

Monitoring Low-Tech Pilotgebäude im Bodenseeraum (2021 - 2024)

aufbauend auf dem Interreg-Leuchtturmprojekt
„Konzepte für energieeffiziente, klimaverträgliche
LowTech- Gebäude im Bodenseeraum“ (2015-2020)

Endbericht 2025

Monitoring Low-Tech Pilotgebäude im Bodenseeraum

- Langfassung 12.09.2025 -

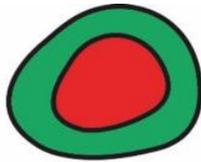
Auftraggeber:

Plattform Klimaschutz und Energie der Kommission Umwelt der Internationalen Bodensee-Konferenz

Vorsitzender: Dr. Manfred Harant | Sachgebiet 50 – Technischer Umweltschutz
Regierung von Schwaben | Fronhof 10 | D-86152 Augsburg | Telefon: +49 821 327-2599 |
E-Mail: manfred.harant@reg-schw.bayern.de

Geschäftsstelle der IBK | Bücklestraße 3e | D-78467 Konstanz | Postadresse Schweiz: Postfach
1914 | CH-8280 Kreuzlingen | Telefon: +49 7531 921 83-10 |
E-Mail: info@bodenseekonferenz.org | Internet: www.bodenseekonferenz.org

Auftragnehmer / Verfasser für den Inhalt verantwortlich:



Energieinstitut Vorarlberg

Thomas Roßkopf-Nachbaur
Energieinstitut Vorarlberg (EIV)
Stadtstraße 33 / Campus V
A - 6850 Dornbirn
Tel. +43 5572 31 202 - 0
info@energieinstitut.at



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

Felix Geyer
Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza!)
Burgstraße 26
D - 87435 Kempten (Allgäu)
Tel. +49 831 960286 – 10
info@eza-allgaeu.de

Inhalt

1	Projektübersicht.....	7
1.1	Vorgängerprojekt.....	7
1.2	Projektzielsetzung.....	8
1.3	Pilotgebäude.....	8
1.4	Allgemeine Projekterkenntnisse.....	10
2	Monitoringbericht Pilotgebäude Wien Süd VierHochZwei (EIV).....	12
2.1	Zielsetzung des Monitorings.....	12
2.2	Grundlegende Erläuterungen.....	12
2.3	Wärme- und Kälteverbrauch Bauteilaktivierung (BTA) und Wärmeaufnahme dezentrale Wärmepumpenboiler (WP-Boiler).....	13
2.4	Endenergieverbrauch.....	16
2.5	Messung und Auswertung von zwei dezentralen WP-Boilern.....	18
2.6	Monatliche Auswertung Endenergieverbrauch.....	18
2.7	Detailmessung Warmwasserbereitung – Winter.....	20
2.8	Detailmessung Warmwasserbereitung – Sommer.....	22
2.9	Soll-Ist-Vergleich.....	25
2.10	Bewertung der Low Tech Komponenten.....	25
3	Monitoringbericht Pilotgebäude Stallumnutzung Bechter (EIV).....	27
3.1	Zielsetzung des Monitorings.....	27
3.2	Grundlegende Erläuterungen.....	27
3.3	Monitoringsystem.....	28
3.4	Effizienz Wärmepumpe.....	29
3.5	Vergleich mit Simulation.....	32
3.6	Energiebilanz Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher).....	37
3.7	Temperatur- und Luftfeuchtemessung Wintergarten.....	42

3.8	Monatliche Auswertung	45
3.9	Soll-Ist-Vergleich.....	48
3.10	Bewertung der Low Tech Komponenten.....	49
3.11	Quellen	49
4	Monitoringbericht Pilotgebäude Schulen Hittisau (EIV).....	51
4.1	Zielsetzung des Monitorings	51
4.2	Monitoringsystem	51
4.3	Grundlegende Erläuterungen	53
4.4	Energiebedarfsberechnung	54
4.5	Messdaten Wärmemengenzähler	54
4.6	Heizwärmeverbrauch.....	55
4.7	Warmwasserwärmeverbrauch.....	56
4.8	Strombilanz.....	57
4.9	Hybridlüftung.....	58
4.10	Sommerlicher Wärmeschutz.....	59
4.11	Soll-Ist-Vergleich.....	62
4.12	Bewertung der Low Tech Komponenten.....	62
4.13	Quellen	63
5	Monitoringbericht Pilotgebäude Kita Halde Nord / Kita St. Martin (eza!)	64
5.1	Einleitung.....	64
5.2	Zielsetzung des Monitorings:	64
5.3	Gesamtenergieverbrauch.....	64
5.4	Wärmeverbrauch.....	65
5.5	Stromverbrauch	66
5.6	Entwicklung Stromverbrauch – ohne Wärmepumpe	67
5.7	Bewertung Energieverbrauch.....	68
5.8	Vergleich mit Verbrauchskennwerten	69
5.9	Bewertung Verbrauch Lüftungsanlagen	69

