sich zusammen aus den Zählern ISP01 – ISP03

²⁴ Berechnet aus der Differenz Gesamtstromverbrauch zu Summe Strom Haustechnik und Beleuchtung

²⁵ Berechnet sich aus der Summe Heizenergieverbrauch gemessen, Kühlenergieverbrauch gemessen, Stromverbrauch Hilfsenergie Gesamt, Stromverbrauch Beleuchtung

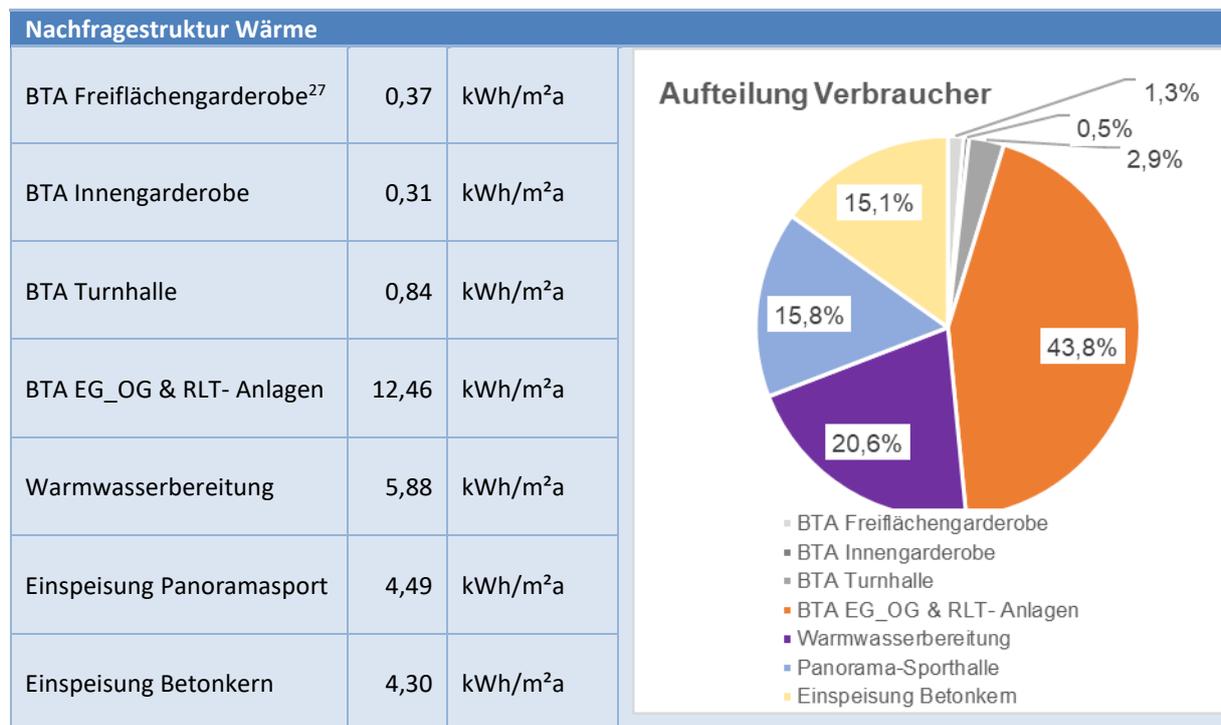
²⁶ Für Strom wurde ein Verhältnis von PV-Eigennutzung zu Netzbezug von 66% herangezogen (vgl. Kapitel 4.10.4.3)

bis Oktober 2019 findet eine Überschusseinspeisung Wärme- und Stromseitig statt. In den Wintermonaten werden nur minimale Erträge extern eingespeist.

4.10.4 Energie-Nachfragestruktur

4.10.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 81: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Nachfragestruktur Wärme



Das Kreisdiagramm oberhalb zeigt die Verteilung der bereitgestellten Wärmemenge, bezogen auf die gesamte bereitgestellte Wärmemenge (100 % = Summe Solarthermische Erträge, Wärmepumpe, E-Heizstab). Knapp die Hälfte des Gesamt-Wärmeverbrauchs (in Σ 48,5 %) wird in den Hauptverteiler (Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung, Nachheizregister Lüftungsanlagen) zur Raumwärmebereitstellung gespeist. Für 3 der 4 BTA-Kreise liegen Sub-Zählerdaten vor, die RLT-Anlagen werden nicht separat gezählt. Der Anteil der Warmwasserbereitung liegt bei über einem Fünftel des Gesamtwärmeverbrauchs. Gut 15 % werden in den Panorama-Sportbereich eingespeist. Die Differenz aus der Summe der bereitgestellten Wärmemenge (Solarthermie, Wärmepumpe, Heizstab) und der Summe der gezählten Verbraucher wird im Betonkern gespeichert.

Die monatliche Verbrauchsbilanz ist in Abbildung 91 dargestellt. Der Warmwasser-Wärmeverbrauch folgt einem jahreszeitlichen Trend mit etwas geringeren Verbrauchswerten im Sommer. Die Verbraucher des Hautverteilers sowie die Bauteilaktivierung haben erwartungsgemäß keinen Wärmeverbrauch im Sommer, wengleich der hohe Mai-Verbrauch der Bauteilaktivierung auffällig ist. Eine Einspeisung in den Panoramasportbereich erfolgt hauptsächlich in den Sommermonaten in den Wintermonaten liegen nur sehr geringe Zählwerte vor.

²⁷ Die Garderobe der bestehenden Freiflächen wurde in die Versorgung integriert.

Weiters wird wie oben gezeigt ein beträchtlicher Überschuss aus bereitgestellter Wärmemenge zu gezählter Verbrauchsmenge festgestellt, welche auch nicht in den Panoramasportbereich eingespeist wird. Diese liegen ausschließlich im Sommer, zurückzuführen auf die Erträge der solarthermischen Anlage. Dabei fällt auf, dass beispielsweise im Mai und Juni nur ganz geringe Wärmemengen in den Panoramasportbereich eingespeist werden, gleichzeitig aber hohe Verluste stattfinden.

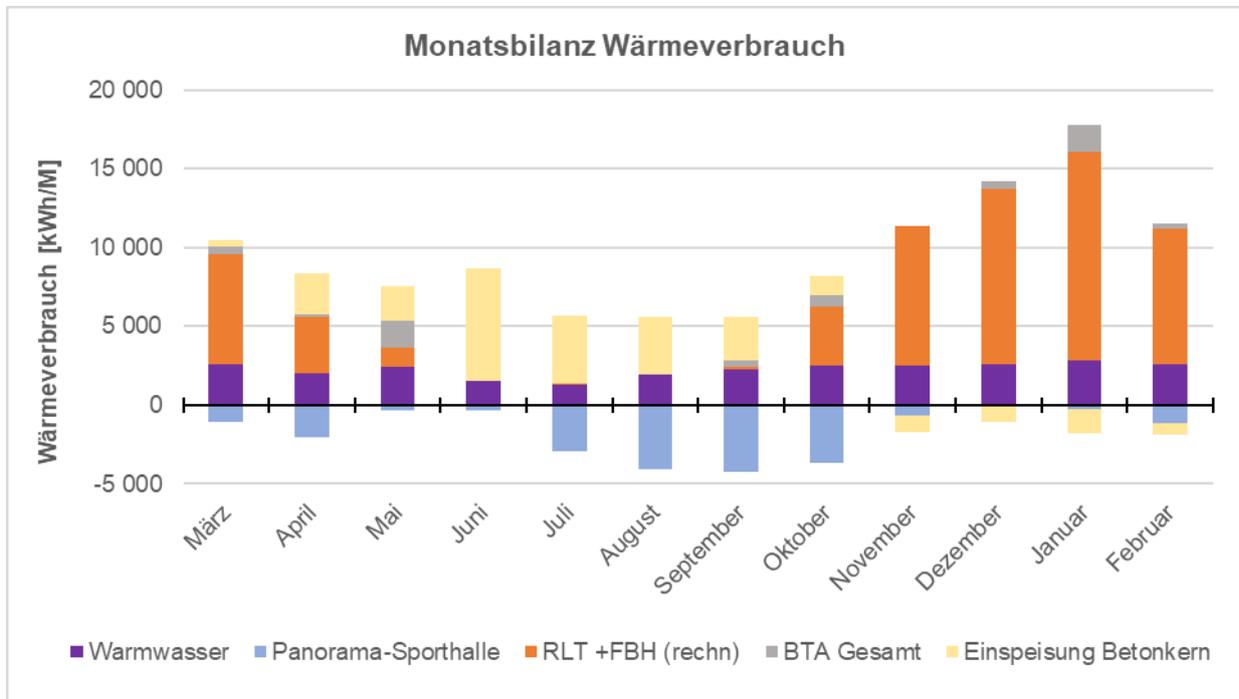


Abbildung 91: Monatliche Nachfrage Wärme, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.10.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Die raumluftechnischen Anlagen (mit Ausnahme der Innengarderobe) sowie die Regelkreise Fußbodenheizung und Bauteilaktivierung Turnhalle werden mit Kälte aus der Brunnenanlage versorgt. Die gezählte Energiemenge im Messzeitraum beträgt 59.909 kWh, bzw. 13 kWh/m²_{BGF}. Eine Aufteilung auf einzelne Regelkreise liegt nicht vor. Abbildung 92 zeigt den monatlichen Energieverbrauch. Erwartungsgemäß liegt ein Zählwert nur während der Sommermonate vor.

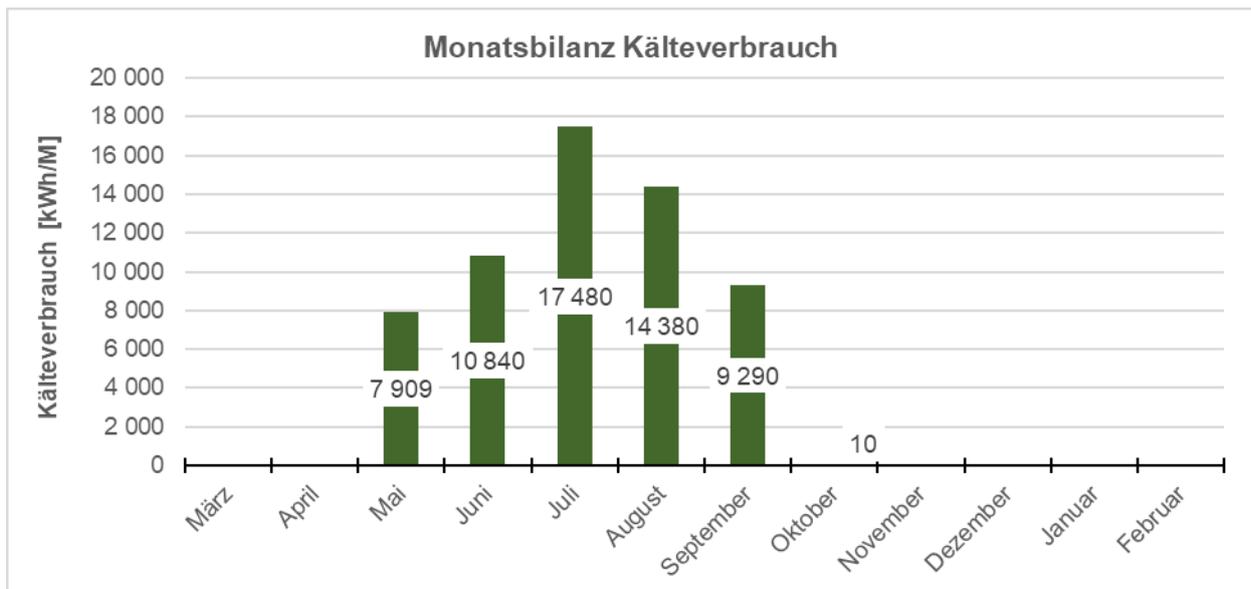


Abbildung 92: Monatliche Nachfrage Kälte, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.10.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 82: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast

Messzeitraum: 01. März 2019 – 29. Februar 2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	38,2	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung	21,1	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	2,1	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch liegt im Messzeitraum bei rund 176.200 kWh, bzw. knapp 39 kWh/m²_{BGF}a. Gut 131.000 kWh werden aus dem Netz bezogen, rund 45.000 kWh werden von der PV-Anlage im Objekt selbst genutzt. Damit liegt der Eigennutzungsanteil bei knapp über 50 % des Gesamtertrags von 88.900 kWh. Knapp 44.000 kWh werden als Überschuss eingespeist, wobei mehr als die Hälfte im angrenzenden Bauhof direkt genutzt werden und nur ein geringer Teil ins Netz eingespeist wird²⁸. Die maximale Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 97 kW, bzw. 21,0 W/m²_{BGF}. Der Grundlastanteil liegt mit rund 83.000 kWh bei über 47 %.

²⁸ Lt. eigenen Auswertungen der Stadt Salzburg; Sub-Zählerdaten liegen keine vor.

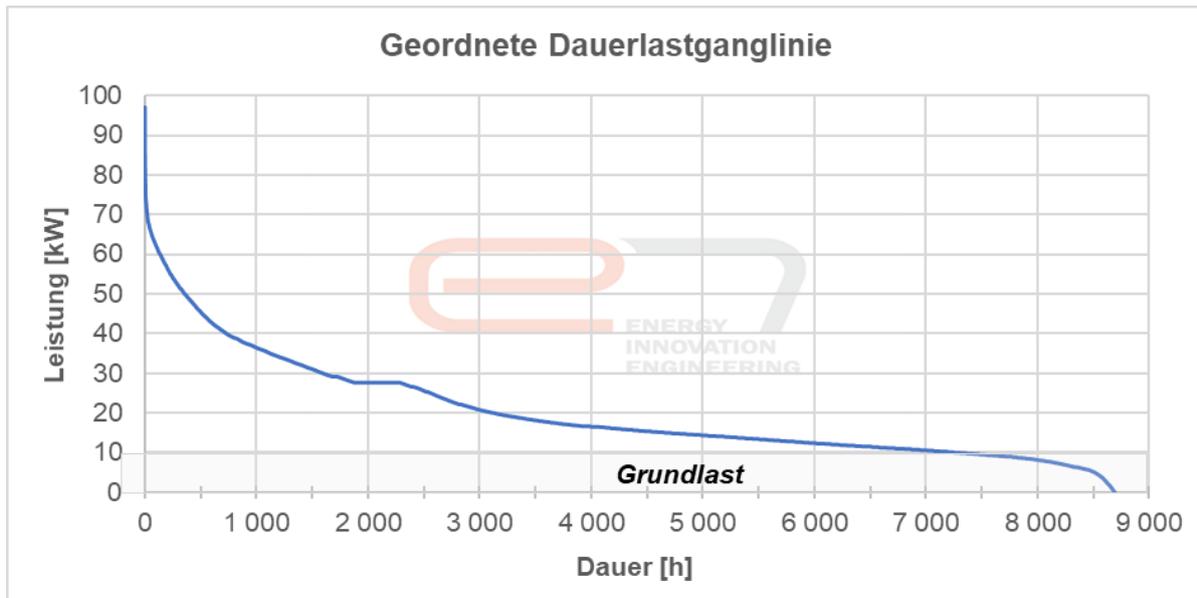
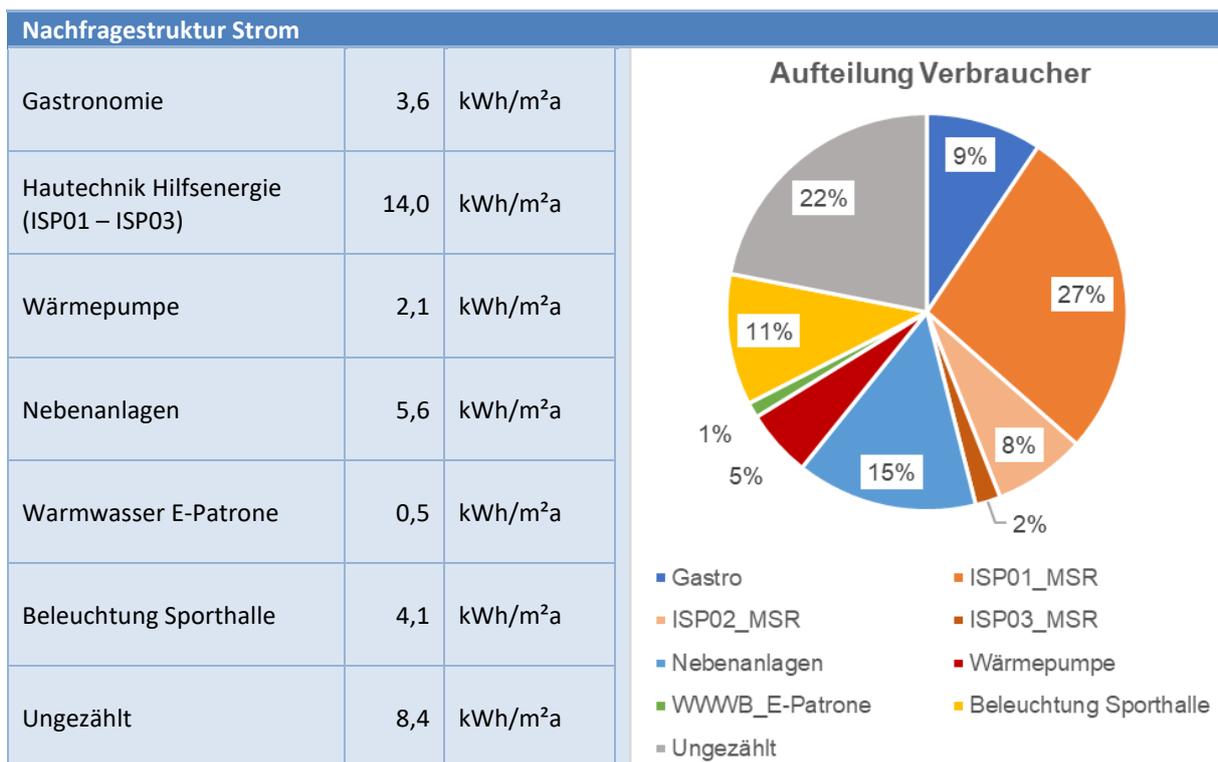


Abbildung 93: Geordnete Dauerlastganglinie Leistungsbezug im Zeitraum 01.03.2019 – 29.02.2020, Sporthalle Lieferung (Summe Netzbezug + PV) (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Tabelle 83: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Nachfragestruktur Strom



Das Kreisdiagramm oberhalb zeigt die Verteilung des Gesamtstromverbrauchs. (100 % = Netzbezug und PV-Eigennutzung). Der größte Verbrauchsanteil entfällt auf die haustechnischen Anlagen (in Summe rund 43%). Dieser wird über 3 Sub-Stromzähler (ISP01 – ISP03) für die raumluftechnischen Anlagen und diverse Hilfsenergien (in Summe 37%), einem separaten Zähler für die Wärmepumpe (5%) sowie einem Zähler für den E-Heizstab erfasst. Weitere gezählte Verbraucher sind die Sporthallenbeleuchtung, welche rund 11% des Gesamtstromverbrauchs ausmacht, die Gastronomie (9%) sowie diverse Nebenanlagen (15%). Eine Aufstellung dieser Verbraucher ist nicht bekannt. Die Differenz des gesamten Strombezugs zur Summe der gezählten Verbraucher weist einen ungezählten Verbrauchsanteil von rund 22% aus.

4.10.5 Ergebnisse Energiemonitoring

Für das Monitoring wurde ausschließlich auf die bestehende Zählerinfrastruktur zurückgegriffen.

- Die gesamte gelieferte Strommenge liegt bei rund 176.000 kWh, bzw. 38,22 kWh/m²_{BGFa}. Diese setzt sich zusammen aus dem Netto-Netzbezug sowie der PV-Eigennutzung.
- Der gesamte, aus dem Netz bezogene Strom liegt bei rund 131.000 kWh. Abzüglich der eingespeisten PV-Strommenge liegt der Netto Bezug bei über 87.000 kWh.
- Der gesamte Ertrag der PV-Anlage beträgt 88.345 kWh; der spezifische Ertrag berechnet sich zu 808 kWh/kWp.
- Knapp 44.000 kWh des erzeugten PV-Stroms werden in den Bauhof sowie in das öffentliche Netz eingespeist, rund 45.000 kWh werden im Gebäude direkt genutzt. Damit ergibt sich ein Eigennutzungsanteil von etwas über 50%, bezogen auf die Sporthalle. Durch die direkte Nutzung im Bauhof liegt der Anteil der, ins Netz eingespeisten Strommenge nur bei rund 20 %.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge liegt bei rund 131.200 kWh, bzw. 28,5 kWh/m²_{BGFa}. Diese setzt sich zusammen aus dem Ertrag der Solarthermischen Anlage sowie der erzeugten Wärmemenge der Wärmepumpe sowie dem Beitrag des E-Heizstabes.
- Rund 20.700 kWh der Gesamtwärmemenge werden als Überschuss in den Panorama-Sportbereich eingespeist. Weitere 1.700 kWh werden in den Freiflächengarderoiben genutzt.
- Der gezählte Wärmeverbrauch liegt bei ca. 109.000 kWh und summiert sich aus dem Anteil für Bauteilaktivierung und raumluftechnische Anlagen (über 63.600 kWh (=Summe Hauptverteiler) und dem Wärmeverbrauch zur Bereitstellung von Warmwasser (27.000 kWh). Weitere rund 19.800 kWh sind ungezählt und werden im Betonkern gespeichert.
- Der Gesamtertrag der solarthermischen Anlage bemisst sich zu ca. 98.000 kWh, bzw. 280 kWh/m²a Aperturfläche. Damit liegt der Anteil der solarthermischen Anlage bei knapp 90 % der bereitgestellten Wärmemenge.
- Die Wärmepumpe erzeugte im Berichtszeitraum rund 31.000 kWh Wärmemenge. Bei einem Strombezug von 9.600 kWh ergibt sich eine Jahresarbeitszahl von 3,2. Die Wärmepumpe weist rund 1.250 Betriebsstunden auf.

4.10.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für die Temperatúrauswertung wurden 2 Zonen des Turnsaals (Nr.1 & Nr.2) sowie zwei Büroräume (Nr.3) ausgewählt, wobei auf bestehende Temperaturfühler zurückgegriffen wurde. Dabei wurden z.T. fehlerhafte Signale aufgezeichnet, weshalb von der Auswertung eines der Referenzbüros abgesehen werden muss.

Tabelle 84: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. Januar 2019 – 31. Jänner 2020 ^{*1}				
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	22,99	20,97	20,42	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,47	23,18	22,47	°C
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	0	0	0	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ > 1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	-	1	0	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte als Tagesmittelwert in der Turnhalle (rechts) sowie in einem Büroraum (links).

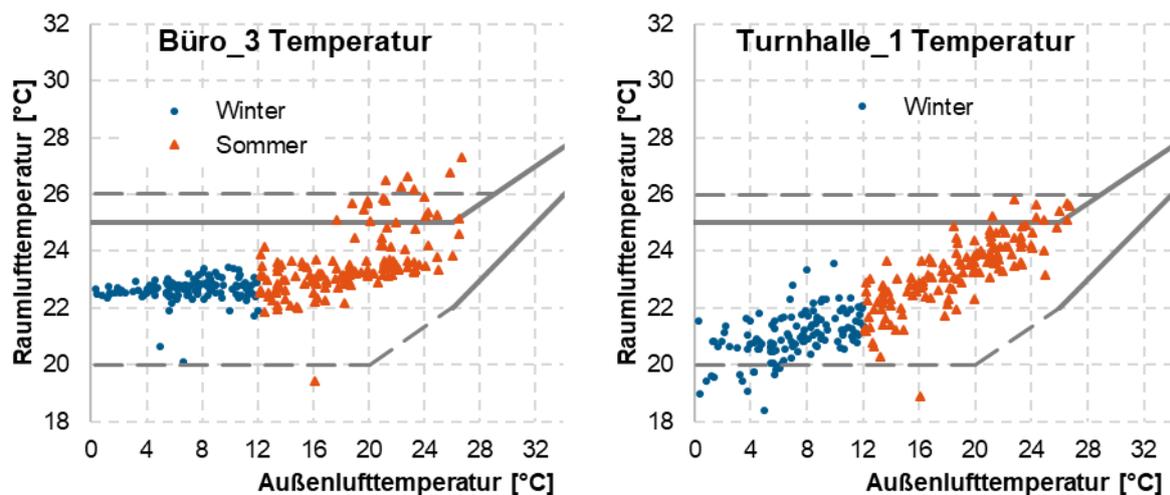


Abbildung 94: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Büro 3 und Turnhalle 1 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)²⁹

Die Temperatur im Büro liegt während der Heizperiode konstant zwischen 22 und 23°C. Im Sommer werden vereinzelt bis knapp 28°C erreicht, überwiegend liegt die gemessene Raumtemperatur aber im sehr behaglichen Bereich. In der Turnhalle zeigt sich eine ganzjährige Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur, wenngleich die Behaglichkeitskriterien weder im Sommer, noch im Winter über-, bzw. unterschritten werden. Hier zeigt sich dass die Konditionierung ganzjährig sehr gut funktioniert.

Die Dauerlinie in Abbildung 95 zeigt, dass die Temperatur in der Turnhalle nur wenige Stunden pro Jahr auf einen Wert über 26°C ansteigt. Im Büro werden maximal 28°C erreicht.

²⁹ Es stehen nur Daten bis einschließlich 31.12.2019 zur Verfügung, weshalb für die Darstellungen in diesem Kapitel der Auswertzeitraum 01.01.2019 – 31.12.2020 verwendet wurde.

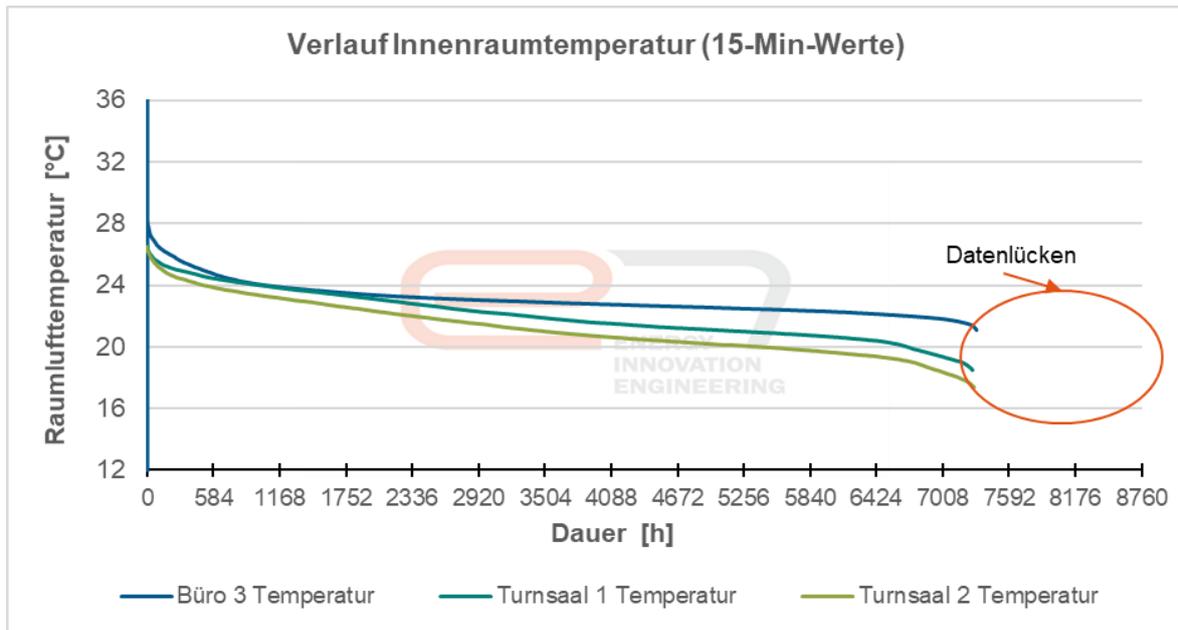


Abbildung 95 Dauerlinien Temperaturverlauf, Sporthalle Lieferung; (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

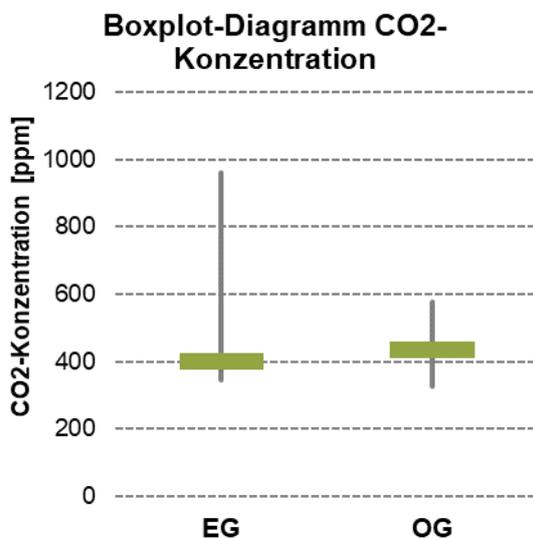


Abbildung 96 zeigt die CO₂-Konzentration im Büro, sowie zweier Referenzfühler in der Sporthalle als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert.