5.10	Effizienz der Wärmepumpe.....	70
5.11	Behaglichkeit und Raumluftqualität	71
5.12	Dokumentation der Vor-Ort Begehungen.....	75
5.13	Soll-Ist-Vergleich.....	77
5.14	Bewertung der Low-Tech Komponenten.....	77
6	Anhang	79
6.1	Verbrauchsdatenerfassung Wien Süd VierHochZwei (EIV) 2021 – 2024	79
6.2	Verbrauchsdatenerfassung Stallumnutzung Bechter (EIV) 2021 – 2024	88
6.3	Verbrauchsdatenerfassung Schulen Hittisau (EIV) Messperiode 2 (01.12.2023 – 30.11.2024).....	93
6.4	Verbrauchsdatenerfassung Kita Halde Nord / Kita St. Martin (eza!) Messperiode 1 (01.07.2021 - 30.06.2022), 2022 – 2024	96

1 Projektübersicht

1.1 Vorgängerprojekt

Im Rahmen des fünfjährigen Interreg Projektes mit dem Titel „Konzepte für energieeffiziente, klimaverträgliche „Low-Tech“-Gebäude im Bodenseeraum“, wurden bestehende Low-Tech Gebäude analysiert und Pilotgebäuden bei der Planung und Umsetzung begleitet um Handlungsempfehlungen abzuleiten und zu veröffentlichen.

In heutigen Gebäuden sind viele technische Komponenten und Systeme komplex zu steuern, verbrauchen bei der Herstellung graue Energie und erhöhen sowohl Baukosten und Endenergiebedarf der Gebäude als auch die Kosten im laufenden Betrieb. So müssen z.B. elektrisch angetriebene Bauteile regelmäßig gewartet, repariert und im Lebenszyklus eines Gebäudes mehrfach ausgetauscht werden. Es gibt aber oft einfachere bauliche Lösungen, die den gleichen Zweck erfüllen.

Über den Austausch in der Projektgruppe, durch die Analyse von Bestandsgebäuden und die Begleitung von Pilotgebäuden wurden im Low-Tech Projekt Maßnahmen und Ausführungsvarianten identifiziert, die mit reduziertem technischen Aufwand den gleichen Nutzen stiften und dabei geringere Errichtungs- und Folgekosten produzieren. Low-Tech ist oft nicht in ganzen Gebäuden, sondern treffsicherer an einzelnen Komponenten und Ansätzen eines Gebäudes fest zu machen.

Folgende Anforderungen an Low-Tech Gebäude wurden definiert:

- Der Einsatz aller Materialien im Low-Tech Gebäude erfolgt unter dem Gesichtspunkt größtmöglicher Ressourceneffizienz. Dabei wird dem Einsatz natürlicher und lokaler Materialien der Vorzug gegeben.
- Für die Baukonstruktion ist Dauerhaftigkeit im Sinne einer guten Sanierbarkeit, sowie eine hohe Flexibilität gefordert. Alle baukonstruktiven Elemente unterstützen die Behaglichkeitsanforderungen durch die hohe Ausführungsqualität und, wo sinnvoll, die intelligente Nutzung von Sonnenenergie.
- Die Gebäudetechnik im Low-Tech Gebäude ist auf unbedingt notwendige Komponenten beschränkt. Einfache Wartung und Unterhalt sowie Robustheit der verbleibenden technischen Komponenten stehen immer im Vordergrund.
- Das Low-Tech Gebäude weist einen sehr geringen Energiebedarf und einen hohen Anteil erneuerbarer Energien in der Wärme- und Stromversorgung auf.
- Barrierefreiheit und damit Zugänglichkeit und Verständlichkeit für alle Generationen ist wichtiges Merkmal eines Low-Tech Gebäudes. Die Anforderungen, die hiermit verbunden sind, sind planerisch, baukonstruktiv und bei der Gebäudetechnik umfassend umgesetzt. Besonders die im Low-Tech Gebäude genutzte Technik ist einfach bedienbar und generationenübergreifend benutzbar.
- Die Behaglichkeit im Low-Tech Gebäude ist geprägt durch hohen thermischen Komfort, beste Luftqualität und einen hohen Tageslichtanteil.
- Grundsätzlich wird ein weitgefassterer Ansatz als in den jeweils relevanten Normen vorausgesetzt, um ein Low-Tech Gebäude realisieren zu können. Die Grenzen zu den gültigen Normen sind im detaillierten Anforderungskatalog ausführlich festgehalten.