Dabei zeigt sich, dass der Großteil der Werte im Bereich der Außenluftkonzentration liegt.

Abbildung 96 CO₂- Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.10.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Die Sporthalle wurde als Plusenergie-Objekt ausgeführt. Die Stromversorgung erfolgt aus einer 110 kWp Photovoltaikanlage bzw. aus dem öffentlichen Stromnetz, die Wärmeversorgung mittels einer Solarthermie-Großanlage mit 350 m² Aperturfläche sowie einer Wärmepumpe und einem E-Heizstab als Backup. Die Kühlung erfolgt mittels Brunnenwasser.

Untersuchungs-Schwerpunkt: Solarer Deckungsgrad

Im Winter soll die solarthermische Anlage den Wärmebedarf für die Raumwärme zu 100 % decken, die Wasser-Wasser- Wärmepumpe dient primär zur Warmwasserversorgung sowie als Reserve. Die Wärmeübergabe erfolgt über die Betonkernaktivierung sowie über Heizregister in den raumluftechnischen Anlagen. Im Sommer soll der Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung zur Gänze aus der Solarthermieanlage gedeckt werden. Der Wärmepumpenkreis wird (ohne aktiven Betrieb der Wärmepumpe) zur Kühlung über die Betonkernaktivierung genutzt.

Abbildung 97 zeigt die monatliche Energiebilanz des Wärmeverbrauchs (Warmwasser, Raumwärme), der Erträge der solarthermischen Anlage sowie des solaren Deckungsgrads (Referenziert auf den Gesamtwärmeverbrauch). Ein Deckungsgrad von >100 % bedeutet folglich, dass die gesamte benötigte Wärmemenge von der Solaranlage gedeckt werden kann.

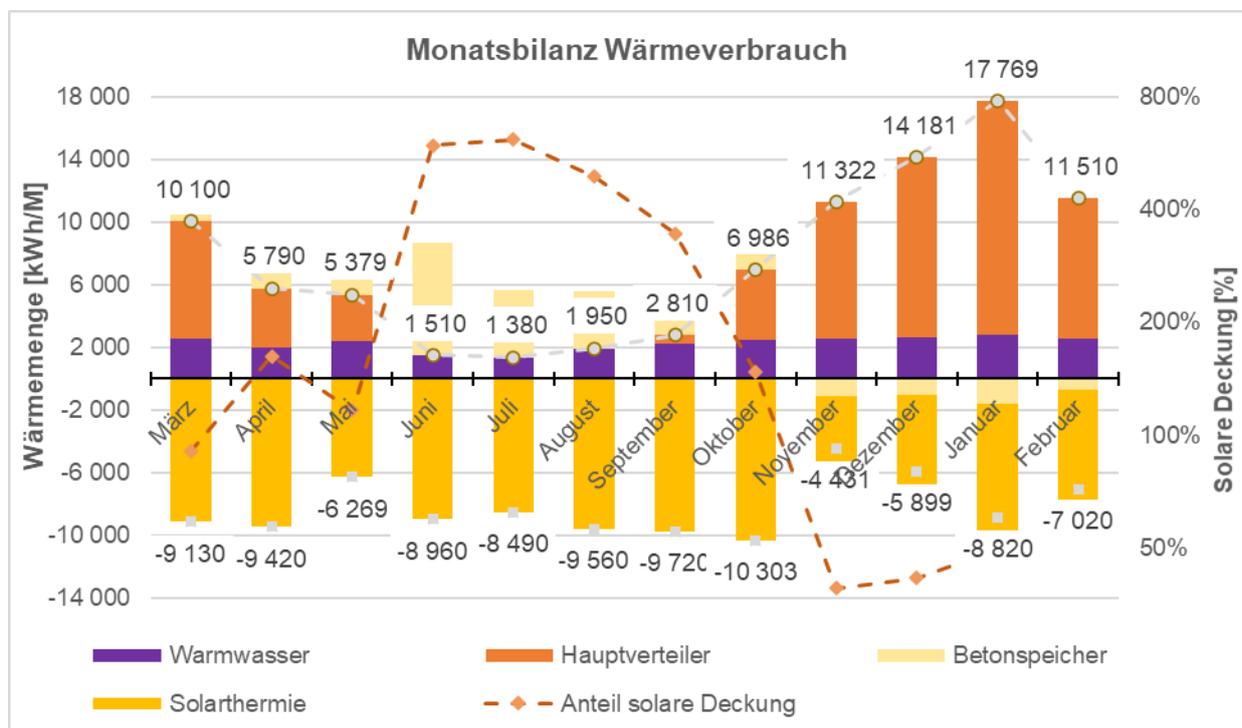


Abbildung 97 Bilanzierung Wärme, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Es zeigt sich erstens, dass in den Sommermonaten deutlich mehr Energie aus der Solarthermischen Anlage zur Verfügung steht als zur Warmwasserbereitstellung benötigt wird. Die Wärmepumpe ist zwischen 17.05. und 02.10. nicht in Betrieb. Zweitens wird eine 100-%ige Deckung des Raumwärmebedarf (Hauptverteiler) über die solarthermische Anlage nicht in allen Monaten erreicht. In den Monaten März und Mai 2019 sowie im Zeitraum zwischen November 2019 bis Februar 2020 wird das Ziel einer vollständigen Deckung nicht erreicht.

Bilanziell liegt der Gesamtertrag der solarthermischen Anlage (~98 MWh) über dem Verbrauch für Warmwasser und Raumwärme (~90 MWh).

Untersuchungs-Schwerpunkt: Plusenergiebilanz

Plusenergie für die Sporthalle Lieferung wurde so definiert, dass Summe der am Standort erzeugten Jahrespotentiale (Solarthermie + PV) den Verbrauch am Standort übersteigen. Damit soll ein Betrieb des Gebäudes ohne CO₂-Ausstoß und ohne Energiekosten erreicht werden. Wie oben dargestellt wurden im Monitoringzeitraum 89.000 kWh durch die PV-Anlage sowie 98.000 kWh durch die solarthermische Anlage bereitgestellt. Wärmeseitig ergibt sich ein Überschuss von 8.000 kWh. Stromseitig werden für Wärmepumpe und Heizstab in Summe rund 11.800 kWh; für den Betrieb der haustechnischen Anlagen insgesamt 64 678 kWh, für die Beleuchtung 18 836 kWh sowie rund 38.500 kWh durch nicht gezahlte Verbraucher benötigt. Damit ergibt sich stromseitig eine negative Bilanz von rund 45.000 kWh.

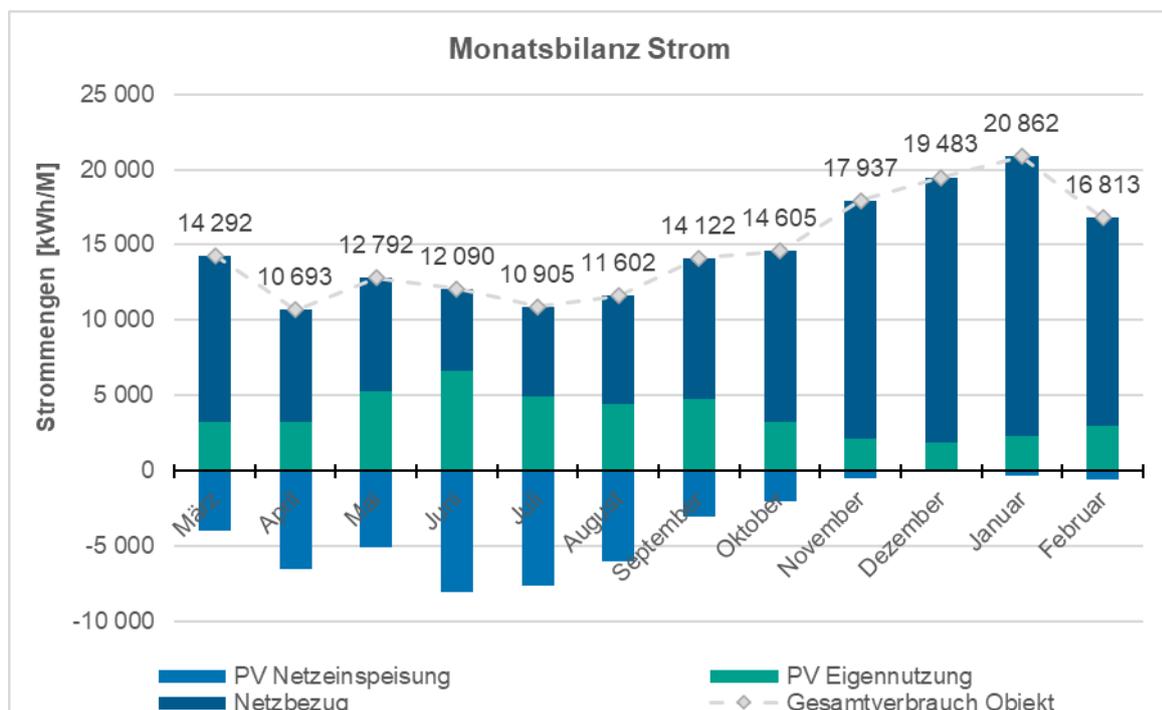


Abbildung 98: Monatsbilanz Strom, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.10.8 Optimierungspotentiale

- Die den drei Stromzählern zur Erfassung der Haustechnik- Hilfsenergien ISP01 – ISP03 zugeordneten Anlagen sind nicht bekannt.
 - ISP01 (50 MWh) weist im Sommer einen konstanten Tagesverbrauch von rund 140-170kWh auf, mit einer minimalen Leistung von rund 5 kW (nachts) sowie einer Maximalleistung von rund 7 kW untertags. Im Winter liegt die Grundlast bei 2-3 kW mit einzelnen Spitzen bis 8,4 kW. Der Tagesverbrauch liegt bei 75 – 200kWh. Hier werden mutmaßlich die Hilfsenergien zur Wärme- und Kälteverteilung gezählt. Einsparpotentiale im Grundlastbereich sind besonders effizient da sie ganzjährig wirken. Typische Verbraucher wären Pumpendauerläufer und Geräte-Stand-By.

- ISPO2 (13,2 MWh) weist einen sehr konstanten Dauerverbrauch von rund 37 kWh pro Tag auf, 08-23 Uhr ~2,9 KW, Grundlast rund 0,1 KW.
- ISPO3 (3,6 MWh) weist ein zeitlich unregelmäßiges Profil aus mit Lasten von max. rund 4 KW, ohne Grundlast und ohne erkennbares jahreszeitliches Profil. Dies könnte auf die Warmwasserversorgung hinweisen.
- Der Wärmemengenzähler des Hauptverteilers zeigt ein jahreszeitliches Profil entsprechend dem Witterungsverlauf. Der Tagesverlauf zeigt zudem, dass in den Nachstunden keine Wärmeübergabe stattfindet. Auffallend ist, dass die Sub- Zähler der Bauteilaktivierung nur sehr geringe Verbrauchswerte registrieren und der Verbrauch Turnhalle und Innengarderobe nur an vereinzelt Tagen im Jahr stattfindet. Beispielsweise werden rund 40% der Wärmemenge BTA Turnhalle im Mai eingespeist.
- Die Wärmemenge zur Warmwasserbereitung bleibt auch während der Feiertage (z.B. Weihnachten) auf einem konstanten Niveau. Hier wäre eine Optimierung betreffend der tatsächlichen Nutzung möglich.
- Eine Prüfung der Verbrauchsdaten im Zeitraum März 2020 – April 2020 zeigt, dass trotz der Nutzungsbeschränkungen der Energieverbrauch nicht wesentlich reduziert werden konnte. Insbesondere beim Warmwasser sowie bei der Beleuchtung ergeben sich Potentiale.

4.10.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 85: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Vermietung Eigentümer: SIG – Salzburg Immobilien Gesellschaft Mieter: Stadt Salzburg
Integraler Planungsprozess	Ja Das Energiekonzept wurde bereits vor der Ausschreibung des Architektur-Wettbewerbs fixiert
Technische Betriebsführung	Interne Betriebsführung mit externem Monitoring
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem

Der Masterplan 2025 der Stadt Salzburg sah die Umsetzung eines Plusenergiegebäudes vor, sofern dies aus technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll möglich ist. Die Sporthalle erwies sich insofern als geeignet, als dass aus Gründen des Hochwasserschutzes ein Betonkern mit ausreichend thermischer Speichermasse für ein auf Solarenergie basiertes System zur Verfügung stand. Die erforderliche Aktivierung erwies sich in der Konzeptionierung als wirtschaftliches Energieversorgungskonzept.

Laut Stadt Salzburg ist die anfängliche Skepsis einer überwiegenden Zufriedenheit gewichen. Die mangelnde individuelle Regelungsmöglichkeit durch den Nutzer sorgt für die größte Unzufriedenheit, wenngleich die Messdaten des Innenraumklimas äußerst zufriedenstellende Daten zeigen.

Optimierungsmaßnahmen wurden bislang nur hinsichtlich einer schalltechnischen Abtrennung im Gastrobereich sowie betreffend einen Windfang umgesetzt.

4.11 AK-Bildungshaus Jägermayrhof

Tabelle 86: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Sanierung: Hocheffiziente Sanierung eines historischen Gebäudes		
Objektnutzung: Hotel und Bildungshaus	Standort: Römerstraße 98, 4020 Linz	Fertigstellung: 2018
 <p>Abbildung 99: Bildungshaus Jägermayrhof, Südansicht, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.</p>	 <p>Abbildung 100: Bildungshaus Jägermayrhof, Nordnordostansicht, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.</p>	 <p>Abbildung 101: Bildungshaus Jägermayrhof, Terrassenansicht West, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.</p>

Das Bildungshaus „Jägermayrhof“ wurde um das Jahr 1900 errichtet, in den 1950er Jahren umgebaut und im Jahre 1972 erweitert. Im Zuge der letzten Sanierung im Jahre 2018 wurden Gebäudeteile, der vier Bauteile des Bildungshauses, abgebrochen und neu errichtet sowie andere Gebäudeteile generalsaniert. Der Jägermayrhof wird als zentrales Seminar- und Weiterbildungszentrum der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich genutzt. Weiters befindet sich im Objekt eine Großküche, die die gastronomische Versorgung der Tages- und Hotelbesucher abdeckt und darüber hinaus mehrere Hundert Mittagsmenüs für die AK-Zentrale im Stadtzentrum von Linz zubereitet.

Die Dächer der vier Bauteile wurden teilweise neu aufgebaut und thermisch saniert. Die Außenwände wurden teilweise mit einem Wärmedämmverbundsystem und teilweise mit Steinwolle gedämmt sowie mit einer hinterlüfteten Fassaden ausgeführt. Die Fenster wurden auf eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung getauscht und dabei wurde auf den wärmebrückenfreien Einbau geachtet. Die Außenwände des unter Denkmalschutz gestellten Gebäudeteils wurden saniert, aber nicht gedämmt.

Ein Schwerpunkt wurde auch bei der Nutzung Erneuerbarer Energieträger gesetzt. Solarthermie sowie PV Anlage, reversible Luftwärmepumpe, Pelletkessel und der Bezug von Ökostrom ermöglichen die Deckung des Energieverbrauchs durch 100% erneuerbare Energieträger

Tabelle 87: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6 2011) Nutzungsprofil Hotel		Kontakt
BGF	4.147 m ²	Eigentümer: AK OÖ Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich
HWB (SK)	7,5 kWh/m ² a	
KB (SK)	45,1 kWh/m ² a	
Architektur TGA-Planung	Dornstädter Architekten ZT GmbH Reisch Ingenieurbüro f. Gebäudetechnik e.U.	Name: Ing. Stefan Hanl, MBA Web: https://ooe.arbeiterkammer.at/jaegermayrhof

4.11.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbauweise in Stahlbeton und Ziegel, Zubauten teilweise in Holz-Riegelbauweise, 1 bis 3-geschoßig
- Bestands-Vollziegelmauerwerk mit 26cm EPS-F plus Dämmung ($U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Zubau Stahlbetonwand mit hinterlüfteter Fassade mit 26cm Steinwolle ($U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Zubau Holz-Riegelwand mit hinterlüfteter Fassade ($U=0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Zubau Eingang mit KLH Massivholzwand und vorgehängter Fassade ($U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- 3-Scheiben-Verglasung, außenliegenden Raffstores und innenliegender Blendschutzrollos
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,42 \text{ [1/m]}$, charakteristische Länge $2,41 \text{ [m]}$

4.11.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 88: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Solarthermie-Anlage (Aperturfläche 22 m^2 , Azimut -5° , Neigung 45°), Pelletskessel 1 und 2 (je 135 kW), Luftwärmepumpe (reversible, 59 kW)
Brauch-Warmwasser	Zentrale WW-Bereitung über einen Wärmeübertrager im Brauch-Warmwasserspeicher
Kühlung	Kältemaschine (247 kW), Wärmepumpe (reversible, 72 kW)
Wärmespeicher und – Abgabesystem	Niedertemperatur-Pufferspeicher (1.000 Liter), Hochtemperatur-Pufferspeicher ($2 \times 2.000 \text{ Liter}$), Brauch-Warmwasserspeicher (1.500 Liter), Hygiene-Schichtspeicher (Heizwasserinhalt 1.315 Liter , $95 \text{ }^\circ\text{C}$), Umluft-Heizung (Fan Coil), Radiatoren, Flächenheizung
Kältespeicher und – Abgabesystem	Pufferspeicher 2.000 Liter , Fußbodenkühlung, Umluft-Kühlung (Fan Coil) und Kühlregister in der Zuluftleitung
Lüftungstechnik	Zentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung
Elektrische Energie	Öffentliches Netz, Photovoltaikanlage ($29,6 \text{ kWp}$, Azimut -5° , Neigung 30°)

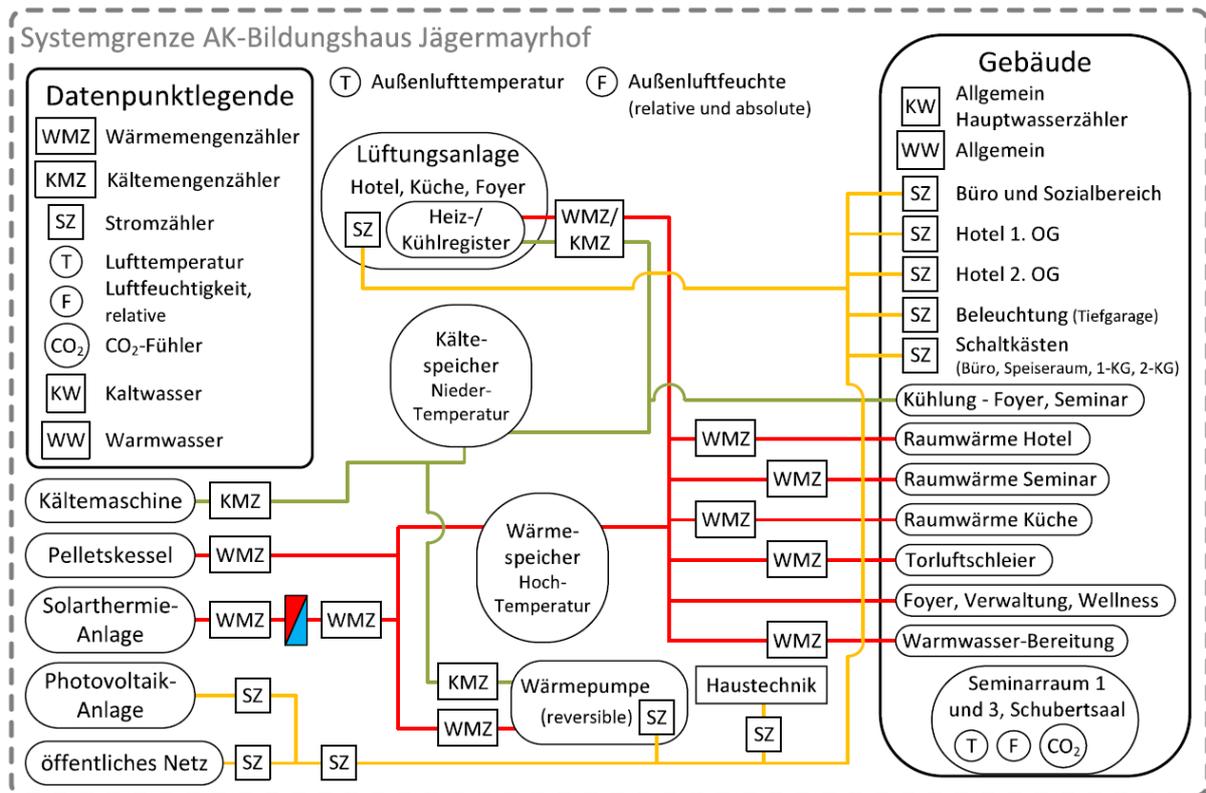


Abbildung 102: Prinzipschema AK-Bildungshaus Jägermayrnhof, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.11.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 89: AK-Bildungshaus Jägermayrnhof - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. Jänner 2019 – 31. Dezember 2019		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	4 147	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis	3 560	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	3 158	Kd
HGT _{21,7/14} lt. Messung	3 729	Kd
Heizenergiebedarf lt. Energieausweis (HEB) ³⁰	27,4	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch	102,3	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt	98,7	kWh/m ² a
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis (WWWB)	12,8	kWh/m ² a
Warmwasserverbrauch (inkl. Speicher- und Verteilverluste)	21,2	kWh/m ² a
Kühlbedarf lt. Energieausweis (KEB)	43,0	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch	16,7	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Wärmepumpe am Heizenergieverbrauch	9,1	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Solarthermie am Heizenergieverbrauch	2,1	kWh/m ² a
Anteil Erzeugung Wärmepumpe am Kühlenergieverbrauch	8,6	kWh/m ² a
Stromverbrauch Haustechnik	32,4	kWh/m ² a
Lüftungsanlagen (Foyer, Küche, Hotel)	14,7	kWh/m ² a
Wärme- u. Kältebereitstellung (gesamte Heiz- u. Kühltechnik)	13,0	kWh/m ² a

³⁰ Gemäß OIB-Richtlinie 6: Beim Heizenergiebedarf werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

Messzeitraum: 01. Jänner 2019 – 31. Dezember 2019		
1. u. 2. Kellergeschoß (Seminar, Wellness, Kühlraum, Außenbel., etc.)	4,7	kWh/m ² a
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom	48,3	kWh/m ² a
Endenergiebedarf lt. Energieausweis	162,0	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	166,6	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission lt. Energieausweis	65,0	kg/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	18,7	kg/m ² a

Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch ist höher als der berechnete standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises. Die intensive Nutzung des Standorts und teilweise abweichende Nutzung gegenüber dem im Energieausweis angenommenen Nutzungsprofil Hotel sowie die Konditionierung von Nebenräumen, welchen im Energieausweis nicht berücksichtigt sind, sind mit ein Grund für die Abweichung. Darüber hinaus liegt der Heizenergieverbrauch für Warmwasserbereitung doppelt so hoch wie im Nutzungsprofil des Energieausweises angenommen.

Der Kühlenergieverbrauch liegt jedoch nur bei 39% des prognostizierten Bedarfs. Durch gute Nutzung der Verschattungsmöglichkeiten und angepasstes NutzerInnenverhalten wird der Kühlenergieverbrauch niedrig gehalten.

Aufgrund des hohen Anteils an erneuerbaren Energieträgern am Standort liegen sehr niedrige CO₂ Emissionen vor.

Nachfolgende Abbildung 103 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von Jänner bis einschließlich Dezember 2019. Die reversible Wärmepumpe befindet sich in den Monaten Jänner bis März im Heizbetrieb, in den Monaten Juni bis August im Kühlbetrieb und in der Übergangszeit (Frühling und Herbst) abwechselnd im Heiz- und Kühlbetrieb. Der erzeugte PV-Strom wird nahezu zur Gänze im Objekt verbraucht.

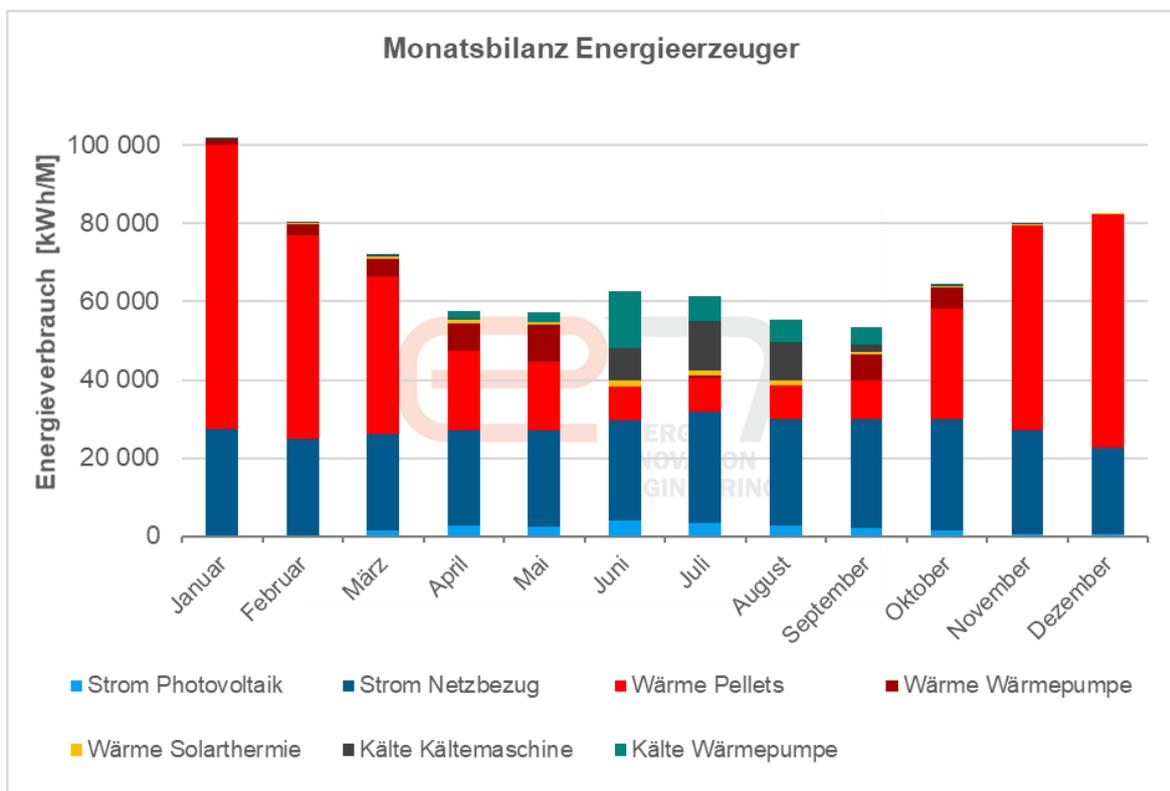


Abbildung 103: Energiebilanz Energieerzeuger (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 104 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für das Jahr 2019 dar:

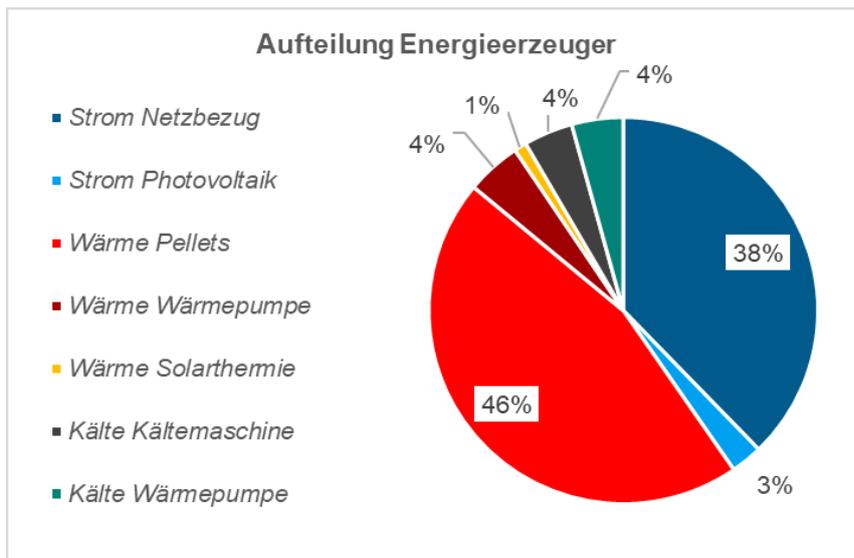


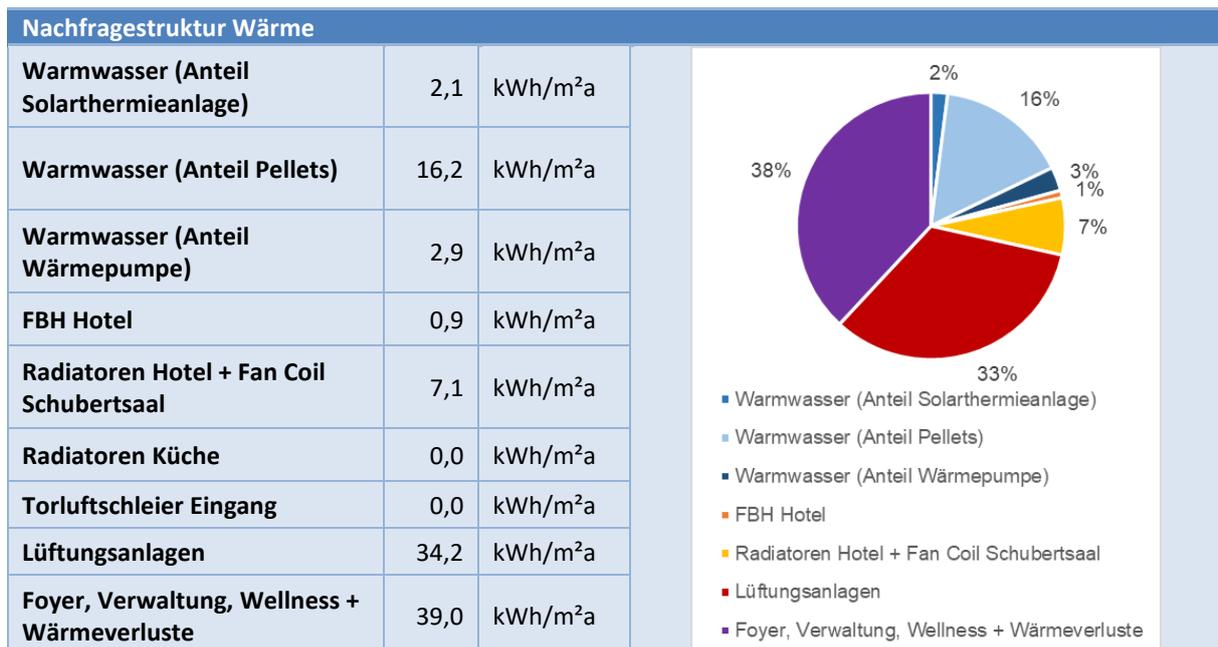
Abbildung 104: Jahresverbrauch Endenergie Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum: 01.01.2019 - 31.12.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die gelieferte Strommenge beträgt demzufolge 38% der gesamten Energiemenge, 3% des Gesamtenergieverbrauchs können durch die PV-Anlage gedeckt werden. Rund die Hälfte der benötigten Energie entfällt auf die Wärmebereitstellung, die sich durch die Lieferung der Pelletkessel, der Wärmepumpe und der Solarthermieanlage zusammensetzen. Rund 8% des Energieverbrauchs wird durch die Raumkühlung hervorgerufen.

4.11.4 Energie-Nachfragestruktur

4.11.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 90: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch des Jahres 2019 beträgt rund 425.000 kWh (unter Berücksichtigung Kesselwirkungsgrad).

Davon sind etwa 20% dem Warmwasserverbrauch (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen (Bereitstellung erfolgt durch die Solarthermieanlage, 2 Pelletskessel und Wärmepumpe).

Die Wärmenachfrage des Hotels wird hauptsächlich per Radiatoren gedeckt (7% des Gesamtwärmenachfrage). Der Verbrauch der Fußbodenheizung für das Hotel beträgt 1%, hier werden nur die Bäder versorgt.

Die Verbraucher Radiatoren Küche und Torluftschleier Eingang haben im Jahr 2019 keinen Verbrauch hervorgerufen.

Ein Drittel der Wärmenachfrage wurden durch die Lüftungsanlagen (Hotel, Küche, Foyer und Seminar) hervorgerufen. Rund 38% der Gesamtwärmenachfrage ist den Bereichen Foyer, Verwaltung, Wellness sowie der Wärmeverluste (einschließlich Kesselverluste) zuzurechnen.

Die Wärmeerzeugung erfolgt im Jahr 2019 zu 89% durch die beiden Pelletskessel. Die gemessene Wärmemenge beträgt 355.400 kWh. Bei Berücksichtigung eines Kesselwirkungsgrades von 94% liegt die durch den Pelletskessel zur Verfügung gestellte Wärmeenergie bei 378.085 kWh. 9% der Wärmeenergie werden durch die Wärmepumpe und 2% durch die Solarthermieanlage zur Verfügung gestellt.

Nachfolgende Abbildung 105 zeigt die monatliche Wärme-Erzeugungsstruktur. Die reversible Wärmepumpe wird hauptsächlich in den Übergangszeiten Frühling und Herbst zur Wärmeerzeugung genutzt. In den Monaten November und Dezember 2019 hat aufgrund eines Defekts keine Wärmelieferung der Wärmepumpe stattgefunden.

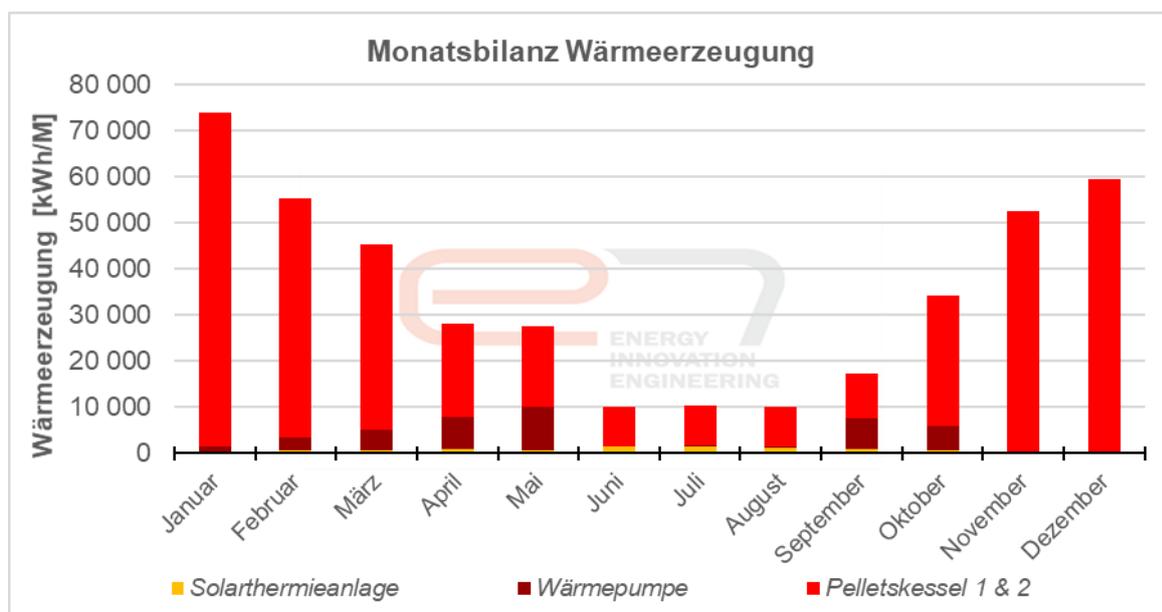


Abbildung 105: Monatliche Erzeugung Wärme, Bildungshaus Jägermayrnhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.11.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Die raumlufttechnischen Anlagen rufen einen Kälteverbrauch von 64% der Gesamtkältenachfrage hervor. Der Rest entfällt auf die Fan Coils und Kälteverluste.

Die Bereitstellung der Kälte erfolgt durch die reversible Wärmepumpe (51% der Kälteerzeugung) und die Kältemaschine (49% der Kälteerzeugung). Im Jahr 2019 beträgt der spezifische Kühlenergieverbrauch $16,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ (Gesamt 69.255 kWh/a). Dieser Wert liegt somit mehr als die Hälfte geringer als der ausgewiesene Kühlenergiebedarf laut Energieausweis. Abbildung 106 zeigt die monatliche Kälteerzeugung. Erwartungsgemäß liegt der Verbrauch nur während der Sommermonate vor.

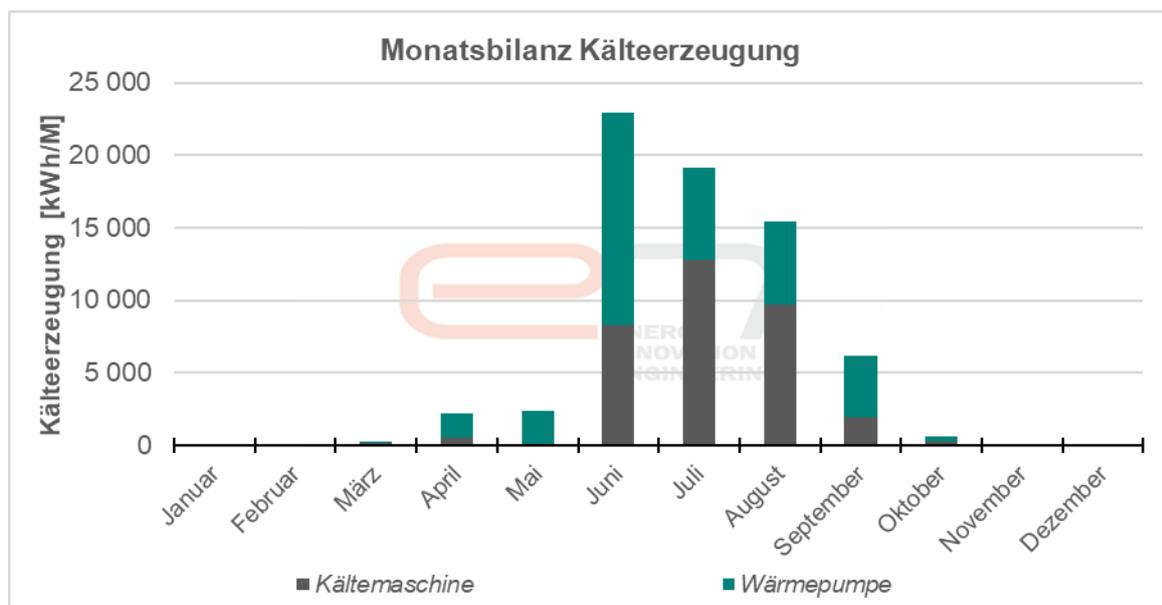


Abbildung 106: Monatliche Erzeugung Kälte, Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.11.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 91: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast

Messzeitraum: 01. Jänner 2019 – 31. Dezember 2019		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	80,7	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung	36,6	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	3,1	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch liegt im Messzeitraum bei rund 334.626 kWh , bzw. $80,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGFa}}$. Knapp 313.000 kWh werden aus dem Netz bezogen, rund 21.900 kWh werden von der PV-Anlage erzeugt und im Objekt selbst genutzt. Der PV-Eigennutzungsanteil beträgt nahezu 100% (Überschusseinspeisung 2019 an ca. 10 Stunden). Die maximale Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 152 kW , bzw. $36,6 \text{ W/m}^2_{\text{BGF}}$. Der Grundlastanteil liegt mit rund 114.000 kWh bei 34%.

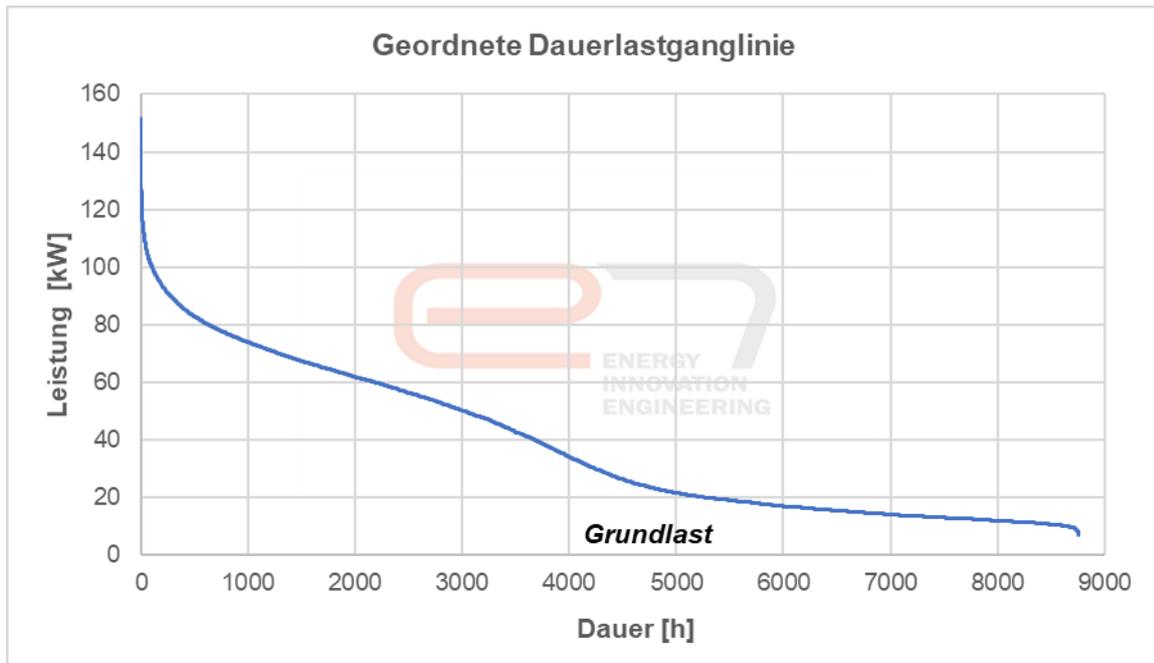
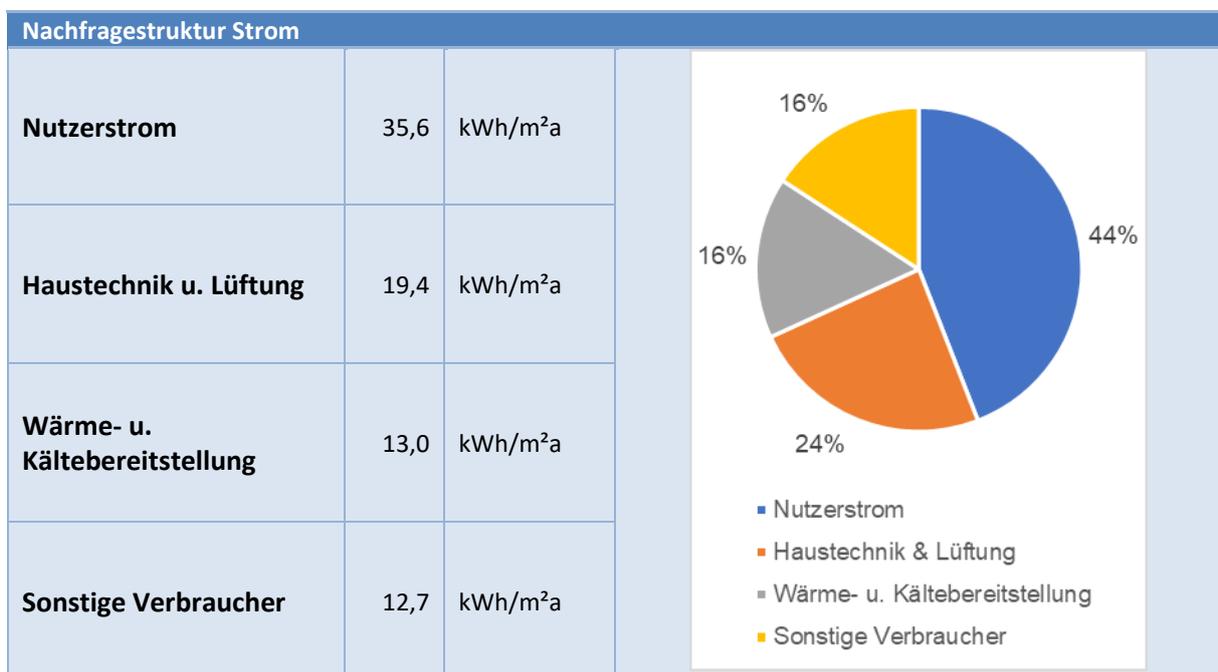


Abbildung 107: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Tabelle 92: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Nachfragestruktur Strom



Der größte Verbrauchsanteil entfällt auf den Nutzerstrom mit 44%, der die Bereiche Küche & Speiseraum, Büro & Sozialraum, Büro 2. OG, Hotel, Hotel 2. OG und die Beleuchtung Tiefgarage beinhaltet. Die haustechnischen Anlagen (ohne Wärme- u. Kältebereitstellung) weisen einen Verbrauchsanteil von 24% auf. Die Zähler für Wärme- und Kältebereitstellung (inkl. Strom für reversible Wärmepumpe und Kältemaschine) weisen einen Verbrauch von 16% des Gesamtstromverbrauchs auf. Restliche 16% sind sonstigen Verbrauchern des Objekts zuzurechnen.

4.11.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Die gesamte verbrauchte Strommenge (inkl. Wärmepumpe und Kältemaschine) liegt bei rund 335.000 kWh, bzw. 80,7 kWh/m²_{BGfA}. Diese setzt sich zusammen aus dem Netzbezug sowie der PV-Eigennutzung.
- Der Grundlastanteil des Stromverbrauchs liegt mit rund 114.000 kWh bei 34%, was für das Bildungshaus als gut beurteilt werden kann.
- Rund 21.900 kWh werden von der PV-Anlage erzeugt und im Objekt selbst genutzt. Der PV-Eigennutzungsanteil beträgt nahezu 100% (Überschusseinspeisung 2019 an ca. 10 Stunden).
- Der spezifische PV-Ertrag berechnet sich zu 738 kWh/kWp, welches als verhältnismäßig gering zu beurteilen ist. Gründe sind sehr geringe Erträge in den Wintermonaten, was vermutlich auf schneebedeckte Module (Jänner und Februar) aber auch auf Verschattung durch umliegende Bäume und Gebäudebauteile zurückzuführen ist.
- Die gesamte, bereitgestellte Wärmemenge unter Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrades liegt bei rund 425.000 kWh, bzw. 102,3 kWh/m²_{BGfA}. Wärmeerzeugung erfolgt im Jahr 2019 zu 89% durch die beiden Pelletskessel (Kesselwirkungsgrad 94% laut Herstellerdatenblatt), 9% durch die Wärmepumpe und 2% durch die Solarthermieanlage.
- Der HGT-bereinigte Heizenergieverbrauch beträgt 98,7 kWh/m²_{BGfA} und ist damit höher als der standortbezogene Heizenergiebedarf des Energieausweises.
- Rund 20% des Heizenergieverbrauchs sind der Warmwasserbereitstellung (inkl. Zirkulationsverluste) zuzurechnen (21,2 kWh/m²a).
- Der Gesamtertrag der solarthermischen Anlage bemisst sich zu ca. 8.500 kWh, bzw. 388 kWh/m² Aperaturfläche. Der Solarthermieertrag entspricht damit in etwa der Ertragsprognose aus der Planung.
- Die Wärmepumpe erzeugte 2019 rund 37.800 kWh Wärmemenge, obwohl sie in den Monaten November und Dezember aufgrund eines Defekts nicht aktiv war. Die Wärmepumpe ist vor allem in der Übergangszeit Frühling und Herbst im Heizbetrieb, wo sie eine Arbeitszahl COP (Teillast) von ca. 3,0 erreicht. Dieser Wert ist als gut zu beurteilen (Herstellerangabe A2/W35 COP=2,68).
- Die gesamte bereitgestellte Kältemenge liegt bei 69.400 kWh, bzw. 16,7 kWh/m²_{BGfA}. Der gemessene Kälteverbrauch fällt somit deutlich geringer aus als im Energieausweis (43,0 kWh/m²_{BGfA}) ausgewiesen, obwohl der Sommer 2019 zu einem der heißesten zählt, seit Aufzeichnungen vorliegen. Die Bereitstellung erfolgt durch die reversible Wärmepumpe und einer Kältemaschine.

- Die Kältemaschine ist hauptsächlich in den Sommermonaten in Betrieb (über 90% ihrer Gesamtjahreserzeugung im Zeitraum Juni bis August). Ihre Arbeitszahl EER liegt bei etwa 2,4 (Herstellerangabe A35/W7 EER=2,58 bei Teillast, Vollast EER=4,01). Aufgrund des Teillastbetriebs ist die Performance der Kältemaschine als gering zu beurteilen.
- Die Wärmepumpe erzeugte 2019 35.500 kWh Kältemenge. Die Wärmepumpe weist im Kühlbetrieb eine Arbeitszahl EER von ca. 3,1 auf. Dieser Wert ist als gut zu beurteilen, v.a. wenn man ihn dem EER der Kältemaschine gegenüberstellt (siehe oberhalb).

4.11.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für die Temperaturoswertung wurden der Seminarraum 1 (Nr.1), der Seminarraum 3 (Nr.2) sowie der Schubertsaal (Nr.3) ausgewählt, wobei auf bestehende Raumsensorik zurückgegriffen wurde.

Tabelle 93: AK-Bildungshaus Jägermayrthof - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. Januar 2019 – 31. Dezember 2019				
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	21,73	21,50	21,77	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,00	22,56	23,07	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	28,0	28,1	27,0	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	0	0	0	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	1	1	0	%

Die folgenden Abbildungen zeigen Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für den Seminarraum 1 und den Schubertsaal.

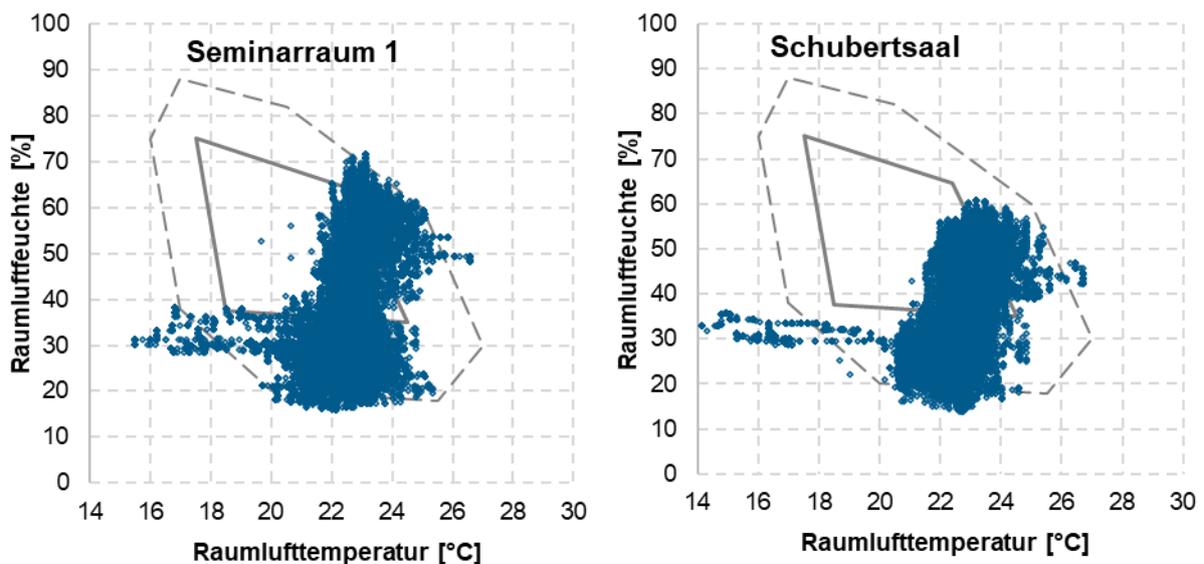


Abbildung 108: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Seminarraum 1 und Schubertsaal (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Im Jahr 2019 liegen bei allen 3 Referenzräumen die Komfortparameter während der Nutzungszeiten im sehr behaglichen bzw. behaglichen Bereich. Während des Betriebsurlaubs in den Wintermonaten erfolgte eine Raumtemperaturabsenkung (Raumtemperaturen <20°C, siehe Grafiken oberhalb). Im Sommer kommt es kaum zu Überhitzung, die Raumkonditionen bleiben durchwegs im behaglichen Bereich. Es zeigt sich, dass die Konditionierung ganzjährig sehr gut funktioniert.

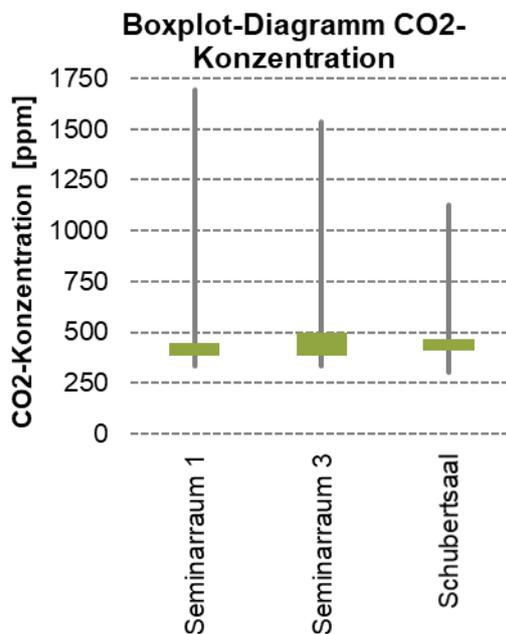


Abbildung 109 zeigt die CO2-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert.

Dabei zeigt sich, dass der Großteil der Werte im Bereich der Außenluftkonzentration liegt. Vereinzelt kommt es zu hoher CO2-Konzentration > 1000 ppm. Insgesamt halten sich die Zeiten einer mäßigen Raumluftqualität in Grenzen (31 – 67 Stunden pro Jahr).

Abbildung 109: CO2-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.11.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Das Bildungshaus Jägermayrhof besteht aus vier Bauteilen. Im Zuge der Sanierung wurden Gebäudeteile abgebrochen und neu errichtet sowie andere Gebäudeteile dem Zustand entsprechend generalsaniert. Die Nutzungsarten wurden neu organisiert und außerhalb des Gebäudes wurde eine Tiefgarage mit 49 Stellplätzen errichtet.

Untersuchungs-Schwerpunkt: Wie stellt sich der Verbrauch der unterschiedlichen Nutzungszonen dar?

Die Nutzung des Bildungshauses Jägermayrhof lässt sich in folgende Zonen gliedern:

Nutzungszone	BGF [m ²]
Seminar, Veranstaltung, Freizeit	1.056
Büro, Verwaltung	735
Hotel	1.297
Gastronomie	551
Allgemeinflächen (inkl. Technik & Warmwasser für Gesamtgebäude)	508
Beleuchtung Tiefgarage und Außenanlagen	1.396 (Tiefgarage)

Abbildung 110 zeigt den Endenergieverbrauch aufgeteilt auf die jeweiligen Nutzungszonen. Demnach entfallen die größten Endenergieverbräuche auf die beiden Zonen Gastronomie und Hotel.

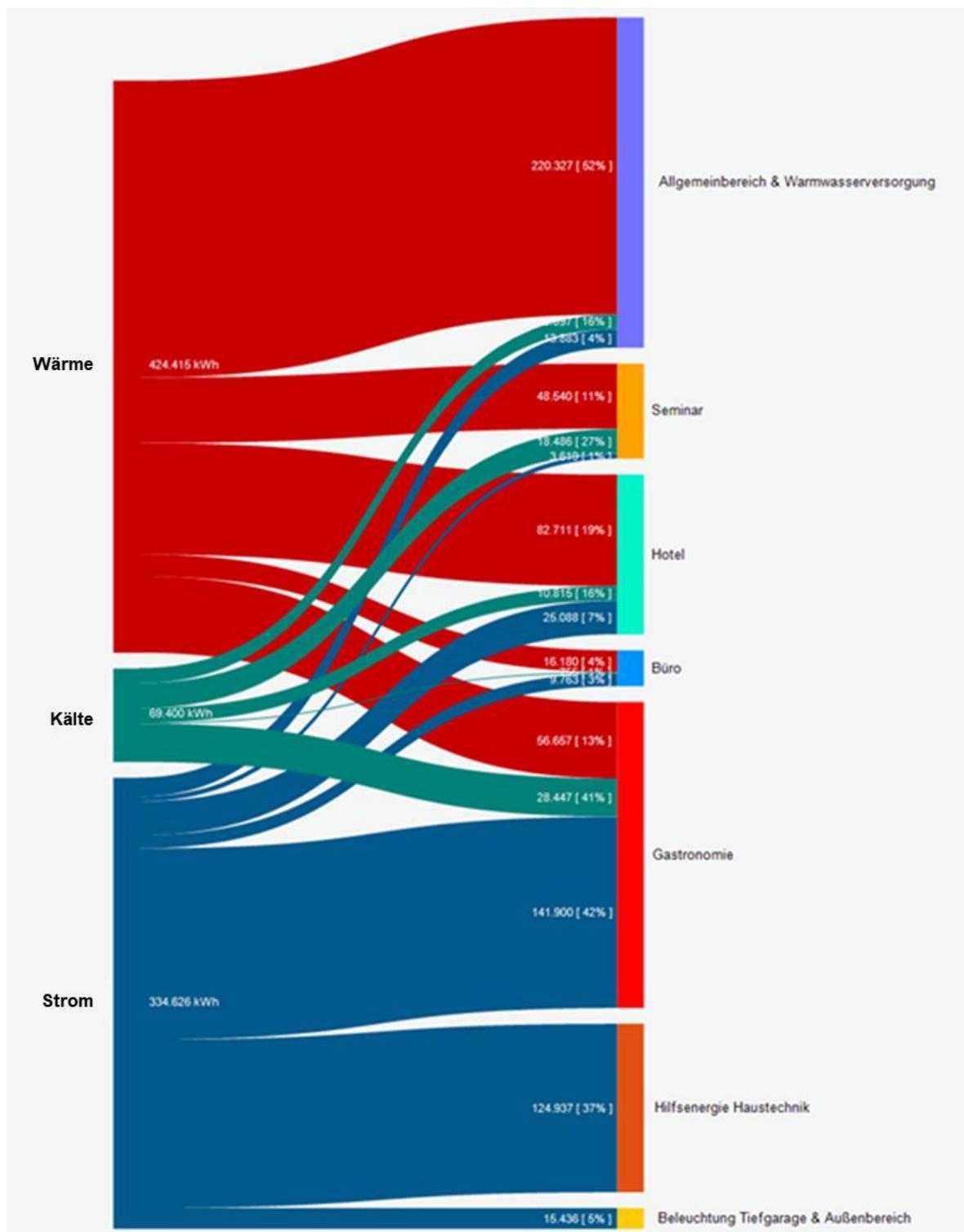


Abbildung 110: Endenergieverbrauch 2019 nach Nutzungszonen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die hohen Verbräuche im Bereich Gastronomie sind damit zu begründen, dass die Küche des Bildungshauses Jägermayrhof die gastronomische Versorgung der Tages- und Hotelbesucher abdeckt

und darüber hinaus mehrere Hundert Mittagmenüs für die AK-Zentrale im Stadtzentrum von Linz zubereitet.

4.11.8 Auffälligkeiten und Optimierungspotentiale

Im ersten Betriebsjahr wurde das Objekt einer umfangreichen Betriebsoptimierung unterzogen. Durch die umgesetzten Maßnahmen konnten zum Teil deutliche Reduktionen beim Energieverbrauch der Folgejahre und ein verbesserter Anlagenbetrieb erzielt werden.

Folgende weitere Optimierungspotenziale können aus den Energiemonitoringdaten des Jahres 2019 abgeleitet werden:

- Effizienz Kälteerzeugung
 - Die Analysen ergaben, dass die Kältemaschine mit ihrer Nennkühlleistung von 250 kW überdimensioniert ist. Sie wird hauptsächlich im ineffizienten Teillast betrieben, welches dazu führt, dass der EER bei etwa 2,4 liegt. Dieser Wert liegt deutlich unter dem EER der reversiblen Wärmepumpe. Zur Verbesserung der Kälteerzeugungseffizienz sollte die Wärmepumpe als Führungs-Gerät betrieben und die Kältemaschine zur Deckung von Spitzenlasten herangezogen werden.
- Stromzähler Beleuchtung Tiefgarage und Außenanlagen sowie teilweise Kellerräume: Der spezifische Stromverbrauch beträgt 315 kWh pro Stellplatz, was als hoch zu beurteilen ist. Es wird ganzjährig ein Leistungsbezug von rund 2 kW gemessen, was darauf hindeutet, dass eine Dauerbeleuchtung der Garagenflächen vorliegt oder andere Verbraucher dauerhaft Strom beziehen.
- Raumluftechnik:
 - Lüftungsanlage Küche: Der Betrieb der Küche beginnt um 6:00 Uhr (laut Stromzähler). Die Lüftungsanlage startet hingegen um 5:00 Uhr. Mit einem gleichzeitigen Start der Lüftungsanlage mit dem Küchenbetrieb könnte die Betriebszeit um 250 h pro Jahr reduziert werden, welches eine jährliche Stromverbrauchsreduktion von ca. 1.900 kWh bewirken würde.
 - Sämtliche Lüftungsanlagen laufen in den Sommermonaten Juli und August auch an den Wochenenden mit den typischen Zeitprogrammen. Die Betriebszeiten werden immer an den tatsächlichen Nutzungsbedarf angepasst. Gegenüber den Vorjahren wurde 2019 der Hotelbetrieb ausgeweitet was zu längeren Betriebszeiten der Anlagen führt.
- Es werden hohe Stromverbräuche im Bereich Gastronomie verzeichnet. Durch Sensibilisierung des Küchenpersonals und Anpassungen im Koch- und Waschablauf können Energieeinsparungen erzielt werden.

4.11.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 94: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Eigennutzung als Bildungshaus und Hotel der Arbeiterkammer OÖ
Integraler Planungsprozess	Ja, die Eigentümer waren eingebunden.
Technische Betriebsführung	Interne Betriebsführung
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird.

Die Sanierung des historischen Gebäudes – Teile des Gebäudes stehen unter Denkmalschutz – wurde als Vorzeigeprojekt im Rahmen der Mustersanierungsoffensive des Klima- und Energiefonds umgesetzt. Der Bauherr, die Kammer für Arbeiter und Angestellte für Oberösterreich, wollte mit der Modernisierung ein nachhaltiges Gebäude realisieren, mit Fokus auf die Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energieträger.

Die gewählte Systemkonfiguration der haustechnischen Anlagen stellte im ersten Betriebsjahr eine Herausforderung dar. Durch das umgesetzte Monitoringsystem konnten Fehler im Anlagenbetrieb identifiziert werden und in weiterer Folge optimiert werden.

Durch die aktuelle Auswertung der Monitoringdaten des 3. Betriebsjahres konnte bestätigt werden, dass der Anlagenbetrieb nun gut funktioniert und der Energieverbrauch gegenüber dem ersten Betriebsjahr trotz einer höheren Auslastung des Hotels gesenkt wurde.

Der sanierte Jägermayrhof stellt für die Arbeiterkammer und deren MitarbeiterInnen am Standort ein gelungenes Projekt dar. Die Zufriedenheit, vor allem hinsichtlich des Raumklimas, ist sowohl bei MitarbeiterInnen als auch bei den Gästen sehr hoch.

4.12 Kindergarten St. Paulus

Tabelle 95: Kindergarten St. Paulus - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Low-Tech Kindergarten, Teil des Stadtquartiers bei der Pfarrkirche St. Paulus		
Objektnutzung: Kindergarten	Standort: Reichenauerstraße 72, 6020 Innsbruck	Fertigstellung: 2017
 <p>Abbildung 111: Kindergarten St. Paulus, Nord-Ost-Ansicht, Quelle: Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH</p>		 <p>Abbildung 112: Kindergarten St. Paulus, Nord-West-Ansicht, Quelle: Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH</p>

Die „Neue Heimat Tirol“ errichtete neben der Pfarrkirche St. Paulus einen Kindergarten, in dem bis zu 90 Kinder betreut werden. Der unter der Trägerschaft der Caritas im Sozialraum Reichenau eingebundene Kindergarten ging im September 2017 in Betrieb.

Das zweistöckige Bauwerk weist ein Low-Tech-Konzept auf und wird, anstatt mit einer Lüftungsanlage, nach einem Fensterlüftungskonzept, über eine Fensterlüftung per automatischer Fensterschaltung, mit Frischluft versorgt. In der Sommerperiode wird der Kindergarten zusätzlich über das Fensterlüftungskonzept gekühlt, indem eine Nutzung der kühlen Außenluft in der Nacht erfolgt.

Der Kindergarten wurde klimaaktiv zertifiziert und erreichte die klimaaktiv Bronze-Auszeichnung.

Das von den Vorarlberger Marte.Marte Architekten konzeptionierte Stadtquartier rund um die Pfarrkirche St. Paulus ist mit den anderen beiden Quartiersgebäuden unterirdisch über eine gemeinsame Tiefgarage verbunden.

Tabelle 96: Kindergarten St. Paulus - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	999 m ²	Eigentümer: Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH
HWB (SK)	63,7 kWh/m ² a	Name: Prok. Ing. Engelbert Spiß
Architektur	Marte.Marte Architekten ZT GmbH	Web: https://neueheimat.tirol

4.12.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Massivbauweise mit Low-Tech-Ausführung im Niedrigenergiestandard, 2-geschoßig
- Stahlbetonkonstruktion mit vorgehängter Holzfassade
- Außenwandkonstruktion mit Holzfassade: Stahlbeton, Steinwolldämmplatte, Holzlattung/Luftebene, Fassadenelemente
- Außenwandkonstruktion mit Außenputz: Stahlbeton, Steinwolldämmplatte, Spachtelung, Außenputz
- Fensterlüftung per automatischer Fenstersteuerung
- 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen
- Kompakte Bauweise, $A/V = 0,57 [1/m]$, charakteristische Länge $1,74 [m]$

4.12.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 97: Kindergarten St. Paulus - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Fernwärme, Nennleistung 45 kW
Brauch-Warmwasser	Dezentrale elektrische Warmwasser-Boiler (6 Stück)
Kühlung	Kühlung über Fensterlüftungskonzept, aktive Kühlung nicht vorhanden
Wärmeabgabesystem	Fußbodenheizung
Lüftungstechnik	Fensterlüftung per automatischer Fenstersteuerung (26 Fenster im EG und 12 Fenster im OG, unterschiedlicher Winter- und Sommerbetrieb)
Elektrische Energie	Öffentliches Netz

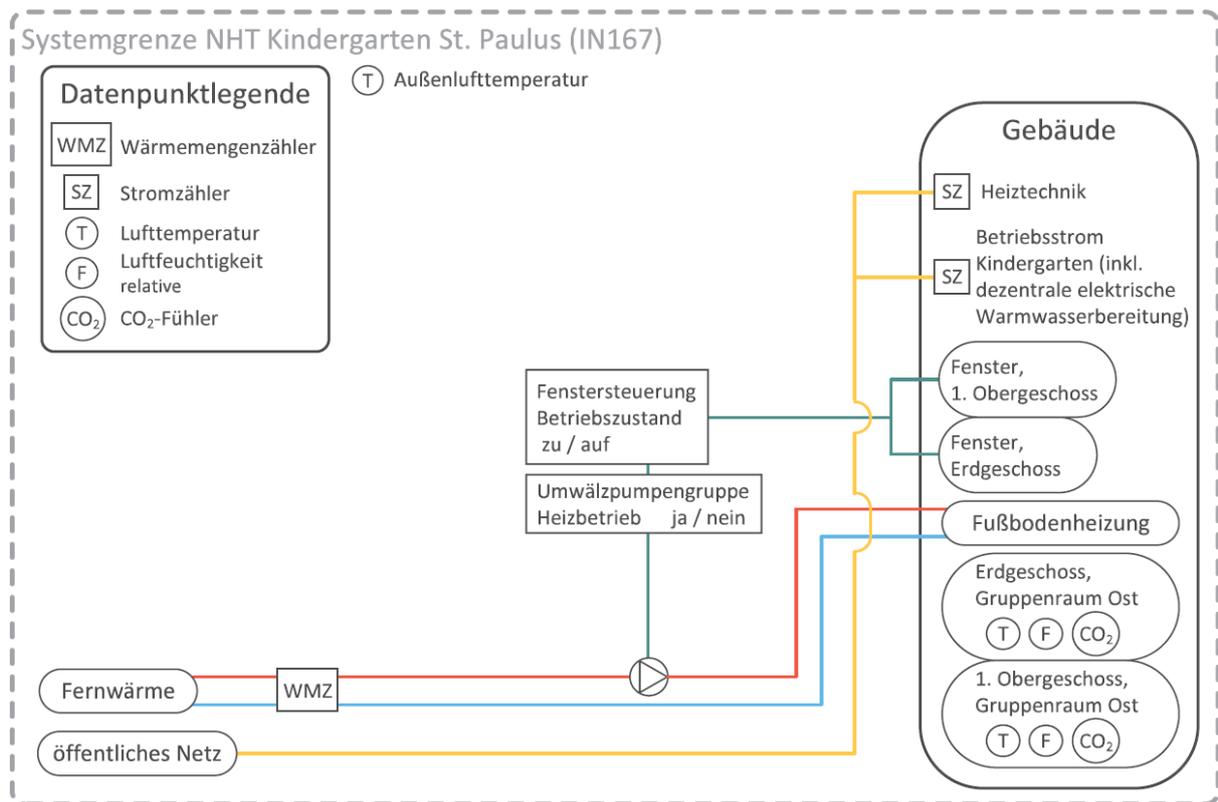


Abbildung 113: Prinzipschema Kindergarten St. Paulus, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.12.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 98: Kindergarten St. Paulus - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	999	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	4 030	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	3 545	Kd
HGT _{23,1/15} lt. Messung	4 341	Kd
Heizenergiebedarf für Raumwärme lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011 (HWB + HTEB _{RH})	66,0	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch für Raumwärme	88,8	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch für Raumwärme, HGT-bereinigt	82,4	kWh/m ² a
Stromverbrauch	19,7	kWh/m ² a
<i>Heiztechnik</i>	<i>0,6</i>	<i>kWh/m²a</i>
<i>Betriebsstrom, Beleuchtung, Warmwasserbereitung & sonstige Verbr.</i>	<i>19,1</i>	<i>kWh/m²a</i>
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	109,0	kWh/m ² a
Primärenergieverbrauch	110,3	kWh/m ² a
CO ₂ -Emission während des Messzeitraums	11,1	kg/m ² a

Abbildung 114 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von September 2019 bis August 2020. Der monatliche Strom-Netzbezug des Kindergartens verhält sich während den Regel-Betriebsmonaten weitgehend konstant im Bereich von 2.000 kWh pro Monat. Die Deckung des Wärmeverbrauchs für Raumwärme erfolgt durch Fernwärme und folgt dem jahreszeitlichen Außentemperaturverlauf.

In der unterhalb dargestellten Abbildung 114 wird der Einfluss der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch ersichtlich. Die Stromverbrauchsdaten des Messzeitraums zeigen, dass der Kindergarten im Zeitraum Mitte März bis Ende Mai 2020 geschlossen bzw. einem stark reduzierten Betrieb unterlag und deshalb während der Lockdown-Wochen einen verringerten Stromverbrauch aufwies. Ebenfalls reduzierte sich der monatliche Stromverbrauch im August 2020, da hier der Kindergarten wegen den Sommerferien zwei Wochen geschlossen war.

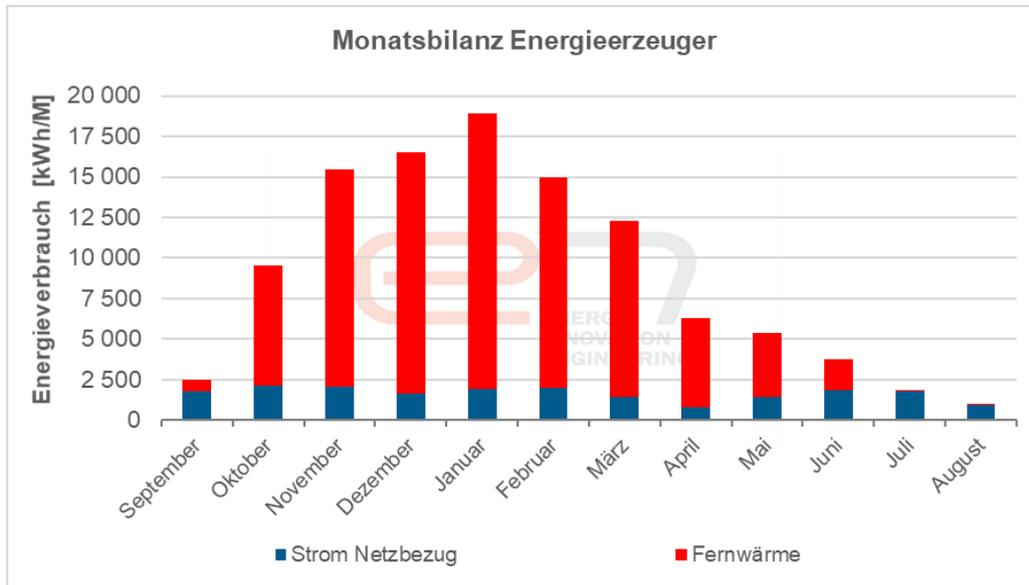


Abbildung 114: Energiebilanz Energieerzeuger, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 115 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für den Messzeitraum dar:

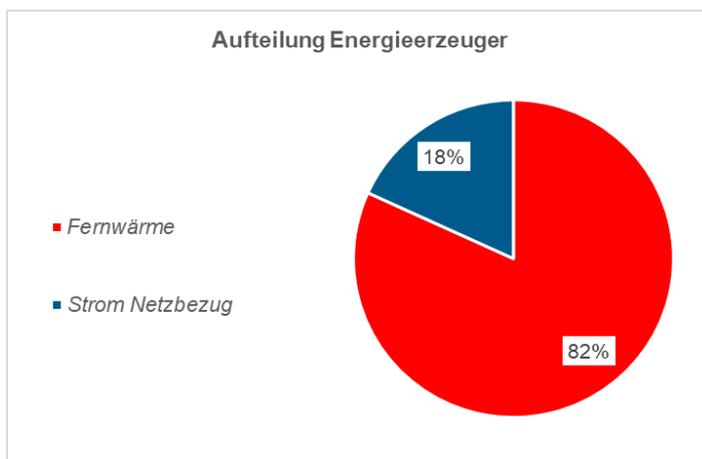


Abbildung 115: Jahresverbrauch Endenergie Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Strom-Netzbezug des Kindergartens beträgt 18% der gesamten Endenergiemenge. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme (82% des Gesamtenergieverbrauchs).

4.12.4 Energie-Nachfragestruktur

4.12.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 99: Kindergarten St. Paulus - Nachfragestruktur Wärme

Nachfragestruktur Wärme		
Heizung (Fußbodenheizung)	88,8	kWh/m ² a

Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum September 2019 – August 2020 beträgt im Kindergarten St. Paulus rund 88.700 kWh.

Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme, die per Fußbodenheizung für die Beheizung des Objekts sorgt. Die Fußbodenheizungs-Regelung erfolgt per Raumthermostat-Zonenregelung mit Zeitsteuerung.

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral durch Elektro-Warmwasserspeicher (insgesamt 6 Stück), weshalb für die Warmwasserbereitung ausschließlich Strom verwendet wird. Der Energieverbrauch für Warmwasser wird somit der Verbrauchskategorie „Strom“ zugeordnet.

Der spezifische Heizenergieverbrauch für Raumwärme beträgt 88,8 kWh/m²a. Der gemessene Heizenergieverbrauch für Raumwärme übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; HWB + HTEB_{RH} = 66,0 kWh/m²a) um 34%. Der HGT bereinigte Heizenergieverbrauch liegt bei 82,4 kWh/m²a. Die Raumtemperaturen während der Heizperiode im Kindergarten werden bei rund 23°C gehalten (siehe Kapitel 4.12.6). Dies führt zu deutlich höheren Energieverbräuchen für Raumwärme im Vergleich zum Energieausweis (die Soll-Innentemperatur lt. Energieausweis beträgt 20°C). Weiters kann hier eine Beeinflussung durch die Corona-Pandemie vorliegen. Die Messungen zeigen, dass der Kindergarten im Zeitraum Mitte März bis Ende Mai 2020 geschlossen bzw. einen stark reduzierten Betrieb hatte, jedoch die Objekt-Beheizung aufrecht gehalten wurde. Während diesen Zeiten waren die internen Wärmegewinne (Kindergarten-Personal, Kinder, Küche, Beleuchtung, usw.) deutlich geringer bzw. lagen gar nicht vor, was vermutlich einen höheren Fernwärme-Verbrauch hervorrief. Nachfolgende Abbildung 116 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

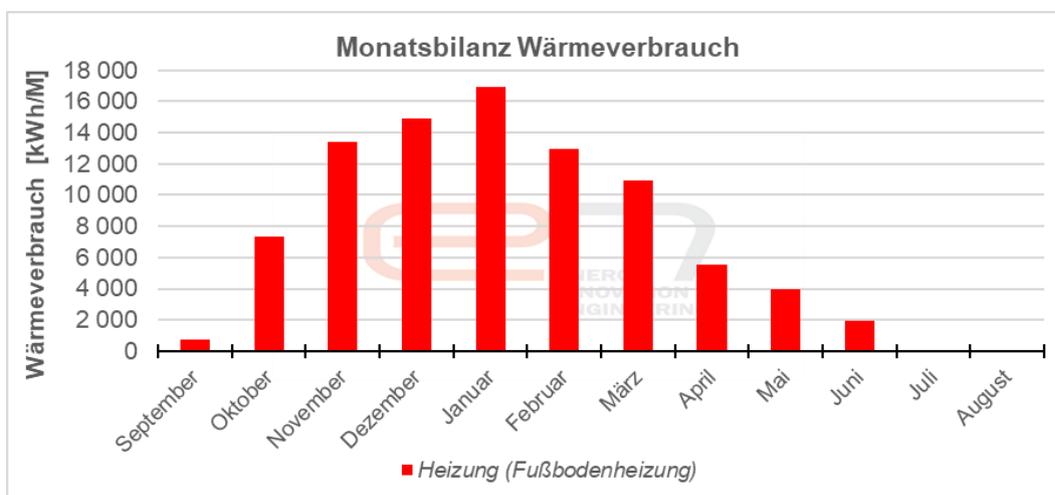


Abbildung 116: Monatlicher Verbrauch Wärme, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.12.4.2 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 100: Kindergarten St. Paulus - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast

Messzeitraum: 1.9.2019 – 31.8.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	19,7	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung	16,3	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	0,5	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch des Kindergartens liegt im Messzeitraum bei rund 19.700 kWh, bzw. 19,7 kWh/m²_{BGFa}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei diesem Objekt die Corona-Pandemie Einfluss auf den Stromverbrauch hatte. Die Stromverbrauchsdaten zeigen, dass der Kindergarten im Zeitraum Mitte März bis Ende Mai 2020 geschlossen war bzw. einem stark reduzierten Betrieb unterlag (siehe nachfolgende Abbildung 117). Unter der Annahme, dass der Kindergarten den Regelbetrieb im Frühjahr 2020 aufrecht gehalten hätte, wäre der Gesamtstromverbrauch für den Messzeitraum um rund 10% höher ausgefallen.

Unter Gegenüberstellung des gemessenen Stromverbrauchs mit dem Strombedarf des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; WWWB + HTEB_{WW} + BeIEB + BSB = 48,0 kWh/m²a) wird deutlich, dass dieser als sehr niedrig einzuordnen ist. Es wurde im Messzeitraum um rund 60% weniger Strom verbraucht, als der Energieausweis mit dem Nutzungsprofil „Kindergarten/Pflichtschule“ ausweist.

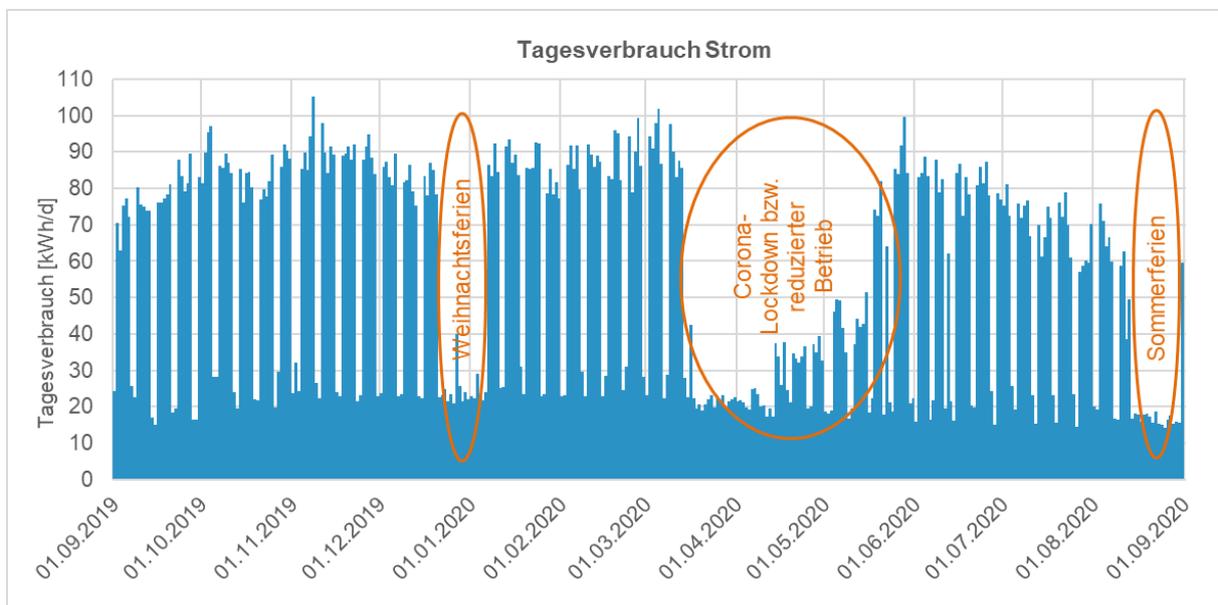


Abbildung 117: Tagesverbrauch Strom, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die maximale elektrische Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 16,3 kW, bzw. 16,3 W/m²_{BGF}. Die Strom-Grundlast beträgt ca. 0,5 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 4.600 kWh hervor (23% des Gesamtstromverbrauchs).

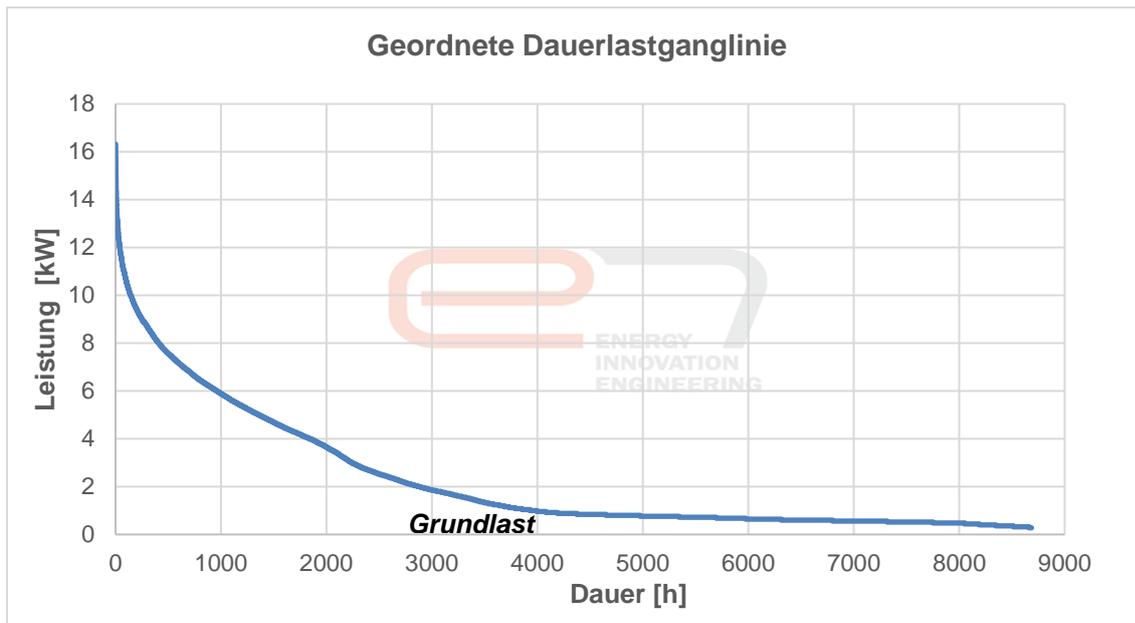
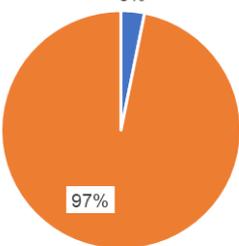


Abbildung 118: Dauerlastganglinie, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Grundlastverbrauch des Kindergartens liegt mit rund 4.600 kWh bei 23% des Gesamtstromverbrauchs. Neben der Heizungs-Umwälzpumpe sind die elektrischen Warmwasserbereiter mit ihren Wärmeverlusten als wesentliche Grundlastverbraucher zu nennen.

Tabelle 101: Kindergarten St. Paulus - Nachfragestruktur Strom

Nachfragestruktur Strom		
Heiztechnik	0,6 kWh/m ² a	Aufteilung Verbraucher <ul style="list-style-type: none"> ■ Heiztechnik ■ Betriebsstrom, Beleuchtung, Warmwasserbereitung und sonstige Verbraucher 
Betriebsstrom, Beleuchtung, Warmwasserbereitung und sonstige Verbraucher	19,2 kWh/m ² a	

Der Verbrauch der Heiztechnik (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) liegt bei einem Anteil von 3% des Gesamtstromverbrauchs. Der Anteil des Betriebsstroms inkl. Beleuchtung, Warmwasserbereitung und sonstige Verbraucher beträgt 97%.

4.12.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Gesamtstromverbrauch des Kindergartens liegt im Messzeitraum bei rund 19.700 kWh, bzw. 19,7 kWh/m²_{BGFA}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei diesem Objekt ein Einfluss des Corona-Lockdowns im Frühjahr 2020 auf den Stromverbrauch vorlag.

- Der Grundlastverbrauch des Kindergartens liegt mit rund 4.600 kWh bei 23% des Gesamtstromverbrauchs. Neben der Heizungs-Umwälzpumpe sind die elektrischen Warmwasserbereiter mit ihren Wärmeverlusten als wesentliche Grundlastverbraucher zu nennen.
- Der Stromverbrauch der Heiztechnik (hauptsächlich Strom für Umwälzpumpen) liegt bei einem Anteil von 3% des Gesamtstromverbrauchs (0,6 kWh/m²a). Der Anteil des Betriebsstroms inkl. Beleuchtung, Warmwasserbereitung und sonstige Verbraucher beträgt 97% (19,2 kWh/m²a).
- Die gesamte bereitgestellte Wärmemenge für Raumwärme liegt bei rund 88.700 kWh, bzw. 88,8 kWh/m²a. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Fernwärme, die per Fußbodenheizung für die Beheizung des Objekts sorgt (die Warmwasserbereitung erfolgt elektrisch).
- Der spezifische Heizenergieverbrauch für Raumwärme beträgt 88,8 kWh/m²a und übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; HWB + HTEB_{RH} = 66,0 kWh/m²a) um 34%. Das ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Raumtemperaturen während der Heizperiode im Kindergarten bei rund 23°C gehalten werden.

4.12.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzräume für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurden zwei übereinander liegende Gruppenräume gewählt:

- **Referenzraum Nr. 1:** 1.OG Gruppenraum Ost
- **Referenzraum Nr. 2:** Erdgeschoß Gruppenraum Ost

Tabelle 102: Kindergarten St. Paulus - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzräumen

Messzeitraum: 01. September 2019 – 31. August 2020			
Referenzraum	Nr. 1	Nr. 2	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,7	22,5	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	23,7	22,8	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	34,6	34,3	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	3%	0%	%

Die folgenden Abbildungen zeigen die Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für die Referenzräume.

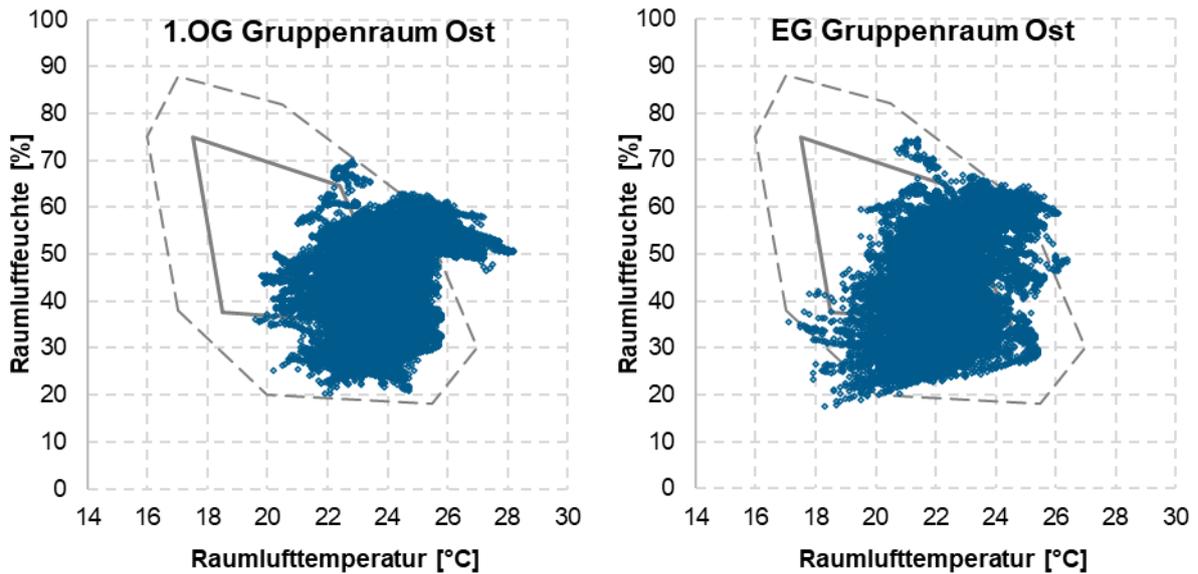


Abbildung 119: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Messzeitraum können folgende Aussagen durch das Komfortmonitoring getroffen werden:

- Generell kann für beide Referenzräume festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter während der Heizperiode weitestgehend im behaglichen Bereich befinden. Für beide Referenzräumen wurde eine mittlere Raumtemperatur während der Heizperiode von rund 23°C ermittelt. Der Gruppenraum im 1. OG weist in der Heizperiode tendenziell etwas höhere Raumtemperaturen auf (+ 1 K), als jener im EG.
- Während der Sommerperiode 2020 treten in keinem der beiden Referenzräume außergewöhnliche Überhitzungssituationen auf. Die mittlere Raumtemperatur im Sommer beträgt 23,7°C (Nr. 1) bzw. 22,8°C (Nr. 2). Ein geringer Anteil von 3% Überhitzungsstunden ($T > 26^{\circ}\text{C}$) ist im Sommer lediglich im Gruppenraum 1. OG (Nr. 1) feststellbar. Hierzu ist aber anzumerken, dass ein Großteil dieser Überhitzungsstunden in den Zeitraum der zweiwöchigen Sommerferien im August fallen, während dem der Kindergarten geschlossen hatte.

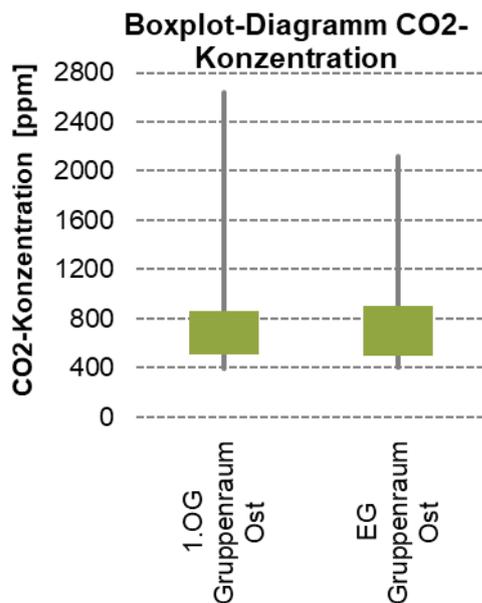


Abbildung 120: CO₂-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 120 zeigt die CO₂-Konzentration der Referenzräume als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert. Das CO₂-Monitoring zeigt, dass sich die Raumluftqualitäten in den beiden Gruppenräumen während der Hauptbetriebszeiten am Vormittag oft in einem niedrigen Bereich befinden. Diese Werte decken sich mit vielen publizierten Messergebnissen von Klassenzimmer bzw. Kindergartenräumen, die ohne mechanische Belüftung ausgestattet sind. Im nachfolgenden Kapitel werden Details zu den Messergebnissen und Optimierungsvorschläge angeführt.

4.12.7 Objektspezifisches energierelevantes Schwerpunkt-Thema

Untersuchungs-Schwerpunkt: Werden die Energiebedarfs-Kennzahlen für den Low-Tech-Kindergarten erreicht und wie verhalten sich die Luftqualitäts- und Komfortparameter im Messzeitraum?

Das zweistöckige Bauwerk weist ein Low-Tech-Konzept auf und wird, anstatt mit einer mechanischen Lüftung, nach einem Fensterlüftungskonzept, über eine Fensterlüftung per automatischer Fensterschaltung, mit Frischluft versorgt. In der Sommerperiode wird der Kindergarten zusätzlich über das Fensterlüftungskonzept gekühlt, indem eine Nutzung der kühlen Außenluft in der Nacht erfolgt.

Der spezifische Heizenergieverbrauch für Raumwärme beträgt 88,8 kWh/m²a und übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; HWB + HTEB_{RH} = 66,0 kWh/m²a) um 34%. Das ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Raumtemperaturen während der Heizperiode im Kindergarten bei rund 23°C gehalten werden (siehe Kapitel 4.12.6). Dies führt zu höheren Energieverbräuchen für Raumwärme im Vergleich zum Energieausweis (die Soll-Innentemperatur lt. Energieausweis beträgt 20°C).

Die Warmwasserbereitung erfolgt beim Kindergarten St. Paulus durch elektrische Warmwasserboiler und Untertischspeicher. Auch bei der Wahl der Beleuchtungselemente und Elektrogeräte wurde auf energieeffiziente Produkte geachtet.

Unter Gegenüberstellung des gemessenen Stromverbrauchs mit dem Strombedarf des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; WWWB + HTEB_{WW} + BelEB + BSB = 48,0 kWh/m²a) wird deutlich, dass dieser als sehr niedrig einzuordnen ist. Es wurde im Messzeitraum um rund 60% weniger Strom verbraucht, als der Energieausweis mit dem Nutzungsprofil „Kindergarten/Pflichtschule“ ausweist. Es ist darauf hinzuweisen, dass bei diesem Objekt ein Einfluss

der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch vorlag, wobei Abschätzungen zufolge auch bei einem regulären Betriebsjahr der Stromverbrauch bei etwa 50% des Energieausweiswerts liegen würde.

Die Raumkomfortmessungen in den beiden Gruppenräumen ergaben, dass sich die Komfortparameter sowohl in der Heizperiode als auch in der Sommerperiode weitestgehend im behaglichen Bereich befinden. In der Sommerperiode 2020 traten in keinem der beiden Referenzräume außergewöhnliche Überhitzungssituationen auf.

Zusammenfassend ist an dieser Stelle festzuhalten, dass sich das Low-Tech-Konzept des Kindergarten St. Paulus unter Betrachtung der Energieeffizienz- und Raumkomfortkriterien (Raumtemperatur und Luftfeuchte) als gelungen erweist.

Unten dem Gesichtspunkt der Raumluftqualität (CO₂-Konzentration) zeigt sich bei den gemessenen Gruppenräumen jedoch ein Nachteil im Vergleich zu Neubauten mit mechanischer Lüftungstechnik. Insbesondere während der Heizperiode steigen die CO₂-Konzentrationen vor allem vormittags in Bereiche, die als schlechte Raumluftqualität einzuordnen sind. Es zeigt sich, dass das automatische Fensterlüftungskonzept während den Vormittagsstunden derzeit nicht eingreift und somit die Frischluftzufuhr nur durch sporadische, manuelle Fensteröffnung durch das Kindergartenpersonal erfolgt. Letzteres passiert jedoch während der Heizperiode in zu geringem Ausmaß, was zu geringen Raumluftqualitäten führt.

Die automatische Fenstersteuerung umfasst eine zentrale Ansteuerung von insgesamt 26 Fenster im EG und 12 Fenster im OG. Darüber hinaus erfolgt tagsüber eine manuelle Bedienung einzelner Fenster durch das Kindergartenpersonal. Das Monitoring der Fensterstellungen zeigt, dass die automatische Fenstersteuerung nach folgenden Zeitprogrammen arbeitet:

- Winter (Heizperiode): Tägliche Öffnungszeit 05:00 – 06:00 Uhr (1 Stunde)
- Sommer: Tägliche Öffnungszeit 04:00 – 07:00 Uhr (3 Stunden), eine zusätzliche Nachtlüftungssteuerung nach der Außentemperatur konnte nicht festgestellt werden

Nachfolgende Abbildungen zeigen die CO₂-Konzentrationen in den beiden vermessenen Gruppenräumen inkl. der Fensterstellungen für eine ausgewählte Winter-Woche und eine Sommer-Woche. Bei der Darstellung der Fensterstellungen sind neben den periodischen Öffnungszeiten durch das Zeitprogramm der zentralen Ansteuerung auch die Zeitpunkte der manuellen Fensteröffnung ersichtlich. Dabei wird ersichtlich, dass die manuellen Fensteröffnungszeiten in der Winter-Woche sehr gering sind. Weiters fällt auf, dass die Raumluftqualität im 1. OG Gruppenraum ganzjährig etwas schlechter ist, als im EG Gruppenraum. Dies ist vermutlich auf eine höhere Personenbelegung zurückzuführen.

Im nachfolgenden Kapitel 4.12.8 werden Vorschläge zur Verbesserung der Raumluftqualität angeführt.

CO2-Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Winter-Woche: Montag 13.01. – Montag 20.01.2020:

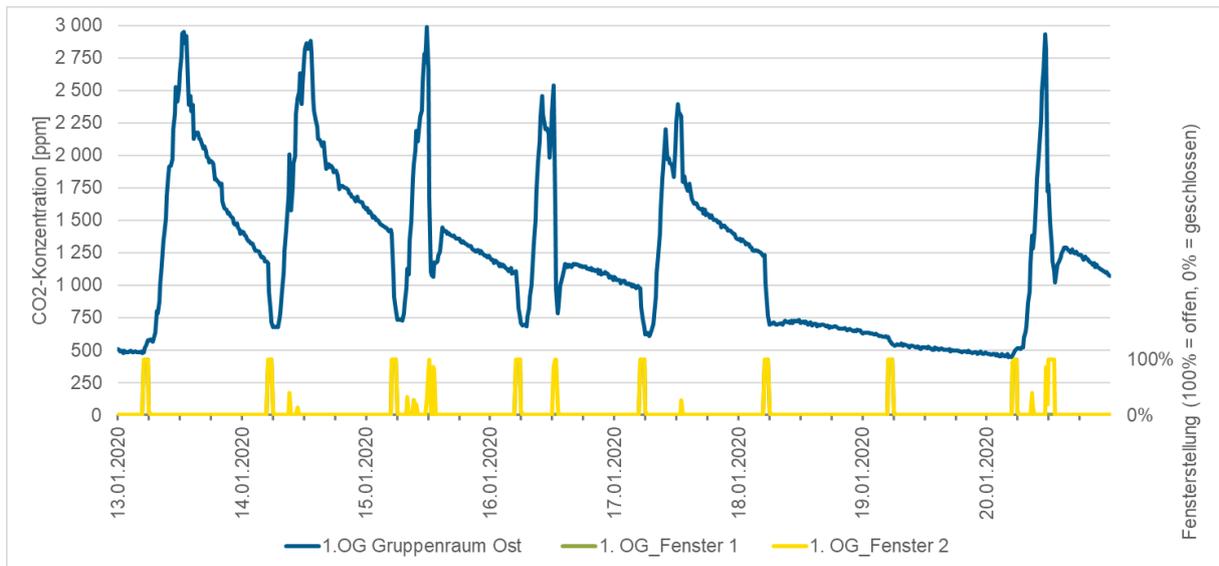


Abbildung 121: CO2-Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Winter-Woche: Montag 13.01. – Montag 20.01.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

CO2-Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020:

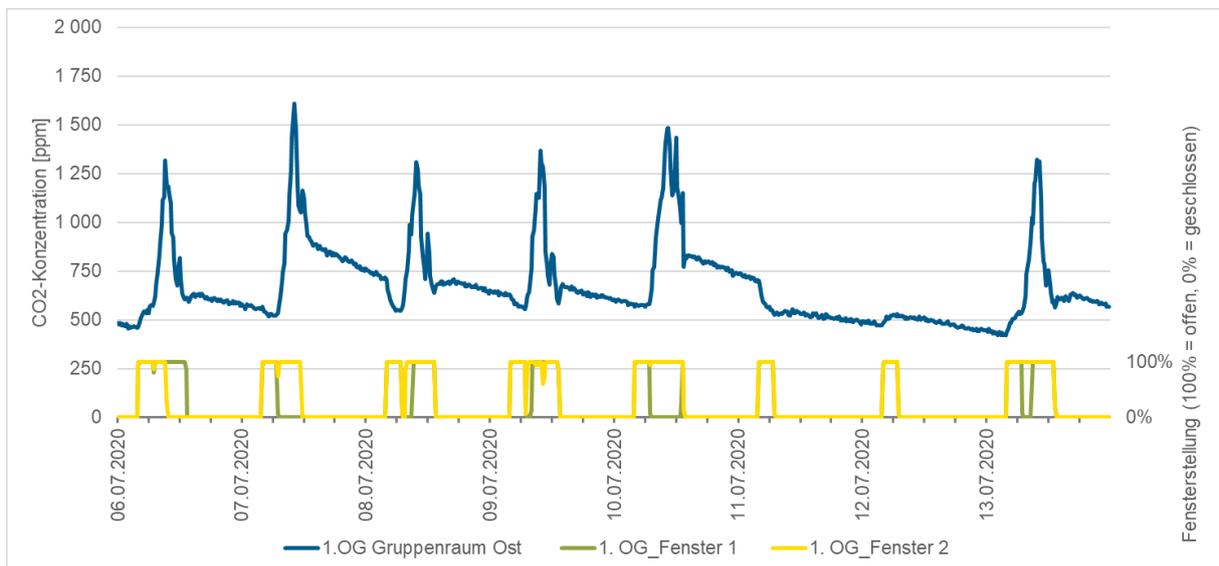


Abbildung 122: CO2-Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

CO₂-Konzentration und Fensterstellung im EG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020:

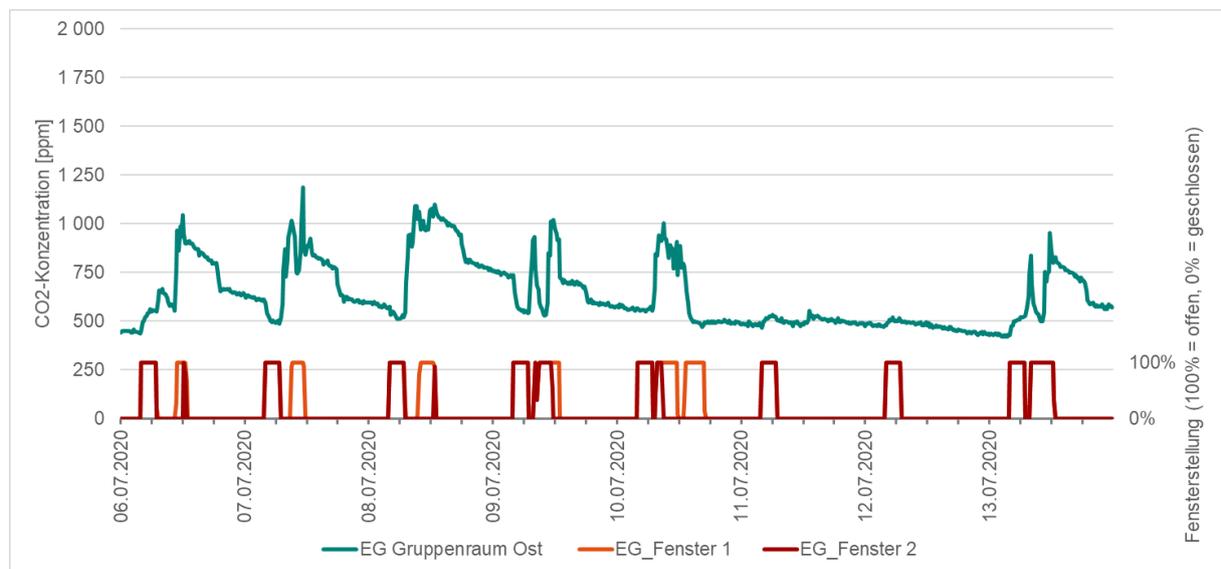


Abbildung 123: CO₂-Konzentration und Fensterstellung im EG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.12.8 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotenziale können aus den Monitoringdaten abgeleitet werden:

- **Reduktion des Wärmeverbrauchs für Raumwärme**

Die Monitoringdaten zeigen, dass das Objekt außerhalb der Nutzungszeiten (Wochenenden und z.B. Weihnachtsferien) durchgehend beheizt wird. Die Referenzräume werden auch während dieser Zeiträume auf relativ hohen Raumtemperaturen im Bereich von 23-24°C gehalten. Um die Wärmeverbräuche außerhalb der Nutzungszeiten zu reduzieren, werden folgende Optimierungen vorgeschlagen:

- Anpassung an der Regelung des Wärmeabgabesystems: Die Regelfähigkeit der eingesetzten Raumthermostate weist eine Zeitsteuerung auf. Durch Nutzung der Zeitsteuerung sollten die Raumtemperaturen an Wochenenden und Ferienzeiten abgesenkt werden. An Wochenenden erscheint eine Raumtemperatur-Absenkung um 1-2 K als zielführend, während den Ferienzeiten ist eine tiefere Raumtemperatur anzustreben (z.B. 18°C). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass am Ende der Ferien rechtzeitig mit dem Aufheizen des Gebäudes gestartet werden sollte.
- Anpassung des Fensterlüftungs-Zeitprogramms für die Heizperiode: An Samstagen und Sonntagen sollen keine automatisierten Fensterlüftungen erfolgen.

- **Optimierungsvorschläge zur Steigerung der Raumluftqualität**

- Nutzung der zentralen Fenstersteuerung: Implementierung automatisierter Stoßlüft-Sequenzen per Zeitprogramm während der Betriebstage Montag bis Freitag. Durch mehrmaliges, kurzes Stoßlüften (ca. 5 Minuten) verteilt über die Hauptbetriebszeiten 8 bis 14 Uhr kann eine deutliche Verbesserung der Raumluftqualität erzielt werden.
- Anbringung von Lüftungsampeln in den Aufenthaltsräumen des Kindergartens: Die Lüftungsampel³¹ ist ein kleines Mess- und Anzeigegerät, das in den Aufenthaltsräumen montiert werden kann. Es hat eine gut sichtbare Anzeige der aktuellen CO₂-Konzentration als Zahlenwert und informiert zusätzlich über Signallämpchen selbsterklärend über die Notwendigkeit des Lüftens, ähnlich einer Verkehrsampel. Grünes Licht bedeutet „Gute Luft“, gelb zeigt an, dass eine verstärkte Lüftung wünschenswert wäre und rotes Licht signalisiert die sofortige Notwendigkeit einer verstärkten Luftzufuhr (z.B. Fenster öffnen). Das Kindergartenpersonal wird damit über die aktuelle Qualität der Raumluft informiert und kann individuell mittels manueller Fensterlüftung für Frischluftzufuhr sorgen.

4.12.9 Erfahrungen des Gebäudeeigentümers und soziale Wirkungen

Tabelle 103: Kindergarten St. Paulus - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Kindergarten
Integraler Planungsprozess	Der Eigentümer hat den Planungsprozess geleitet.
Technische Betriebsführung	Eigene Betriebsführung
Energiemonitoring	Eigenes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird. Darüber hinaus wurden Monitoringinstrumente für die Erfassung der Raumkonditionen und die Fenstersteuerung installiert.

Das Ziel der Kinderbetreuung St. Paulus ist es, jedem Kind zu seiner eigenen Ausdrucksform zu verhelfen und ihm dafür die passenden Rahmenbedingungen bereitzustellen. Mit den freundlichen, lichtdurchfluteten Gruppenräumen, die entsprechend der Reggiopädagogik gestaltet sind, wird der Kindergarten diesen Zielsetzungen gerecht und schafft den Kindern viele Möglichkeiten zur individuellen Entfaltung.

Das Kindergartenpersonal (Trägerschaft Caritas) schätzt die Haustechnik – beispielsweise werden in diesem Zusammenhang die unkomplizierte Bedienung der Heizungsregelung oder die Möglichkeit der individuellen Fensteröffnung hervorgehoben.

Die NHT errichtet bei Neubau- und Sanierungsobjekten standardmäßig eine Energiemonitoring-Infrastruktur. Im vorliegenden Objekt erfolgt die Erfassung der Betriebsparameter und Energieflüsse in Kombination mit der Gebäudeautomation. Die Daten des Energiesystems werden im 15-Minutenintervall gesichert und stehen für eine regelmäßige Anlagenüberwachung und Analyse zur Verfügung, um einen langfristig nachhaltigen Betrieb der Objekte gewährleisten zu können.

³¹ Produktdetails: <http://www.innenraumanalytik.at/lueftungsampel/lueamp1.html>

4.13 Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft

Tabelle 104: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung

Neubau: Büro- und Verwaltungsgebäude, Mietbereich Bundesimmobiliengesellschaft (BIG), ein Bauteil des Bürostandorts DENK DREI B & C im VIERTEL ZWEI		
Objektnutzung: Bürogebäude	Standort: Trabrennstraße 2c, 1020 Wien	Fertigstellung: 2017
 <p>Abbildung 124: Konzernzentrale BIG, Süd-West-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)</p>	 <p>Abbildung 125: Konzernzentrale BIG, Süd-West-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)</p>	 <p>Abbildung 126: Konzernzentrale BIG, Süd-Ost-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)</p>

Im Wiener Stadtentwicklungsgebiet VIERTEL ZWEI wurde 2017 das Bürogebäude DENK DREI fertiggestellt. Das Gebäude kombiniert moderne Architektur und durchdachte Technik und bietet somit zukunftsweisende Arbeitsplätze u. a. für die Konzernzentrale der Bundesimmobiliengesellschaft BIG. Der hohe Grad an natürlicher Belichtung erlaubt eine optimale Darstellung aller Belegungsformen, welche zudem höchst flexibel gestaltet- und änderbar sind.

Das achtstöckige Bauwerk wird durch das Kraftwerk Krieau mit Wärme und Kälte versorgt. Die im Bürogebäude anfallende Schmutzwasserenergie wird im Kraftwerk zur Wärmebereitstellung genutzt. Die Büroflächen sind vollkonditioniert und erlauben eine individuelle Konditionierung in Verbindung mit einer intelligenten Gebäudeleittechnik. Das Gebäude wurde ÖGNI Platin zertifiziert.

Tabelle 105: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Daten und Kontakt

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)		Kontakt
BGF	ca. 10.600 m ²	Mietbereich BIG: Bundesimmobiliengesellschaft m.b.H.
HWB (SK)	23,8 kWh/m ² a	
Architektur	Chaix & Morel et associés atelier d'architecture	
		Name: Bernd Ebner
		Web: www.big.at

4.13.1 Besonderheiten der Gebäudehülle und Konstruktion

- Mittelschwere Massivbauweise im Niedrigenergiestandard, 8-geschoßig
- Flexible Grundrissgestaltung durch 2-Fensterachsenprinzip
- Vollkonditionierte Büroflächen
- 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit innenliegendem Blendschutz
- Sehr Kompakte Bauweise, $A/V = 0,22 [1/m]$, charakteristische Länge 4,59 [m]

4.13.2 Gebäudetechnik und Messkonzept

Tabelle 106: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Gebäudetechnik

Gebäudetechnik	
Heizung	Nahwärme-Versorgung über das Kraftwerk Krieau; die Anbindung erfolgt direkt (ohne Wärmetauscher-Trennung) m Niedertemperatur-Netz (Nenn-Temperaturen 60/35°C)
Brauch-Warmwasser	Dezentrale elektrische Warmwasserbereitung
Kühlung	Kälte-Versorgung über das Kraftwerk Krieau; die Anbindung erfolgt direkt (ohne Wärmetauscher-Trennung) m Niedertemperatur-Netz (Nenn-Temperaturen 6/10°C)
Wärmeabgabesystem	Büroflächen: Heizkörper, die bei jeder zweiten Fensterachse angeordnet sind (440 kW); Lobby: Radiatoren, Fußbodenheizung und Torluftschleier
Kälteabgabesystem	Deckennahe Kühldecke und ggf. Fan-Coils (z.B. LAN-Räume), Klimaanlage
Lüftungstechnik	Mechanische Be- und Entlüftung mit zentralen Klima- und Teilklimaanlagen mit Rotationswärmetauscher. Die Zuluft einbringung erfolgt über Drallauslässe bzw. Öffnungen im luftgeführten Doppelboden.
Elektrische Energie	Öffentliches Netz

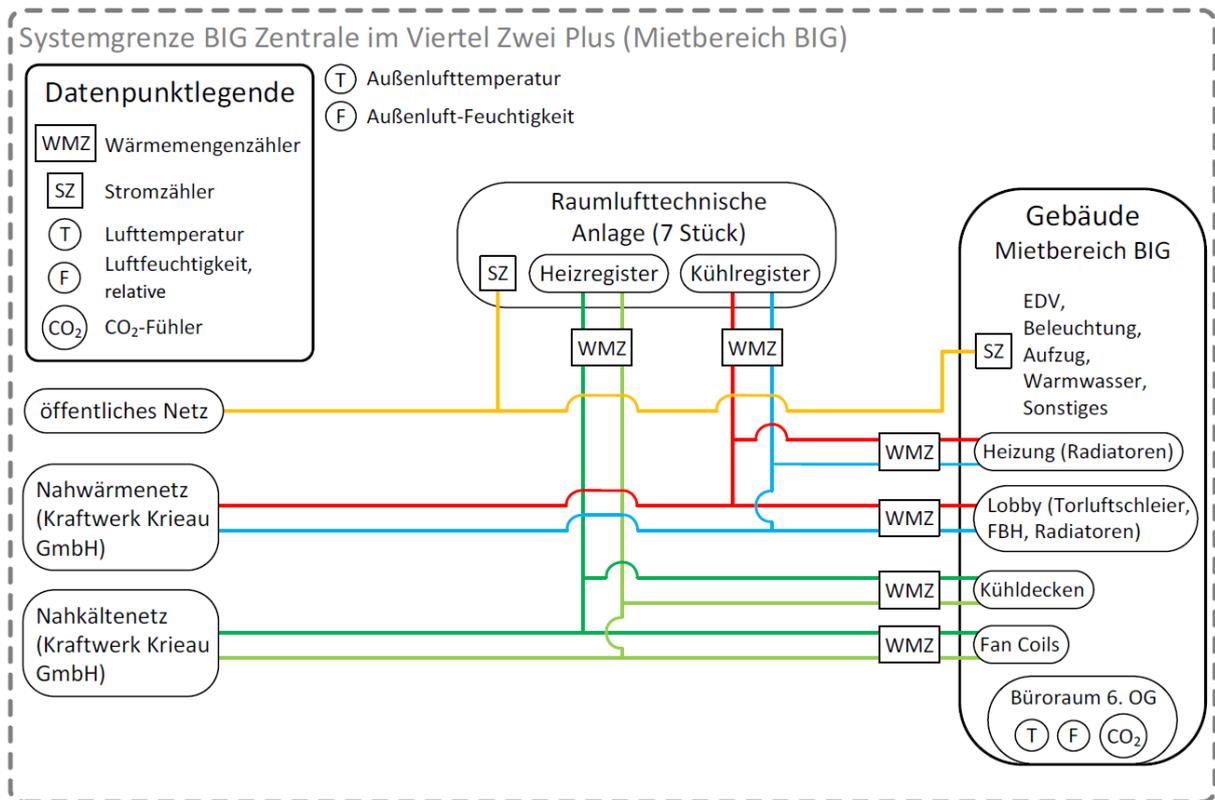


Abbildung 127: Prinzipschema Konzernzentrale BIG, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.13.3 Energietechnische Kenngrößen

Tabelle 107: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Energietechnische Kennzahlen

Messzeitraum: 01. Juli 2019 – 30. Juni 2020		
Bezugsgröße aller Kennwerte: Konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF)	10 600 ³²	m ²
HGT _{20/12} lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011	3 454	Kd
HGT _{20/12} lt. Messung	2 241	Kd
HGT _{23,8/14} lt. Messung	3 120	Kd
Heizenergiebedarf lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011 (Raumwärme u. Raumluftechnik, ohne Warmwasser)	23,9	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch (Raumwärme u. Raumluftechnik, ohne Warmwasser)	48,3	kWh/m ² a
Heizenergieverbrauch, HGT-bereinigt (Raumwärme u. Raumluftechnik, ohne Warmwasser)	52,9	kWh/m ² a
Kühlbedarf lt. Energieausweis nach OIB-Richtlinien 2011 (KEB)	26,8	kWh/m ² a
Kühlenergieverbrauch	28,0	kWh/m ² a
Stromverbrauch	37,5	kWh/m ² a
<i>Raumluftechnik (Lüftungsanlagen)</i>	12,4	kWh/m ² a
<i>Betriebsstrom Büros, Beleuchtung, Warmwasserbereitung, EDV, Lift & sonstige Verbraucher</i>	25,1	kWh/m ² a
Endenergieverbrauch (Lieferenergieverbrauch)	113,8	kWh/m ² a

³² Berechnete konditionierte Brutto-Grundfläche für den Mietbereich BIG (Nettomietfläche: 8 877 m²)

Abbildung 128 zeigt die Monatsbilanz der Energieerzeuger von Juli 2019 bis Juni 2020. Der monatliche Strom-Netzbezug der Konzernzentrale BIG verhält sich während den Regel-Betriebsmonaten weitgehend konstant im Bereich von 35 MWh pro Monat. Die Deckung des Wärmeverbrauchs für Raumwärme und Raumlifttechnik erfolgt durch Nahwärme des Kraftwerks Krieau und folgt dem jahreszeitlichen Außentemperaturverlauf. Zusätzlich wird in den Sommermonaten Wärmeenergie für die Entfeuchtung der Zuluft bei den Lüftungsanlagen benötigt.

In der unterhalb dargestellten Abbildung 128 wird der Einfluss der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch ersichtlich. Die Stromverbrauchsdaten des Messzeitraums zeigen, dass der Bürobau im Zeitraum Mitte März bis Ende Mai 2020 einem reduzierten Betrieb (Homeoffice) unterlag und deshalb einen verringerten Stromverbrauch aufwies.

Erwartungsgemäß erfolgt der maßgebliche Bezug an Kälteenergie in den Sommermonaten. Außerhalb der Sommermonate beschränkt sich der Kälteverbrauch auf die Kühlung der LAN-Räume.

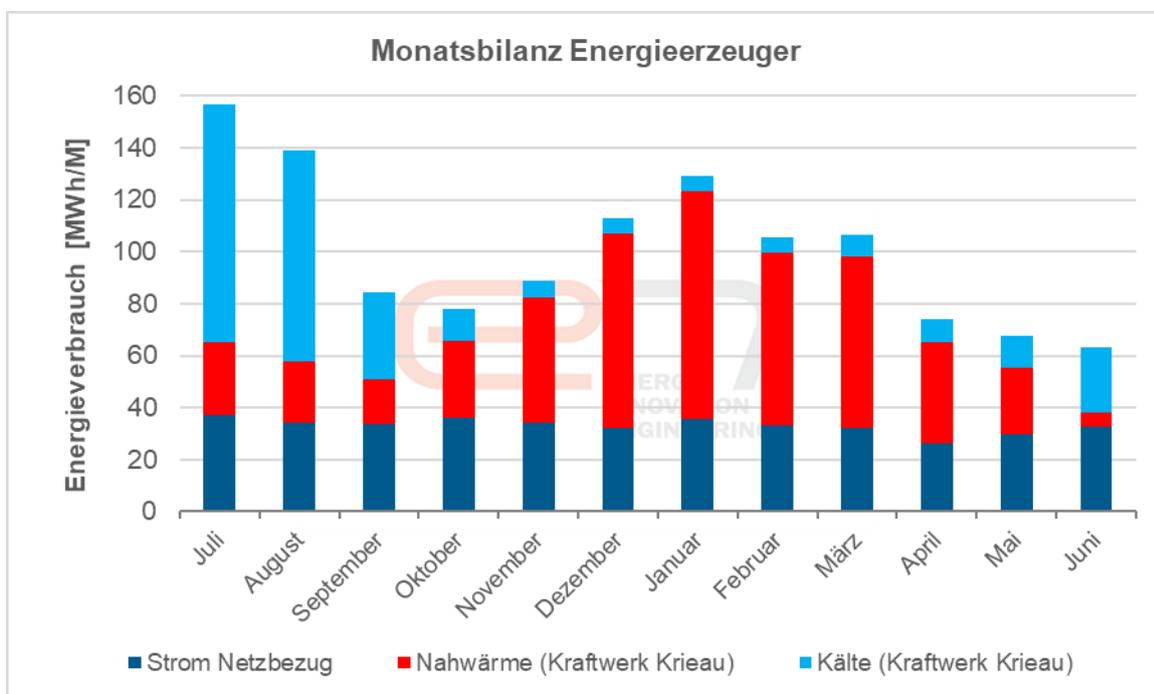


Abbildung 128: Energiebilanz Energieerzeuger, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Abbildung 129 stellt die Aufteilung der Energieerzeugung für den Messzeitraum dar:

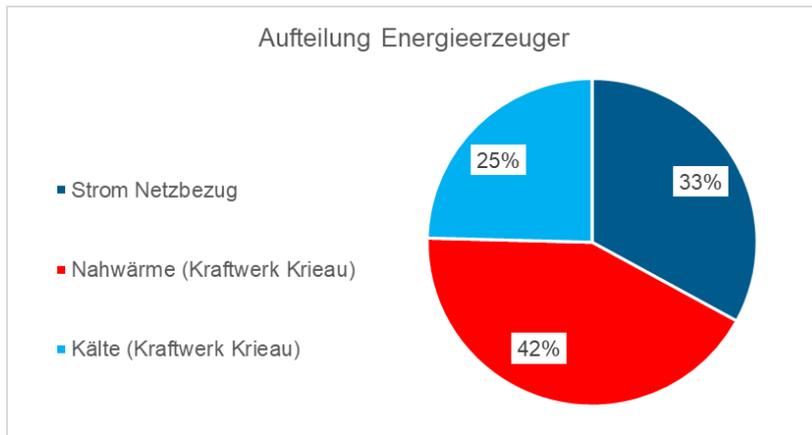


Abbildung 129: Jahresverbrauch Endenergie Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Der Strom-Netzbezug des Mietbereichs BIG beträgt 33% der gesamten Endenergiemenge. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Nahwärme vom Kraftwerk Krieau (42% des Gesamtenergieverbrauchs), die Kältebereitstellung durch Kältelieferung vom Kraftwerk Krieau (25% des Gesamtenergieverbrauchs).

Kraftwerk Krieau

Mit dem Kraftwerk Krieau³³ werden direkt am Stadtentwicklungsgebiet die Energiequellen Geothermie, Grundwasser, Abwärme, Abwasser, Solarenergie (Photovoltaik) intelligent genutzt. Für die Heizperiode sorgt zusätzlich ein Gaskessel als Backup bei höheren Wärmelasten. Durch den "grünen Energieverbund" ist es möglich, Bedarfsspitzen abzufedern und den Energiekreislauf im Netz bewusst zu steuern. So entstehen signifikante Einsparungen bei CO₂-Emissionen und Energieeinsatz im Vergleich zu herkömmlichen Energieversorgungslösungen. Der Kunde bezieht die am Standort produzierte grüne Energie für Wärme und Kälte zu einem fairen, marktgerechten Preis.

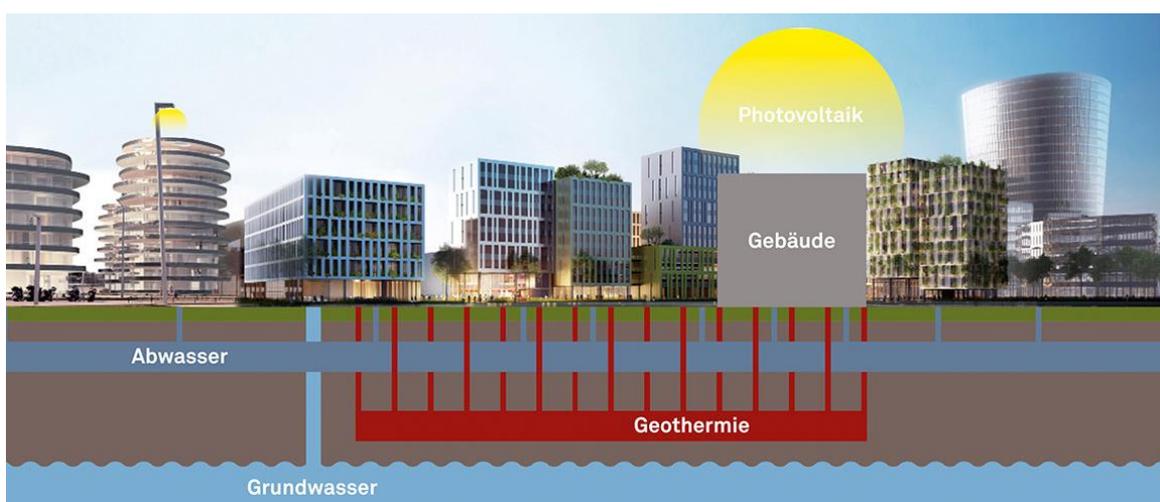


Abbildung 130: Prinzipschema Kraftwerk Krieau (Quelle: <https://energie-krieau.at/>; abgerufen am 07.01.2021)

³³ Weiterführende Informationen: <https://energie-krieau.at/>

4.13.4 Energie-Nachfragestruktur

4.13.4.1 Nachfragestruktur Wärme

Tabelle 108: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Wärme



Der Gesamt-Wärmeverbrauch im Messzeitraum Juli 2019 – Juni 2020 beträgt rund 511,5 MWh. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Nahwärme vom Kraftwerk Krieau, die in den Büroflächen per Radiatoren und in der Lobby (rund 4% der Gesamt-BGF) per Radiatoren, Fußbodenheizung und Torluftscheiler eingebracht wird. Die Warmwasserbereitung für den Mietbereich der BIG erfolgt ausschließlich dezentral durch Elektro-Warmwasserspeicher, weshalb für die Warmwasserbereitung Strom verwendet wird. Der Energieverbrauch für Warmwasser ist somit der Verbrauchskategorie „Strom“ zuzuordnen.

Der spezifische Heizenergieverbrauch für Raumwärme und Raumluftechnik beträgt 48,3 kWh/m²a. Ein Anteil von 19,6 kWh/m²a bzw. 40% des Gesamtwärmeverbrauchs sind den Lüftungsanlagen (Klima- und Teilklimaanlagen mit Rotationswärmetauscher) zuzurechnen. Auffällig ist, dass durch die die Lüftungsanlagen mit Vollklimatisierung in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) einen Wärmeverbrauch von 5,3 kWh/m²a (11% des jährlichen Gesamt-Wärmeverbrauchs) für die Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung hervorrufen.

Der gemessene Heizenergieverbrauch für Raumwärme und Raumluftechnik mit 48,3 kWh/m²a übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; HEB - WWWB - HTEB_{WW} = 23,89 kWh/m²a) um mehr als 100%. Der HGT bereinigte Heizenergieverbrauch liegt bei 53,4 kWh/m²a.

Nachfolgende Abbildung 131 zeigt die monatliche Wärme-Nachfragestruktur.

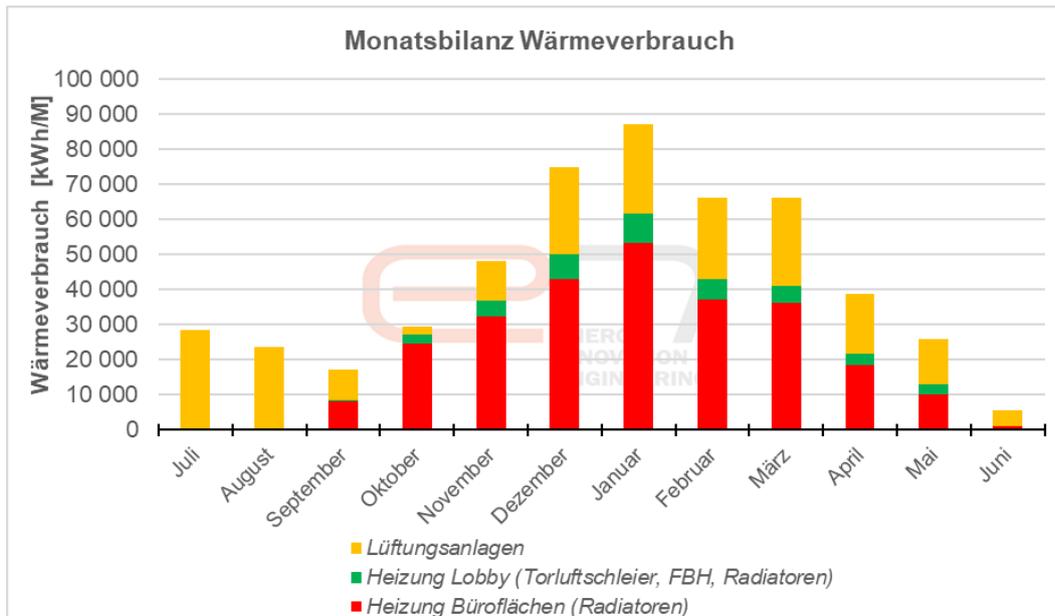


Abbildung 131: Monatlicher Verbrauch Wärme, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Bei detaillierter Betrachtung des Energieausweises fällt auf, dass die Raumlufttechnik nicht mit Vollklima-Funktion berechnet wurde, was eine Abweichung zu den umgesetzten Anlagen darstellt. Dies ist ein Grund für die deutlich höheren Wärmeverbräuchen im Vergleich zum Energieausweis. Die mittleren Raumtemperaturen des Referenzraums im 6. OG betragen während der Heizperiode 23,8°C (siehe Kapitel 4.13.6). Dies ist ein weiterer bedeutender Grund für erhöhte Wärmeverbräuche im Vergleich zum Energieausweis (die Soll-Innentemperatur lt. Energieausweis beträgt 20°C). Weiters kann bei dem Objekt auch eine Beeinflussung durch die Corona-Pandemie vorliegen. Die Messungen zeigen, dass das Objekt im Zeitraum Mitte März bis Juni 2020 einer teils stark reduzierten Nutzung unterlag (Homeoffice), jedoch die Objekt-Beheizung aufrecht gehalten wurde. Während diesen Zeiten waren die internen Wärmegewinne (Personen, EDV, Beleuchtung, usw.) deutlich geringer, was vermutlich einen höheren Wärmeverbrauch hervorrief.

4.13.4.2 Nachfragestruktur Kälte

Tabelle 109: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Kälte



Der Gesamt-Kälteverbrauch im Messzeitraum Juli 2019 – Juni 2020 beträgt rund 296,4 MWh, welcher durch das Kältenetz des Kraftwerks Krieau bereitgestellt wird.

Die Kälteabgabe erfolgt durch Kühldecken zu einem Verbrauchsanteil von 45% an der gesamt verbrauchten Kältemenge, durch die Raumluftechnik (Teil- und Vollklimaanlagen) zu 42% und durch Fan Coils (hauptsächlich für LAN-Räume) zu einem Anteil von 13%.

Im Messzeitraum beträgt der spezifische Kühlenergieverbrauch 28,0 kWh/m²a und liegt somit nur geringfügig über den ausgewiesene Kühlenergiebedarf laut Energieausweis mit 26,8 kWh/m²a.

Abbildung 132 zeigt den monatlichen Kälteverbrauch. Erwartungsgemäß liegt ein deutlich erhöhter Verbrauch während der Sommermonate vor.

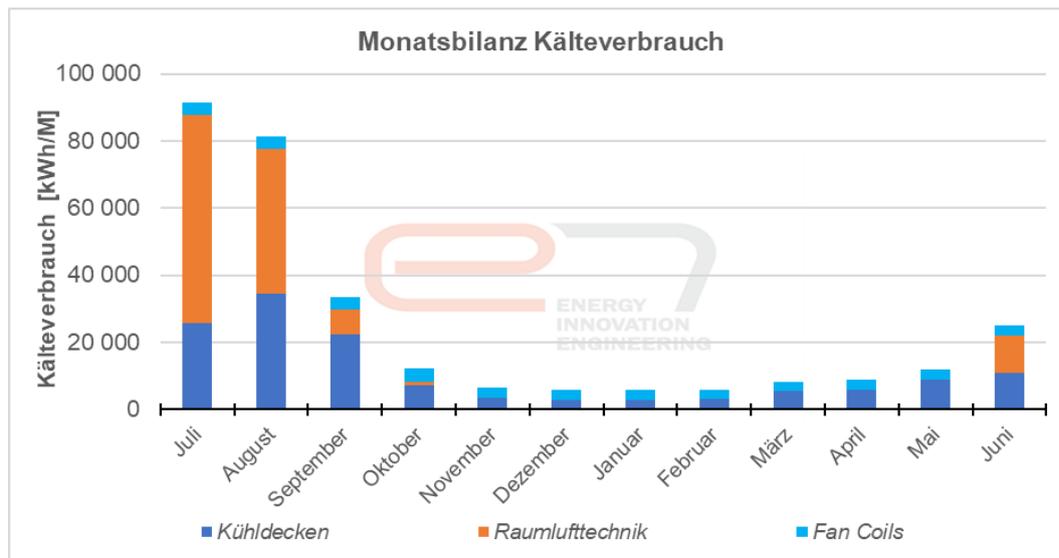


Abbildung 132: Monatlicher Verbrauch Kälte, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.13.4.3 Stromverbrauch und Benchmarks

Tabelle 110: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast

Messzeitraum: 1.7.2019 – 30.6.2020		
Spezifischer Gesamt-Stromverbrauch	37,5	kWh/m ² a
Spezifische maximale Strom-Leistung	13,1	W/m ²
Spezifische Strom-Grundlast	1,6	W/m ²

Der Gesamtstromverbrauch der BIG-Zentrale liegt im Messzeitraum bei rund 398 MWh, bzw. 37,5 kWh/m²_{BGFA}. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei diesem Objekt ein Einfluss der Corona-Pandemie auf den Stromverbrauch vorlag. Während der Monate März bis Juni 2020 sind geringere Stromverbräuche im Bereich Betriebsstrom Büro (inkl. Beleuchtung, Warmwasserbereitung, EDV, Lift, u.ä.) durch Homeoffice zu verzeichnen (siehe nachfolgende Abbildung 133). Unter der Annahme, dass das Bürogebäude den Regelbetrieb im Frühjahr 2020 aufrecht gehalten hätte, so wäre der Gesamtstromverbrauch für den Messzeitraum um mindestens 5% höher ausgefallen. Auffällig ist, dass der Betrieb der Gebäudetechnik (z.B. Lüftungsanlagen) weitgehend unverändert lief und daher diese Verbräuche sehr konstant ausfielen.

Unter Gegenüberstellung des gemessenen Stromverbrauchs mit dem Strombedarf des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; $WWWB + HTEB_{WW} + BelEB + BSB = 54,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) wird deutlich, dass dieser als sehr niedrig einzuordnen ist. Es wurde im Messzeitraum um rund 30% weniger Strom verbraucht, als der Energieausweis mit dem Nutzungsprofil „Bürogebäude“ ausweist.

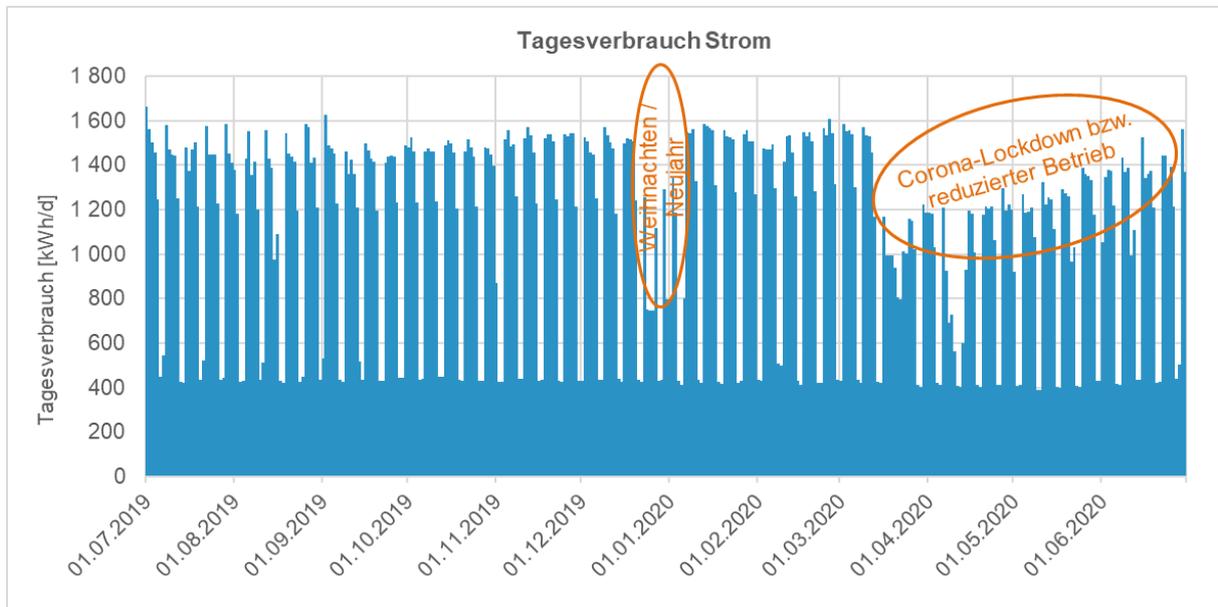


Abbildung 133: Tagesverbrauch Strom, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die maximale elektrische Bezugsleistung der 15-Minuten-Werte beträgt rund 139 kW, bzw. $13,1 \text{ W/m}^2_{BGF}$. Die Strom-Grundlast für beträgt ca. 17,4 kW und ruft einen jährlichen Grundlastverbrauch von rund 153 MWh hervor (38% des Gesamtstromverbrauchs).

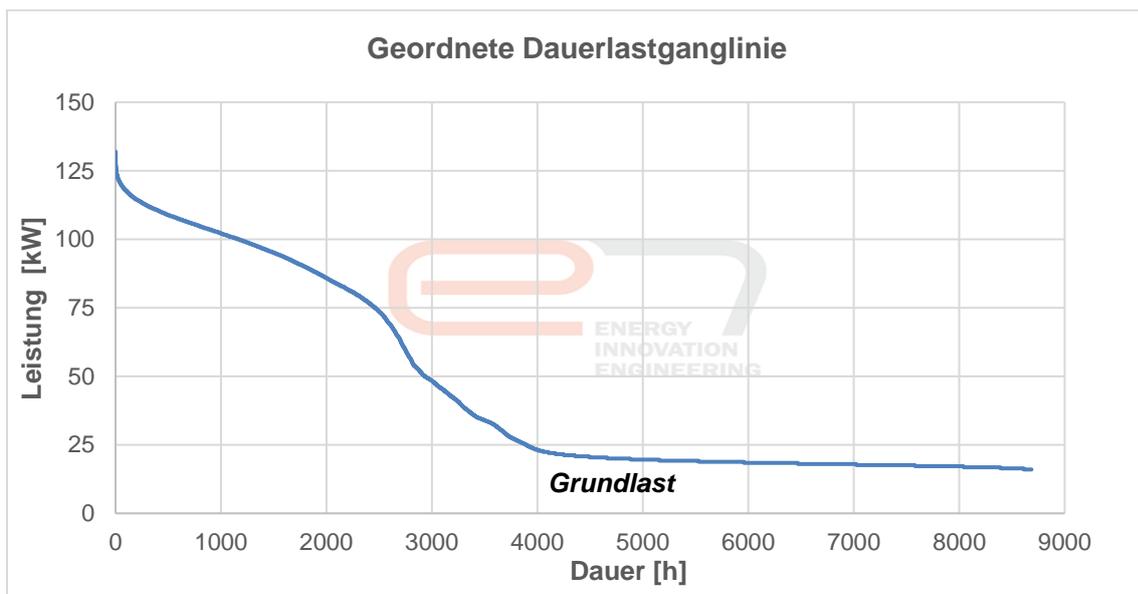


Abbildung 134: Dauerlastganglinie, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Tabelle 111: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Strom



Der Verbrauch der Raumluftechnik liegt bei einem Anteil von 33% des Gesamtstromverbrauchs. Nachfolgende Abbildung zeigt den monatlichen Stromverbrauch.

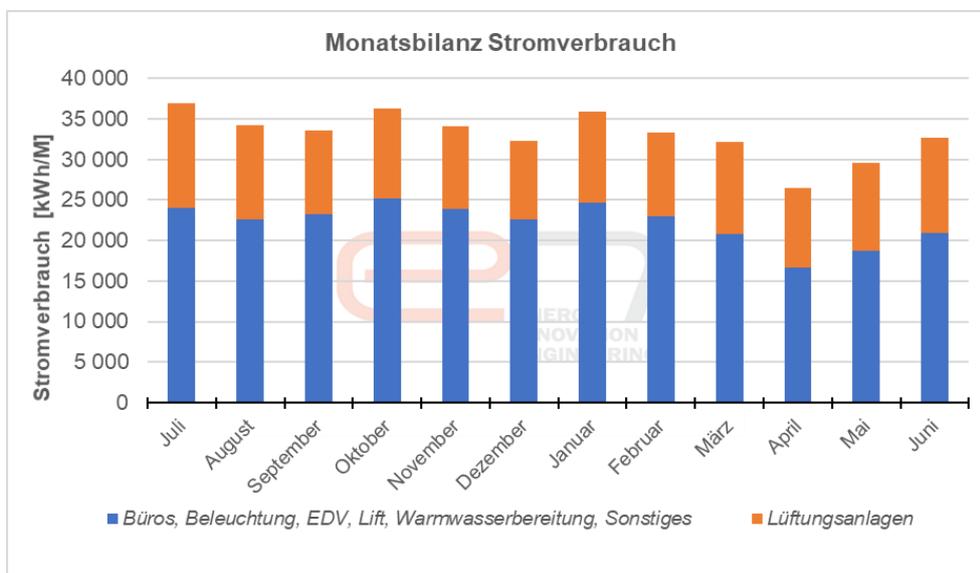


Abbildung 135: Monatlicher Verbrauch Strom, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.13.5 Ergebnisse Energiemonitoring

- Gesamtstromverbrauch der Konzernzentrale BIG liegt im Messzeitraum bei rund 398 MWh, bzw. 37,5 kWh/m²a. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Die Stromverbrauch-Analysen verdeutlichen, dass die Stromverbräuche als sehr niedrig einzuordnen sind. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass bei diesem Objekt ein Einfluss des Corona-Lockdowns im Frühjahr 2020 auf den Stromverbrauch vorlag.
- Der Strom-Grundlastverbrauch liegt mit rund 153 MWh bei 38% des Gesamtstromverbrauchs.
- Der Stromverbrauch der Raumluftechnik (Teil- und Vollklimaanlagen) liegt bei einem Anteil von 33% des Gesamtstromverbrauchs (12,4 kWh/m²a). Der Anteil des Betriebsstroms inkl. Beleuchtung, Warmwasserbereitung, EDV, Lift und sonstige Verbraucher beträgt 67% (25,1 kWh/m²a).

- Die gesamte bereitgestellte Wärmemenge für Raumwärme und Raumluftechnik liegt bei rund 511,5 MWh, bzw. 48,3 kWh/m²a. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch Nahwärme vom Kraftwerk Krieau, die hauptsächlich per Radiatoren für die Beheizung des Objekts sorgt (die Warmwasserbereitung erfolgt elektrisch).
- Der spezifische Heizenergieverbrauch für Raumwärme und Raumluftechnik beträgt 48,3 kWh/m²a und übersteigt somit den berechneten Heizenergieverbrauch des Energieausweises (erstellt nach OIB-Richtlinien 2011; HEB - WWWB - HTEB_{WW} = 23,89 kWh/m²a) um mehr als 100%. Als wesentliche Gründe für den deutlich höheren Wärmeverbrauch sind zum einen die Raumluftechnik mit Vollklima-Funktion und zum anderen die relativ hohen Raumtemperaturen während der Heizperiode (Referenz-Büroraum 6. OG, mittlere Raumtemperatur während der Heizperiode beträgt 23,8°C) zu nennen. Weiters kann bei dem Objekt auch eine Beeinflussung durch die Corona-Pandemie vorliegen. Die Messungen zeigen, dass das Objekt im Zeitraum Mitte März bis Juni 2020 einer teils stark reduzierten Nutzung unterlag (Homeoffice), jedoch die Objekt-Beheizung aufrecht gehalten wurde. Während diesen Zeiten waren die internen Wärmegewinne (Personen, EDV, Beleuchtung, usw.) deutlich geringer, was vermutlich auch einen etwas höheren Wärmeverbrauch hervorrief.
- Die gesamte bereitgestellte Kältemenge liegt bei rund 296,4 MWh, bzw. 28,0 kWh/m²a. Die Kältebereitstellung erfolgt durch das Kraftwerk Krieau. Der gemessene Kälteverbrauch entspricht in etwa dem berechneten Kältebedarf laut Energieausweis.

4.13.6 Komfort- und CO₂-Monitoring

Als Referenzraum für das Komfort- und CO₂-Monitoring wurde ein Büroraum gewählt:

- **Referenzraum:** 6.OG Büroraum mit 2 Büro-Arbeitsplätzen, Orientierung Nord-Ost

Tabelle 112: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Komfort- und CO₂-Monitoring in Referenzraum

Messzeitraum: 1. Juli 2019 – 30. Juni 2020		
Referenzraum	Büro 6. OG	
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode (Nov. - April)	23,8	°C
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten (Mai - Okt.)	24,3	°C
Mittlere Raumluftfeuchte in der Heizperiode (Nov. - April)	41,8	%
Anteil der Überhitzungsstunden (T > 26°C) an der Gesamtjahresstundenanzahl	4	%
Anteil der CO ₂ Konzentration (CO ₂ >1000ppm) an der Gesamtjahresstundenanzahl	0	%

Die folgende Abbildung zeigt die Temperatur und Feuchte (15-Minuten Aufzeichnungsintervall) für den Referenzraum.

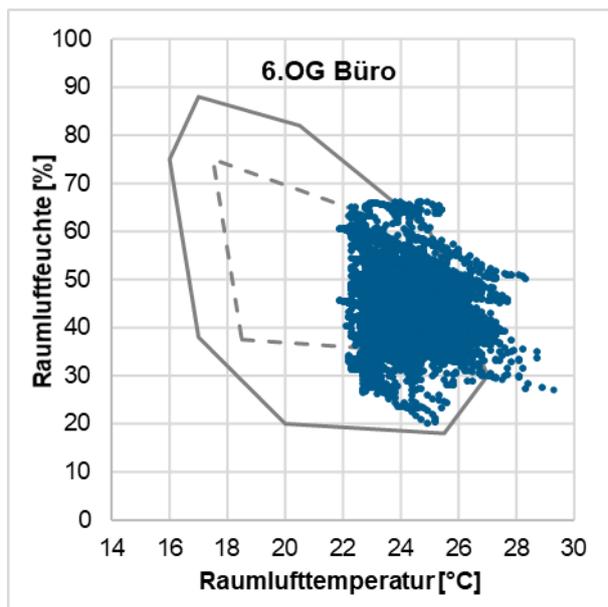


Abbildung 136: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Konzernzentrale BIG, Referenzraum Büro 6.OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Für den Referenzraum kann festgestellt werden, dass sich die Komfortparameter **ganzjährig** weitestgehend im **behaglichen Bereich** befinden. Insbesondere die Raumluftfeuchte bewegt sich im Messzeitraum weitestgehend im komfortablen Bereich von 30 – 60%. Die Raumtemperatur unterschreitet kaum 22°C. Die mittlere Raumtemperatur während der Heizperiode beträgt 23,8°C, was als sehr warm bewertet werden kann. Während der Sommerperiode treten geringfügig höhere Raumtemperaturen auf, was zu einer etwas höheren mittleren Raumtemperatur von 24,3°C führt.

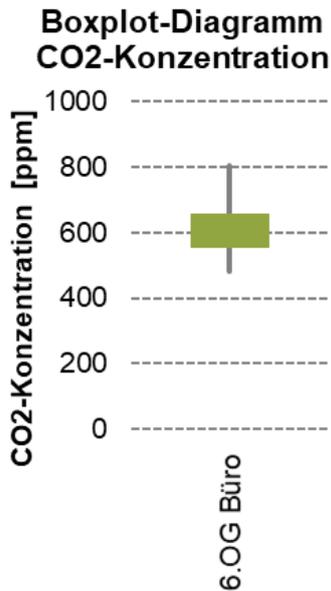


Abbildung 137 zeigt die CO₂-Konzentration des Referenzraums als Box-Plot- Diagramm. Das grüne Feld begrenzt den Bereich zwischen dem ersten und dritten Quartil, die Linien zeigen den Bereich zwischen Minimal- und Maximalwert. Dabei zeigt sich, dass während des Messzeitraums eine hohe Raumluftqualität vorherrschte. Die CO₂-Konzentration liegt ganzjährig unter 800 ppm, was darauf schließen lässt, dass die Raumlufttechnik dieser Bereiche hinsichtlich Raumluftqualität sehr zufriedenstellend arbeitet.

Abbildung 137: CO₂-Konzentration Referenzraum Büro 6.OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

4.13.7 Optimierungspotentiale

Folgende Optimierungspotenziale können aus den Monitoringdaten abgeleitet werden:

- **Reduktion des Wärmeverbrauchs für Raumwärme**

Die Monitoringdaten zeigen, dass das Objekt außerhalb der Nutzungszeiten (z.B. Wochenenden, Betriebsurlaubszeiten) durchgehend beheizt wird. Der Referenzraum wird während der gesamten Heizperiode auf relativ hohen Raumtemperaturen im Bereich von 23-25°C gehalten. Um die Wärmeverbräuche zu reduzieren, werden folgende Optimierungen vorgeschlagen:

- Absenkung der Raumtemperatur während der Heizperiode in Absprache mit den NutzerInnen
- Außerhalb der Nutzungszeiten (z.B. Wochenenden oder Betriebsurlaub): Durch Nutzung der Zeitsteuerung an der Gebäudeleittechnik sollten die Raumtemperaturen an Wochenenden und Betriebsurlaubszeiten abgesenkt werden. An Wochenenden erscheint eine Raumtemperatur-Absenkung um 1-2 K als zielführend, während der Betriebsurlaubszeiten ist eine tiefere Raumtemperatur anzustreben (z.B. 18°C). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass am Ende des Betriebsurlaubs rechtzeitig mit dem Aufheizen des Gebäudes gestartet werden sollte.

- **Reduktion des Wärmeverbrauchs für Klimatisierung**

Das Monitoring verdeutlicht, dass durch die die Lüftungsanlagen mit Vollklimatisierung in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) ein Verbrauchsanteil von 11% des Gesamtjahres-Wärmeverbrauchs für die Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung bezogen wird. Um den Wärmeverbrauch für Entfeuchtungszwecke zu reduzieren, wird eine Anpassung der Soll-Zuluftfeuchte empfohlen. Darüber hinaus kann durch diese Maßnahme auch Kälteenergie eingespart werden.

- **Reduktion des Kälteverbrauchs während der Heizperiode**

Während der Wintermonate fallen geringe Kälteverbräuche bei den Kühldecken an. Es wird empfohlen, eine Untersuchung hinsichtlich der Herkunft dieser Verbräuche anzustellen. Sollte sich herausstellen, dass in den Wintermonaten bei den Kühldecken keine Nachfrage besteht und dass die verzeichneten Verbräuche durch Verteilverluste entstehen, ist die Deaktivierung von nicht benötigten Kälte-Verbrauchersträngen zu empfehlen. Diese Maßnahme reduziert nicht nur den Kälteverbrauch, sondern auch den Heizenergieverbrauch sowie den Stromverbrauch für Umwälzpumpen.

4.13.8 Erfahrungen der GebäudenutzerInnen und soziale Wirkungen

Tabelle 113: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Planung, Betrieb und Nutzung

Informationen zu Planung, Betrieb und Nutzung	
Objektnutzung	Büronutzung
Integraler Planungsprozess	Sowohl der Eigentümer als auch die Mieter (BIG) haben den Planungsprozess aktiv geleitet.
Technische Betriebsführung	Betriebsführung des Facility Management Viertel Zwei
Energiemonitoring	Ein umfassendes Monitoringsystem war bereits vorhanden (basierend auf Gebäudeautomation), welches auch weiterhin genutzt wird. Darüber hinaus wurden Monitoringinstrumente für die Erfassung der Raumkonditionen installiert.

In diesem Bürogebäude wurde ein umfangreiches Energiemonitoringsystem umgesetzt. Je Mietbereich (2 je Stockwerk) werden die Strom-, Wärme- und Kälte- und Wasserverbräuche über die Gebäudeleittechnik von Kieback & Peter im 15-Minuten Intervall aufgezeichnet. Ebenso werden die Verbräuche der Lüftungsanlagen gemonitort.

Durch einen externen Monitoringdienstleister werden die Energieverbrauchsdaten automatisiert ausgewertet und im Mietbereich der BIG per Info-Screen im Empfangsbereich visualisiert. Weiters dienen die Monitoringdaten zur Energieabrechnung und zur Betriebsoptimierung der gebäudetechnischen Anlagen am Standort bzw. der Energieerzeugung beim Kraftwerk Krieau. In diesem Zusammenhang werden die Monitoringdaten auch dazu verwendet, um nachzuweisen, ob eine umgesetzte Energieeffizienzmaßnahme tatsächlich auch wirkt.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

5.1 Schlussfolgerungen aus dem Monitoring von 11 innovativen Gebäuden

Das gegenständliche Projekt verdeutlicht, dass für innovative Gebäude, bei denen oftmals eine hohe Komplexität der Haustechnik vorliegt, ein Monitoring von Energieverbräuchen und Komfortparametern hohe Relevanz hat. Das Monitoring von Energie- und Komfortparameter erweist sich als ein ideales Instrument für die Überwachung des Regelbetriebs von Gebäuden. Es ermöglicht den Energieverbrauch im Gebäude bestimmten Regelungseinstellungen aber auch einem speziellen NutzerInnenverhalten zuzuordnen, Störungen rasch zu orten und ggf. mit Maßnahmen beim Anlagenbetrieb oder dem Nutzerverhalten gegenzusteuern. Die Effektivität umgesetzter Maßnahmen lässt sich ebenfalls mit dem Monitoringsystem auf Anlagenebene rasch nachweisen. Das Ziel von Energie- und Komfortmonitoring ist, den technischen Gebäudebetrieb und die Komfortbedingungen kontinuierlich zu verbessern und ressourceneffizienter zu werden. Neben der Reduktion von Energiekosten hat ein Monitoringsystem auch positive Auswirkungen auf die Verlängerung der Lebensdauer bzw. Reduktion der Wartungsintensität von Anlagen und führt folglich auch zu Betriebskosten-Reduktionen.

Die Empfehlung lautet daher, dass bei jedem künftigen großvolumigen Neubau- und Sanierungsprojekt zumindest eine Grundausstattung an Monitoringinfrastruktur realisiert werden sollte und die damit erfassten Daten während des Gebäudebetriebs in regelmäßigen Intervallen analysiert werden sollten.

Empfehlungen für die Grundausstattung und Datenqualität von Monitoringsystemen befinden sich in der Stadt der Zukunft Vorgabe für Monitoring von Demonstrationsgebäuden (vgl. Monitoringvorgaben SdZ, 2019).

5.2 Empfehlungen für einen energieeffizienten Anlagen- und Gebäudebetrieb – multiplizierbare Optimierungspotenziale

Nachfolgend wurden die im Zuge dieses Projekts gewonnen objektspezifischen Optimierungspotenziale zusammengefasst und nach Gewerken bzw. Anlagenbereichen gegliedert. Die übersichtliche Darstellung von Empfehlungen dient den Zielgruppen GebäudeerrichterInnen, PlanerInnen, aber auch GebäudebetreiberInnen als Hilfestellung zur Steigerung der Energieeffizienz im Anlagen- und Gebäudebetrieb bei Bestandsgebäuden und zukünftigen Bauvorhaben. Es ist darauf hinzuweisen, dass die angeführten Empfehlungen nicht vollumfänglich für einen energieeffizienten Betrieb von innovativen Gebäuden gelten, da es immer objekt- und nutzungsspezifische Aspekte gibt, die im Rahmen von Energieeffizienz- und Komfortsteigerungsmaßnahmen individuell zu berücksichtigen sind.

5.2.1 Heizung und Warmwasserbereitung

- Anpassung der **Heizfreigabe bei witterungsgeführter Heizungssteuerung**: Durch Absenkung des Einstellparameters der Heizgrenztemperatur kann Heizwärme eingespart werden. Weiters wird empfohlen auch andere Heizungs-Freigabebedingungen (z.B. Zeitkonstante oder Hysterese) an die Gebäudestruktur anzupassen.
- Optimierung bei der **Wärmeverteilung und -Abgabe**: Zur Verringerung der Verluste bei der Wärmeverteilung wird eine **hydraulische Einregulierung der Verteilstränge** empfohlen. Durch einen hydraulischen Abgleich werden Strangreguliertventile, Stellventile, Reguliertventile und Umwälzpumpen richtig eingestellt. Weiters kann mit dieser Maßnahme die sommerliche Überhitzung von Gebäuden verringert werden.
- **Reduktion der Zirkulationsverluste bei zentraler Warmwasserbereitung**: Unter Berücksichtigung von hygienischen Vorgaben soll der Sollwert für die Warmwassertemperatur an den Bedarf angepasst werden. Weiters sollte eine Anpassung des Zirkulations-Volumenstroms in Betracht genommen werden.
- **Anpassung der Innenraumtemperatur während der Heizperiode** bei zentraler Heizungssteuerung: Absenkung des Sollwerts für die Raumtemperatur während der Heizperiode in Absprache mit den Gebäude-NutzerInnen bzw. BewohnerInnen.
- **Heizwärmeeinsparungen bei Objekten mit Nicht-Nutzungsperioden** (Wochenenden oder Urlaubszeiten bei z.B. Bürogebäude, Schul- oder Kindergartengebäude, etc.): Durch Nutzung der Zeitsteuerung sollten unter Berücksichtigung der Gebäudestruktur die Raumtemperaturen an längeren Nicht-Nutzungszeiten wie Wochenenden oder Urlaubszeiten abgesenkt werden. Bei der Anpassung der Zeitsteuerung für Perioden der Raumtemperaturabsenkung soll jedoch eine ausreichende Aufheizzeit des Gebäudes berücksichtigt werden.
- **Heizwärmeeinsparungen durch Anpassung an der Regelung des Wärmeabgabesystems**: Durch Anpassung der Systemtemperaturen und Absenkung der Heizkurve von Heizkreisen an

den tatsächlichen Bedarf können Heizenergieeinsparungen erzielt werden.

- Bei Objekten, die **Lüftungsanlagen mit Vollklimatisierung** aufweisen, können in den Sommermonaten erhebliche Heizwärmeverbräuche für die Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung anfallen. Um den Wärmeverbrauch für Entfeuchtungszwecke zu reduzieren, wird empfohlen den Sollwert für die Zuluftfeuchte in der Sommerperiode gezielt zu wählen und nicht zu niedrig anzusetzen. Darüber hinaus kann durch diese Maßnahme auch Kälteenergie eingespart werden.
- Bei **Objekten mit Bauteilaktivierung der Geschoßdecken für die Kälteabgabe und Fußbodenheizung für Wärmeabgabe**: Es ist bei diesen Systemen zu empfehlen, dass durch sorgfältige Einregulierung der Übergang von der Kühl- in die Heizperiode optimal gestaltet wird. Es sollten die Abgabesysteme unter Berücksichtigung ihrer thermischen Massen optimiert betrieben werden. Neben der Einhaltung der erforderlichen Raumkonditionen sollte das Ziel sein gleichzeitiges oder in engen Zeitintervallen abfolgendes Heizen und Kühlen zu vermeiden.

5.2.2 Kühlung

- Anpassung der **Freigabe bei witterungsgeführter Kühlungs-Steuerung**: Durch Anhebung des Einstellparameters zur Kühlfreigabe kann Kühlenergie eingespart werden. Weiters wird empfohlen auch andere Kühlungs-Freigabebedingungen (z.B. Zeitkonstante oder Hysterese) an die Gebäudestruktur anzupassen.
- **Anpassungen des Kälteabgabesystems an den tatsächlichen Bedarf**: Durch Anhebung der Sollwerte der Innenraumlufttemperatur und der Zulufttemperatur von Lüftungsanlagen angepasst an den tatsächlichen Bedarf lassen sich Kälteverbräuche reduzieren.
- **Kälteverbrauch von technischen Geräten (z.B. Medizintechnik in Krankenhäusern)**: Durch organisatorische Maßnahmen wie beispielsweise Anpassung von Betriebszuständen der Geräte an die jeweiligen Nutzungszeiten können Strom und Kühlenergie eingespart werden.
- Bei **Objekten mit Kühlung (Kälteabgabe z.B. per Kühldecken)** ist zu empfehlen die Verbräuche in den Wintermonaten im Blick zu haben. Beispielsweise konnte festgestellt werden, dass durch permanent aktive Umwälzung des Kühlmediums entsprechende Verteilverluste anfielen, obwohl direkt bei den Abgabeflächen keine Nachfrage vorlag. Demnach ist eine Deaktivierung von nicht benötigten Kälte-Verbrauchersträngen außerhalb der Sommerperiode zu empfehlen. Diese Maßnahme reduziert nicht nur den Kälteverbrauch, sondern auch den Heizenergieverbrauch sowie den Stromverbrauch für Umwälzpumpen. Gleiches gilt natürlich auch für Heizkreis-Regelungen in den Sommermonaten.
- **Überdimensionierte Kälteanlagen weisen niedrige Arbeitszahlen auf und neigen häufig zum Takten (verkürzt die Anlagenlebensdauer)**: Einerseits ist zu empfehlen Kälteanlagen so auszulegen, dass sie nicht überdimensioniert sind. Andererseits sollte eine optimale Einbindung von Kälte-Pufferspeichern erfolgen, um ausgeprägtes Taktverhalten zu

vermeiden.

- **Änderung der Kühlstrategie in Zusammenhang mit ganzjährigen Verbrauchern:** Bei einzelnen Kälteabgabestellen, wo ganzjährig konstant anfallende Abwärme von z.B. Kühltürmen oder anderen technischen Geräten (z.B. IT-Geräte) abgeführt werden soll, ist eine Evaluierung zu empfehlen, ob durch Anwendung einer ventilativen Kühllösung durch dezentrale Zuführung von Außenluft ein Großteil der Abwärme im Winterhalbjahr abgeführt werden kann. Auch ein dezentrales Klima-Splitgerät könnte eine sinnvolle Alternative darstellen, um eine zentrale Groß-Kälteanlage während der Wintermonate zu entlasten. Dadurch wird es ggf. möglich außerhalb der Kühlperiode die zentrale Kälteanlage zu deaktivieren, was zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen kann.
- **Kühlung mit Brunnenwasser:** Brunnenpumpen sollten während den Zeiten, wo keine Kälteanforderung vorliegt, deaktiviert sein. Es wird empfohlen die Freigabebedingungen für Brunnenanlagen (z.B. Zeitkonstante oder Hysterese) an die Abgabestruktur anzupassen.

5.2.3 Raumluftechnik

- **Potenziale für die Optimierungen** liegen vielfach im **Anlagenbereich der Raumluftechnik:** Durch Anpassung der Luftwechselraten an die Nutzungszeiten der Versorgungsbereiche (mittels Zeitprogrammsteuerung oder aber auch durch Luftqualitätsfühler bzw. Präsenzmelder) sowie eine gezielte Regelung der Zuluftfeuchte können relevante Einspareffekte beim Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch erzielt werden. Außerhalb der Nutzungszeiten der Versorgungsbereiche (z.B. bei Bürogebäuden: Nachtstunden, Wochenenden und Feiertage) sollten Lüftungsanlagen deaktiviert sein. Oftmals sind Feiertage in den Anlagen-Zeitprogrammen nicht abgebildet. Hier ist die Implementierung einer Feiertags-Zeitprogrammsteuerung auf der Leittechnik zu empfehlen, sodass auch diese Tage beispielsweise wie Wochenenden betrieben werden.
- Eine **mechanische Be- und Entlüftung von Objekten sorgt für gute Raumlufqualitäten.** Durch regelmäßigen Luftaustausch werden die CO₂-Konzentration sowie der Gehalt anderer Luftschadstoffe in den Innenräumen niedrig gehalten – das zeigen auch die Monitoringergebnisse. Allerdings liegen die **Raumlufkonditionen insbesondere in der Heizperiode oftmals außerhalb des behaglichen Bereichs**, da die Raumlufteuchte stark absinkt. Dies tritt vor allem in jenen Versorgungsbereichen auf, wo nutzungsbedingt wenig Feuchtigkeit in den Raum eingetragen wird. Um hier eine Verbesserung herbeizuführen, wird eine Überprüfung der Luftwechselraten (ev. zu hoher Luftwechsel) und ggf. eine Anpassung hinsichtlich eines bedarfsgerechten Lüftungsbetriebs empfohlen. Auch Befeuchtungsmaßnahmen sollten für die Erhöhung der Raumlufteuchtigkeit in Betracht gezogen werden.
- **Verluste durch ein Dampfversorgungsnetz in Zusammenhang mit der Dampfbefeuchtung bei Lüftungsanlagen (z.B. Krankenhaus):** Wird die Luftbefeuchtung mittels Dampf aus einem zentralen Dampfversorgungsnetz bezogen, so können hohe Wärmeverluste durch das Dampfleitungsnetz auftreten. Um Verluste über ein weitläufiges Dampfleitungsnetz zu vermeiden, werden dezentrale, strombeheizte Dampferzeuger empfohlen, die eine

bedarfsgerechte und energieeffiziente Erzeugung der benötigten Dampfmenge direkt am Aufstellungsort der Lüftungsanlagen ermöglichen.

- **Nachträgliche Installation einer Kühllösung bei zentralen Lüftungsanlagen:** Durch Änderung der Nutzung von Versorgungsbereichen oder sich ändernder klimatische Bedingungen (mehr oder längere Hitzeperioden) kann der Bedarf an einer Kühlmöglichkeit entstehen. Durch Implementierung einer adiabaten Kühlung bei der Abluft von zentralen Lüftungsanlagen kann auch nachträglich eine Kühllösung realisiert werden. Mittels bestehendem Wärmeübertrager wird in weiterer Folge die Zuluft gekühlt, was zu niedrigeren Raumlufttemperaturen in den Versorgungsbereichen beitragen kann. Ob ein nachträglicher Einbau von adiabaten Kühlmöglichkeiten bei den bestehenden Lüftungsanlagen technisch möglich ist, muss mit dem Gerätehersteller abgestimmt werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass für eine adiabate Kühllösung zusätzliche Wartungsaufwände und dadurch höhere Wartungskosten zu berücksichtigen sind.
- Zur **Steigerung der Raumluftqualität bei Low-Tech-Konzepten mit automatisierter Fensterlüftung** können zwei Empfehlungen ausgegeben werden:
 - Nutzung der zentralen Fenstersteuerung: Implementierung automatisierter Stoßlüft-Sequenzen per Zeitprogramm während der Objekt-Nutzungszeiten. Durch mehrmaliges, kurzes Stoßlüften (ca. 5 Minuten) verteilt über die Hauptbetriebszeiten kann eine deutliche Verbesserung der Raumluftqualität (Reduktion CO₂-Konzentration) erzielt werden.
 - Anbringung von Lüftungssampeln in den Aufenthaltsräumen des Kindergartens: Die Lüftungssampeln³⁴ ist ein kleines Mess- und Anzeigegerät, das in den Aufenthaltsräumen montiert werden kann. Es hat eine gut sichtbare Anzeige der aktuellen CO₂-Konzentration als Zahlenwert und informiert zusätzlich über Signallämpchen selbsterklärend über die Notwendigkeit des Lüftens, ähnlich einer Verkehrsampel. Grünes Licht bedeutet „Gute Luft“, gelb zeigt an, dass eine verstärkte Lüftung wünschenswert wäre und rotes Licht signalisiert die sofortige Notwendigkeit einer verstärkten Luftzufuhr (z.B. Fenster öffnen). Die anwesenden Personen werden damit über die aktuelle Qualität der Raumluft informiert und können individuell mittels manueller Fensterlüftung für Frischluftzufuhr sorgen.

5.2.4 Steigerung der Energieeffizienz und des Raumkomforts durch NutzerInnen-Sensibilisierung

- Insbesondere bei Wohngebäuden wird empfohlen die BewohnerInnen im Zuge von Informationsveranstaltungen oder andere Informationswege über den Energieverbrauch im Gebäude zu informieren und Möglichkeiten für Energieeinsparungen aufzuzeigen. Dabei sollte u. a. auf die Reduktion der Raumtemperaturen während der Heizperiode sowie auf Möglichkeiten zur Verringerung des Warmwasserverbrauchs eingegangen werden. Darüber hinaus sollte über die Thematik des energieeffizienten Lüftens im Sommer und Winter und

³⁴ Produktdetails: <http://www.innenraumanalytik.at/lueftungssampeln/lueamp1.html>

über den gezielten Einsatz von bestehenden Verschattungseinrichtungen zur Vermeidung von Überhitzung informiert werden.

Aber auch bei Dienstleistungsgebäuden (z.B. Bürogebäuden) sollten die NutzerInnen über die Möglichkeiten der energieeffizienten Gebäudenutzung regelmäßig sensibilisiert werden. Ein weiteres Ziel der NutzerInneneinbindung ist die NutzerInnen zu motivieren, eigenständig ihr Wissen über vorhandene Energiesparpotenziale in ihren Aufenthaltsbereichen zu kommunizieren.

In Zusammenhang mit dem Thema NutzerInnen-Sensibilisierung kann auf das seit März 2020 laufende Forschungsprojekt „*Speak Smart!* - Intelligente Städte durch intelligente Kommunikation“ verwiesen werden, das sich rund um das Thema Energieeffizienz im Wohnsektor das Ziel gesetzt hat eine „Community Ecoliteracy“ zu schaffen, d.h. das Grundwissen (Selbstkompetenz) und Fähigkeiten im Bereich nachhaltiger Handlungsweisen aller Beteiligten zu entwickeln und die dazugehörigen Einflussfaktoren genau zu definieren (siehe auch: Erfahrungen des Projektkonsortialleiters „*Speak Smart!*“ und Gebäudeeigentümers des Passivhaus Wohnhauses St. Paulus Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH in Abschnitt 0).

5.2.5 Beleuchtung

- Auch bei neuen, modernen Gebäuden lassen sich durch Maßnahmen im Bereich der **Lichtsteuerung** Betriebszeiten reduzieren und somit der Energieverbrauch senken. Beispielsweise können durch Anpassung bzw. Nachrüstung von Zeitschaltungen, Belegungssensoren oder von tageslichtabhängiger Steuerung Stromeinsparungen erwirkt werden.
- **Energieeffizienz bei Tiefgaragen- und Außenbeleuchtung**
Ein Hauptaugenmerk sollte besonders auf Beleuchtungsanlagen im Bereich Tiefgaragen und Außenbeleuchtung (inkl. Werbebeleuchtung) gelegt werden. Hier treten oftmals lange oder auch durchgehende Beleuchtungszeiten auf. In diesen Bereichen lassen sich vielfach relevante Stromeinsparungen durch oben erwähnte Maßnahmen sowie ggf. auch durch Leuchtmitteltausch hin zu effizienten Leuchtsystemen umsetzen.

5.2.6 Eigenstromnutzung von Photovoltaikanlagen

- **Steigerung der Photovoltaik-Eigenstromnutzung durch Allgemeinverbraucher in Wohnhausanlagen:** Durch Änderungen der Anschlussstruktur von relevanten Allgemiestromverbrauchern können ggf. deutlich höhere Anteile der PV-Eigenstromnutzung erzielt werden. Hinweis: Änderungen der elektrischen Anbindung von Anlagen müssen durch einen befugten Elektrotechniker erfolgen.

5.2.7 Frostschutzeinrichtungen im Außenbereich

- Um die Energieeffizienz bei **elektrischen Frostschutzeinrichtungen** wie beispielsweise Begleitheizbänder bei Regenrinnen oder Gullyheizungen im Außenbereich zu verbessern, wird empfohlen die genauen Betriebszeiten und Betriebsparameter zu evaluieren und ggf. anzupassen.

6 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logo der EUDT-Energiemonitoring-Software BLUAUL (Quelle: EUDT Energie und Umweltdatentreuhand GmbH)	17
Abbildung 2: Logo der Energieeffizienz-Software yessa (Quelle: Quarto Software GmbH)	17
Abbildung 3: Außenansicht, Westansicht (Quelle: Wohnprojekt Wien).....	29
Abbildung 4: Ansicht der Dachterrasse, Nord-Ost-Ansicht (Quelle: Wohnprojekt Wien)	29
Abbildung 5: Prinzipschema Wohnprojekt Wien, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	31
Abbildung 6: Energiebilanz Energieerzeuger, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	32
Abbildung 7: Jahresverbrauch Endenergie Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	33
Abbildung 8: Monatlicher Verbrauch Wärme, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	34
Abbildung 9: Monatlicher Verbrauch Kälte, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	35
Abbildung 10: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	38
Abbildung 11: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	38
Abbildung 12: CO ₂ -Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	40
Abbildung 13: Aufteilung Wärmeenergie für Warmwasser-Versorgung, Wohnprojekt Wien, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	41
Abbildung 14: Wohnhaus St. Paulus, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH	46
Abbildung 15: Wohnhaus St. Paulus, Nord-Ost-Ansicht, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH	46
Abbildung 16: Wohnhaus St. Paulus, Nord-West-Ansicht, Quelle: NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH	46
Abbildung 17: Prinzipschema Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	48
Abbildung 18: Energiebilanz Energieerzeuger, Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	49
Abbildung 19: Jahresverbrauch Endenergie Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	49
Abbildung 20: Monatlicher Verbrauch Wärme, Passivhaus Wohnhaus St. Paulus, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	51

Abbildung 21: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	54
Abbildung 22: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	55
Abbildung 23: CO2-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	56
Abbildung 24: Messequartier Graz BA1, Luftbild, Ostansicht, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.	60
Abbildung 25: Messequartier Graz BA1, nördlicher Innenbereich, Blick nach Westen, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.	60
Abbildung 26: Messequartier Graz BA1, nördlicher Innenbereich, Blick nach Nordosten, Quelle: Gem. Wohn- u. Siedlungsgenossenschaft Ennstal reg. Gen.m.b.H.	60
Abbildung 27: Prinzipschema Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	62
Abbildung 28: Energiebilanz Energieerzeuger, Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	63
Abbildung 29: Jahresverbrauch Endenergie Messequartier Graz, Bauabschnitt 1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	63
Abbildung 30: Monatlicher Verbrauch Wärme, Messequartier Graz BA1, Zeitraum 08-2019 bis 07-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	65
Abbildung 31: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	69
Abbildung 32: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 3 & 4 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	69
Abbildung 33: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 5 & 6 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	69
Abbildung 34: CO2-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	71
Abbildung 35: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Nord-Ansicht (Quelle: Stadt Salzburg, Marko Herold).....	76
Abbildung 36: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Nord-West-Ansicht (Quelle: Stadt Salzburg, Marko Herold).....	76
Abbildung 37: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Flachdach (Quelle: Stadt Salzburg, Georg Pirchner)	76
Abbildung 38: Prinzipschema Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	77
Abbildung 39: Energiebilanz Energieerzeuger, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	78
Abbildung 40: Jahresverbrauch Endenergie Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	79

Abbildung 41: Monatlicher Verbrauch Wärme, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	80
Abbildung 42: Monatliche Erzeugung und Verbrauch Strom, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	81
Abbildung 43: Dauerlastganglinie, Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	82
Abbildung 44: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 3 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	83
Abbildung 45: CO ₂ -Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	84
Abbildung 46: Gegenüberstellung der Stromverbrauchs-Kennzahlen des Seniorenwohnhauses Itzling, Haus 4 versus 10 Seniorenwohnhaus-Standorte in NÖ und Wien (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	86
Abbildung 47: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Nord-Ansicht, Quelle: Gerhard Berger	89
Abbildung 48: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Innen-Ansicht, Gang, Quelle: Gerhard Berger....	89
Abbildung 49: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Längsseite, Quelle: Gerhard Berger.....	89
Abbildung 50: Prinzipschema Kinder- und Herzzentrum Innsbruck Bauabschnitt 2, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	91
Abbildung 51: Energiebilanz Energieerzeuger, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	92
Abbildung 52: Monatliche Erzeugung Wärme, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	94
Abbildung 53: Monatliche Erzeugung Kälte, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	95
Abbildung 54: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, Kinder- u. Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	96
Abbildung 55: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzraum 1 im 1. OG und Referenzraum 2 im 2. OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	98
Abbildung 56: CO ₂ -Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	99
Abbildung 57: Erzeugungsprofil Kälte, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von je 10 repräsentativen Werktagen der Winter- und Sommersaison 2019/2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	100
Abbildung 58: Erzeugungsprofil Wärmebereitstellung (Raumwärme und Warmwasser), Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von 12 repräsentativen Tagen im Zeitraum Dez 2019 – Feb 2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	100
Abbildung 59: Erzeugungsprofil Warmwasser, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Mittelung von 12 repräsentativen Werktagen im Zeitraum März – Mai 2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	101
Abbildung 60: Tages-Stromverbrauch, Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Zeitraum 1.1. – 30.6.2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	101

Abbildung 61: St. Josef Krankenhaus, Bauteil 10 – Ostansicht, Quelle: Ing. Mladen Velic.....	105
Abbildung 62: St. Josef Krankenhaus Bauteil 10 – Innenansicht, Stützpunkt Station 11, Quelle: Ing. Mladen Velic.....	105
Abbildung 63: St. Josef Krankenhaus – Bauteil 10 – Innenansicht, Gang, Quelle: Ing. Mladen Velic .	105
Abbildung 64: Prinzipschema St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 (West), Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	107
Abbildung 65: Energiebilanz Energieerzeuger (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	108
Abbildung 66: Monatlicher Verbrauch Wärme, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	110
Abbildung 67: Monatlicher Verbrauch Kälte, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	111
Abbildung 68: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, St. Josef Krankenhaus Bauteil 10, Zeitraum 04-2019 bis 03-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	112
Abbildung 69: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Personal-Aufenthaltsraum Süd im 2. OG und Bewegungsraum im 4. OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	115
Abbildung 70 CO2-Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	115
Abbildung 71: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Westansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH.....	121
Abbildung 72: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Innen-Ansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH.....	121
Abbildung 73: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Fassaden-Detailansicht, Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH	121
Abbildung 74: Prinzipschema Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	123
Abbildung 75: Endenergieverbrauch BH Kirchdorf (alle Energieverbraucher und Erzeuger) (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	125
Abbildung 76: Monatliche Nachfrage Wärme Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	126
Abbildung 77 Monatliche Energiebilanz der PV-Anlage (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH) .	127
Abbildung 78: Dauerlastgang Gesamtleistungsbezug des Gebäudes BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	128
Abbildung 79: Raumtemperatur und rel. Luftfeuchte von Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	130
Abbildung 80: Raumtemperatur Referenzräume BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	131
Abbildung 81: CO2 Konzentration Referenzräume BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	131
Abbildung 82: Dauerlinien CO2-Konzentration (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	132

Abbildung 83: Verlauf CO ₂ -Konzentration Sitzungssaal Groß für September 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	132
Abbildung 84: Geordnete Dauerlinie Raumlufttemperatur Sitzungssaal Groß BH Kirchdorf (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	133
Abbildung 85 Funktionsweise der Adiabatik, exemplarische Darstellung über einen Zeitraum von 17.6.2019 bis 20.6.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	134
Abbildung 86: Detailanalyse Ventilative Kühlung im Beispiel 1.OG von 23.6. bis 26.6.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	135
Abbildung 87: Sporthalle Lieferung Außenansicht (Quelle: Stadt Salzburg / Johannes Killer)	138
Abbildung 88: Sporthalle Lieferung Innenansicht, (Quelle: Stadt Salzburg / Johannes Killer).....	138
Abbildung 89: Prinzipschema Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	140
Abbildung 90: Energiebilanz Lieferenergie (PV, Stromnetz, Solarthermie, Brunnenwasser) Sporthalle Lieferung; (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	141
Abbildung 91: Monatliche Nachfrage Wärme, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	143
Abbildung 92: Monatliche Nachfrage Kälte, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	144
Abbildung 93: Geordnete Dauerlastganglinie Leistungsbezug im Zeitraum 01.03.2019 – 29.02.2020, Sporthalle Lieferung (Summe Netzbezug + PV) (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	145
Abbildung 94: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Büro 3 und Turnhalle 1 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	147
Abbildung 95 Dauerlinien Temperaturverlauf, Sporthalle Lieferung; (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	148
Abbildung 96 CO ₂ - Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	148
Abbildung 97 Bilanzierung Wärme, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	149
Abbildung 98: Monatsbilanz Strom, Sporthalle Lieferung (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	150
Abbildung 99: Bildungshaus Jägermayrhof, Südansicht, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.....	152
Abbildung 100: Bildungshaus Jägermayrhof, Nordnordostansicht, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.....	152
Abbildung 101: Bildungshaus Jägermayrhof, Terrassenansicht West, Quelle: Kammer für Arbeiter und Angestellte für OÖ.....	152
Abbildung 102: Prinzipschema AK-Bildungshaus Jägermayrhof, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	154
Abbildung 103: Energiebilanz Energieerzeuger (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	155
Abbildung 104: Jahresverbrauch Endenergie Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum: 01.01.2019 - 31.12.2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	156
Abbildung 105: Monatliche Erzeugung Wärme, Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	157

Abbildung 106: Monatliche Erzeugung Kälte, Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	158
Abbildung 107: Geordnete Dauerlastganglinie Strom, Bildungshaus Jägermayrhof, Zeitraum 2019 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	159
Abbildung 108: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Seminarraum 1 und Schubertsaal (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	161
Abbildung 109: CO ₂ -Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	162
Abbildung 110: Endenergieverbrauch 2019 nach Nutzungszonen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	163
Abbildung 111: Kindergarten St. Paulus, Nord-Ost-Ansicht, Quelle: Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH	166
Abbildung 112: Kindergarten St. Paulus, Nord-West-Ansicht, Quelle: Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH.....	166
Abbildung 113: Prinzipschema Kindergarten St. Paulus, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	168
Abbildung 114: Energiebilanz Energieerzeuger, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	169
Abbildung 115: Jahresverbrauch Endenergie Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	169
Abbildung 116: Monatlicher Verbrauch Wärme, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	170
Abbildung 117: Tagesverbrauch Strom, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	171
Abbildung 118: Dauerlastganglinie, Kindergarten St. Paulus, Zeitraum 09-2019 bis 08-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	172
Abbildung 119: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Referenzräume Nr. 1 & 2 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	174
Abbildung 120: CO ₂ -Konzentration in den ausgewählten Referenzräumen (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	175
Abbildung 121: CO ₂ -Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Winter-Woche: Montag 13.01. – Montag 20.01.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	177
Abbildung 122: CO ₂ -Konzentration und Fensterstellung im 1. OG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	177
Abbildung 123: CO ₂ -Konzentration und Fensterstellung im EG Gruppenraum Ost, Sommer-Woche: Montag 06.07. – Montag 13.07.2020, Kindergarten St. Paulus (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	178
Abbildung 124: Konzernzentrale BIG, Süd-West-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	180

Abbildung 125: Konzernzentrale BIG, Süd-West-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	180
Abbildung 126: Konzernzentrale BIG, Süd-Ost-Ansicht, (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	180
Abbildung 127: Prinzipschema Konzernzentrale BIG, Gebäudetechnik und Messkonzept (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	182
Abbildung 128: Energiebilanz Energieerzeuger, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	183
Abbildung 129: Jahresverbrauch Endenergie Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	184
Abbildung 130: Prinzipschema Kraftwerk Krieau (Quelle: https://energie-krieau.at/ ; abgerufen am 07.01.2021)	184
Abbildung 131: Monatlicher Verbrauch Wärme, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	186
Abbildung 132: Monatlicher Verbrauch Kälte, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	187
Abbildung 133: Tagesverbrauch Strom, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	188
Abbildung 134: Dauerlastganglinie, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	188
Abbildung 135: Monatlicher Verbrauch Strom, Konzernzentrale BIG, Zeitraum 07-2019 bis 06-2020 (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	189
Abbildung 136: Komfortparameter Raumtemperatur und relative Luftfeuchte, Konzernzentrale BIG, Referenzraum Büro 6.OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	191
Abbildung 137: CO ₂ -Konzentration Referenzraum Büro 6.OG (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	192

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick Demonstrationsgebäude	14
Tabelle 2: Einheitliches Basismesskonzept nach Stadt der Zukunft-Demoobjekt-Vertragsbeilage (Version September 2015)	16
Tabelle 3: Energie-Kennzahlen für die Gegenüberstellung von Planwerten lt. OIB RL6 und Messwerten	19
Tabelle 4: Ergebnisübersicht – Relevante Benchmarks der Demonstrationsgebäude	22
Tabelle 5: Kennzahlen-Bandbreiten der Gebäudekategorie „Großvolumige Wohngebäude“	24
Tabelle 6: Kennzahlen der Gebäudekategorie „Krankenhaus“	26
Tabelle 7: Kennzahlen der Gebäudekategorie „Bürogebäude“	27
Tabelle 8: Wohnprojekt Wien – Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	29
Tabelle 9: Wohnprojekt Wien - Daten und Kontakt	29
Tabelle 10: Wohnprojekt Wien - Gebäudetechnik	30
Tabelle 11: Wohnprojekt Wien - Energietechnische Kennzahlen	31

Tabelle 12: Wohnprojekt Wien - Nachfragestruktur Wärme.....	33
Tabelle 13: Wohnprojekt Wien - Nachfragestruktur Kälte.....	34
Tabelle 14: Wohnprojekt Wien - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik.....	35
Tabelle 15: Wohnprojekt Wien – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik.....	36
Tabelle 16: Wohnprojekt Wien - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen	38
Tabelle 17: Wohnprojekt Wien - Verbrauchskennzahlen für Warmwasserversorgung	41
Tabelle 18: Wohnprojekt Wien - Planung, Betrieb und Nutzung	44
Tabelle 19: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung.....	46
Tabelle 20: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Daten und Kontakt	46
Tabelle 21: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Gebäudetechnik	47
Tabelle 22: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Energietechnische Kennzahlen	48
Tabelle 23: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Nachfragestruktur Wärme	50
Tabelle 24: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik	52
Tabelle 25: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik.....	52
Tabelle 26: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen.....	54
Tabelle 27: Passivhaus Wohnhaus St. Paulus - Planung, Betrieb und Nutzung	59
Tabelle 28: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung.....	60
Tabelle 29: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Daten und Kontakt	60
Tabelle 30: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Gebäudetechnik	61
Tabelle 31: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Energietechnische Kennzahlen.....	62
Tabelle 32: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Nachfragestruktur Wärme	64
Tabelle 33: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Stromverbrauch Allgemeinflächen & Haustechnik.....	65
Tabelle 34: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 – Nachfragestruktur Strom Allgemeinflächen & Haustechnik	66
Tabelle 35: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen.....	68
Tabelle 36: Kennzahlen-Vergleich des Messequartiers Graz und des Wohnhauses St. Paulus.....	72
Tabelle 37: Messequartier Graz, Passivhaus, Bauabschnitt 1 - Planung, Betrieb und Nutzung	75
Tabelle 38: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	76
Tabelle 39: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Daten und Kontakt	76
Tabelle 40: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Gebäudetechnik.....	77
Tabelle 41: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Energietechnische Kennzahlen	78
Tabelle 42: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Nachfragestruktur Wärme	79
Tabelle 43: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung, und - Grundlast	80
Tabelle 44: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen....	83
Tabelle 45: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - spezifische Energieverbrauchs-Kennzahlen.....	85
Tabelle 46: Seniorenwohnhaus Itzling, Haus 4 - Planung, Betrieb und Nutzung	88

Tabelle 47: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung.....	89
Tabelle 48: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Daten und Kontakt.....	89
Tabelle 49: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Gebäudetechnik.....	90
Tabelle 50: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Energietechnische Kennzahlen	91
Tabelle 51: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Wärme.....	93
Tabelle 52: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Kälte.....	94
Tabelle 53: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Kennzahlen zu Stromverbrauch und -Grundlast.....	95
Tabelle 54: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Nachfragestruktur Strom.....	96
Tabelle 55: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen.....	98
Tabelle 56: Kinder- und Herzzentrum Innsbruck, Bauabschnitt 2 - Planung, Betrieb und Nutzung ...	104
Tabelle 57: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung ..	105
Tabelle 58: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Daten und Kontakt.....	105
Tabelle 59: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Gebäudetechnik.....	106
Tabelle 60: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Energietechnische Kennzahlen.....	107
Tabelle 61: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Wärme.....	109
Tabelle 62: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Kälte.....	110
Tabelle 63: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Kennzahlen zu Stromverbrauch und -Grundlast.....	111
Tabelle 64: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Nachfragestruktur Strom.....	112
Tabelle 65: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen.....	114
Tabelle 66: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Vergleich der gemessenen spezifischen Verbräuche mit SIA-Kennwerten.....	117
Tabelle 67: St. Josef Krankenhaus Wien, Bauteil 10 - Planung, Betrieb und Nutzung.....	119
Tabelle 68: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung.....	121
Tabelle 69: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Daten und Kontakt.....	121
Tabelle 70: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Gebäudetechnik.....	122
Tabelle 71: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Energietechnische Kennzahlen.....	124
Tabelle 72: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Nachfragestruktur Wärme.....	125
Tabelle 73: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Nachfragestruktur Strom.....	126
Tabelle 74: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Kennzahlen zu Stromverbrauch.....	127
Tabelle 75: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen	129
Tabelle 76: Bezirkshauptmannschaft Kirchdorf - Planung, Betrieb und Nutzung.....	136
Tabelle 77: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	138
Tabelle 78: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Daten und Kontakt.....	138
Tabelle 79: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Gebäudetechnik.....	139
Tabelle 80: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Energietechnische Kennzahlen.....	140
Tabelle 81: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Nachfragestruktur Wärme.....	142

Tabelle 82: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast	144
Tabelle 83: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Nachfragestruktur Strom	145
Tabelle 84: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen	147
Tabelle 85: Plusenergie Sporthalle Salzburg Lieferung - Planung, Betrieb und Nutzung	151
Tabelle 86: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	152
Tabelle 87: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Daten und Kontakt	152
Tabelle 88: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Gebäudetechnik	153
Tabelle 89: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Energietechnische Kennzahlen	154
Tabelle 90: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Nachfragestruktur Wärme	156
Tabelle 91: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast	158
Tabelle 92: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Nachfragestruktur Strom	159
Tabelle 93: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen	161
Tabelle 94: AK-Bildungshaus Jägermayrhof - Planung, Betrieb und Nutzung	165
Tabelle 95: Kindergarten St. Paulus - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	166
Tabelle 96: Kindergarten St. Paulus - Daten und Kontakt	166
Tabelle 97: Kindergarten St. Paulus - Gebäudetechnik	167
Tabelle 98: Kindergarten St. Paulus - Energietechnische Kennzahlen	168
Tabelle 99: Kindergarten St. Paulus - Nachfragestruktur Wärme	170
Tabelle 100: Kindergarten St. Paulus - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast ...	171
Tabelle 101: Kindergarten St. Paulus - Nachfragestruktur Strom	172
Tabelle 102: Kindergarten St. Paulus - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzräumen	173
Tabelle 103: Kindergarten St. Paulus - Planung, Betrieb und Nutzung	179
Tabelle 104: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Objektnutzung, Standort und Fertigstellung	180
Tabelle 105: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Daten und Kontakt	180
Tabelle 106: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Gebäudetechnik	181
Tabelle 107: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Energietechnische Kennzahlen	182
Tabelle 108: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Wärme	185
Tabelle 109: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Kälte	186
Tabelle 110: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Kennzahlen zu Stromverbrauch, -Leistung und -Grundlast	187
Tabelle 111: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Nachfragestruktur Strom	189
Tabelle 112: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Komfort- und CO ₂ -Monitoring in Referenzraum	191
Tabelle 113: Konzernzentrale Bundesimmobiliengesellschaft - Planung, Betrieb und Nutzung	193

Literaturverzeichnis

Monitoringvorgaben SdZ, 2019: Ergänzende Vorgaben für das Monitoring von Demonstrationsgebäuden und -quartieren. Version 1.0, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2019. Abrufbar unter:
https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Energie/SdZ_Vertragsbeilage_Demogebaeude_Monitoring_final.pdf (abgerufen am 26.01.2021; 08:34)

OIB-RL 6, 2019: OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien 2019.

Wagner Waldemar et al.: Leitfaden Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von "Haus der Zukunft" – Demonstrationsbauten. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2011.

7 Anhang

7.1 Data Management Plan (DMP)

Nachfolgender Data Management Plan beschreibt den Umgang mit den erfassten Forschungsdaten des Projekts DeLight Monitoring.

1. Datenerstellung und Dokumentation

Im Rahmen einzeln abgeschlossener Kooperationsvereinbarungen zwischen den Konsortialpartnern e7 und EUdT und den ObjekteigentümerInnen erklärten sich die ObjekteigentümerInnen bereit, ihr Objekt einer messtechnischen Untersuchung zu unterziehen und die Daten zu Energieverbrauch und Komfortparameter zur Auswertung im Projekt DeLight Monitoring zur Verfügung zu stellen. Die Kooperationsvereinbarungen regeln den gesamten Datenaustausch für den Projektzweck DeLight Monitoring zwischen den Projektbeteiligten und wie die Daten gegenüber Dritten zu handhaben sind.

Die Kooperationsvereinbarung mit den ObjekteigentümerInnen beinhaltet insbesondere folgende Festlegungen bezüglich dem Datenmanagement im Zuge des Monitoringprojekts:

„Alle an die Konsortialpartner (Anm.: e7 und EUdT) übermittelten und im Rahmen des Projekts erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und nicht an Dritte außerhalb des Projekts weitergegeben. Sie stehen ausschließlich den Konsortialpartnern für die erforderlichen Auswertungen im Rahmen des Projekts zur Verfügung. Ausschließlich vom Objekteigentümer freigegebene Informationen und Auswertungen der Daten dürfen von den Konsortialpartnern sowie vom Fördergeber (Stadt der Zukunft, bmvit) verwendet und veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung der Projektergebnisse (insbesondere Auswertungen von Energieverbräuchen in aggregierter Form) sowie von ergänzenden technischen Informationen (Gebäudehülle, Gebäudetechnik, Fotos, ...) erfolgt nach Abstimmung mit dem Gebäudeeigentümer. Sofern Daten für einzelne Nutzungseinheiten erhoben werden, werden diese nur in anonymisierter Form veröffentlicht, sodass keine Rückschlüsse auf das individuelle NutzerInnenverhalten möglich sind.

Die Konsortialpartner e7 und EUdT sichern außerdem die Einhaltung der einschlägigen DSGVO Bestimmungen zu.

Die im Rahmen des Projekts erhobenen Daten (insbes. Energieverbräuche, Komfortparameter) werden auf die Energiemonitoring-Plattform des Projektpartners EUdT übertragen. Der Objekteigentümer stimmt zu, dass die an die Konsortialpartner übermittelten Daten von diesen gespeichert und verarbeitet werden. Die im Zusammenhang mit dem Monitoring-Projekt stehenden technischen Details zur Anbindung von Messgebern und IT-Sicherheit sind in der Beilage näher spezifiziert und Teil dieser Vereinbarung.

Darüber hinaus stimmt der Objekteigentümer ausdrücklich zu, dass nach Beendigung der messtechnischen Untersuchung, die im Zuge der Projektdurchführung von ihm übermittelten Daten zu Dokumentationszwecken von den Konsortialpartnern archiviert werden.“

Zu Projektstart wurden von den jeweiligen GebäudeeigentümerInnen Objektdaten wie Flächenangaben, AnsprechpartnerInnen, Energieausweise, Haustechnikschema und sonstige relevante Informationen zu den Energiekonzepten bzw. zur Haustechnik zur Verfügung gestellt.

Ebenso stellten die ObjekteigentümerInnen Fotos von den Objekten zur Verfügung. Für die Regelung der Foto-Nutzungsrechte im Rahmen des Projekts wurden separate, schriftliche Vereinbarungen getroffen, welche dem Ergebnisbericht beigelegt sind.

Entsprechend der oben angeführten Bedingungen der Kooperationsvereinbarung wurden für die Veröffentlichung der Objekt-Einzelberichte in der publizierbaren Studie von den ObjekteigentümerInnen Freigaben eingeholt.

2. Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Die Komfortmessdaten der Referenzräume wurden anonymisiert erhoben und im Ergebnisbericht ebenso dargestellt, sodass keine Rückschlüsse auf Namen oder andere personenbezogene Daten der NutzerInnen bzw. BewohnerInnen erfolgen können.

Die erhobenen Daten wurden im Zuge des Projekts mit von den Konsortialpartnern gesammelt und analysiert. Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt als Objekt-Einzelberichte im Ergebnisbericht in aggregierter Form.

Die Verwendung der Monitoring-Rohdatensätze sind für weitere Verwendungen durch Dritte von den ObjekteigentümerInnen nicht freigegeben und werden dementsprechend von den Konsortialpartnern nicht weitergereicht.

3. Datenspeicherung und -erhalt

Die Konsortialpartner verfügen über unternehmensinterne Datenserver, auf denen die Objekt- und Monitoringdaten und Auswertungs- und Berichtdateien sicher abgelegt sind und regelmäßig gesichert werden. Eine Archivierung für Dokumentationszwecke ist somit von den Konsortialpartnern gegeben.

4. Wiederverwendbarkeit der Daten

Zugriff auf die Monitoringdaten haben ausschließlich unternehmensinterne MitarbeiterInnen der Konsortialpartner.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt im Stadt der Zukunft-Ergebnisbericht in aggregierter Form. Die interessierte Öffentlichkeit hat die Möglichkeit über die Programm-Website den Ergebnisbericht abzurufen.

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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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