- Das Ziel von Low-Tech Gebäuden ist, eine hohe Wirtschaftlichkeit über die gesamte Lebensdauer zu erreichen.

1.2 Projektzielsetzung

Vier dieser begleiteten Pilotgebäude wurden nun, im Rahmen eines Monitorings, messtechnisch von 2021 bis 2024 analysiert. Ziel dieses Projekts ist es, die bei den Pilotgebäuden umgesetzten Low-Tech Komponenten hinsichtlich Energieeffizienz und Behaglichkeit zu bewerten.

Dazu wurde der generelle Endenergiebedarf des Heiz- und Warmwassersystems in Monatswerten gemessen und ausgewertet. Zusätzlich wurden Temperatur-, Feuchte- und CO₂-Messungen durchgeführt und ausgewertet.

Eine detailliertere Beschreibung der Zielsetzung pro Pilotgebäude findet sich im jeweiligen Unterkapitel.

1.3 Pilotgebäude

1.3.1 Wien Süd VierHochZwei (EIV)

Beim Pilotgebäude Wien Süd VierHochZwei handelt es sich um ein Mehrwohnungsgebäude mit 6 Wohneinheiten, einer Wohnnutzfläche von 546,8 m²_{WNF} und einer Energiebezugsfläche von 559,0 m²_{EBF}. Bei 4 Wohneinheiten handelt es sich um doppelgeschossige Wohnungen, die im Erdgeschoss und ersten Obergeschoss situiert sind und wie vier Würfel zueinander geschoben sind. Bei den restlichen 2 Wohneinheiten handelt es sich um „Penthouse“-Wohnungen im zweiten Obergeschoss.

Das Gebäude verfügt über eine zentrale Luft-Wärmepumpe für die Heizung über eine Betonkernaktivierung und dezentrale, wohnungsweise Wärmepumpenboiler, die an den Heizkreisverteiler angeschlossen sind und als Wärmequelle die Heizungssteigleitungen nutzen. Im Sommer wird die aufgenommene Wärme der Wärmepumpenboiler zur Kühlung verwendet, da das abgekühlte Heizungswasser in den Heizungssteigleitungen die Betonkernaktivierung temperiert. Sollte die Temperatur des Heizungswassers in den Heizungssteigleitungen unter 18 °C absinken, heizt die zentrale Luft-Wärmepumpe nach.

Auf dem Flachdach des Gebäudes ist eine flach geneigte 10 kWp PV-Anlage mit Ost-West-Orientierung installiert. Der erzeugte PV-Strom kann derzeit nur zur Deckung des Stromverbrauchs der zentralen Luft-Wärmepumpe sowie dem Hilfs- und Allgemeinstrom genutzt werden aber nicht für den Haushaltsstromverbrauch der Tops inklusive den dezentralen WP-Boilern, da noch keine gemeinschaftliche Erzeugungsanlage umgesetzt ist.

1.3.2 Stallumnutzung Bechter (EIV)

Beim Pilotgebäude Stallumnutzung Bechter handelt es sich ursprünglich um einen alten Kuhstall, der von Architekt Georg Bechter saniert und als Büro und Leuchtenmanufaktur adaptiert wurde. Das Gebäude wurde bis auf die Primärkonstruktion abgetragen, anschließend wurde der Holzbau mit regionalen und nachwachsenden Rohstoffen wie etwa Holz und Lehm neu verkleidet. Vor der Südfassade befindet sich ein Wintergarten, welcher von den Mitarbeitern als Aufenthalts- und Besprechungsraum sowie Kaffeeküche genutzt wird. Die Glaselemente des Wintergartens lassen sich in den Sommermonaten öffnen um eine Überhitzung zu vermeiden.

Das Kernelement des Energiekonzepts ist ein Eis- bzw. Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher), der in der ehemaligen Jauchegrube installiert wurde und mit Brunnenwasser gespeist wird. Eine Wärmepumpe nutzt den NT-Speicher um das Gebäude in den Wintermonaten zu beheizen und in den Sommermonaten mithilfe von passiver Kühlung über einen Wärmetauscher zu temperieren. Das Wärme- bzw. Kälteabgabesystem ist eine Fußbodenheizung bzw. -kühlung, welche in den Lehmstampfboden des Gebäudes eingelegt ist. Die notwendige Wärmeenergie für den NT-Speicher in den Wintermonaten liefert die oberflächennahe Geothermie und ein in die Südfassade integrierter thermischer Solarkollektor mit ca. 27 m² Bruttokollektorfläche. Auf dem Dach des Gebäudes befindet sich eine PV-Anlage.

Das Gebäude hat eine Energiebezugsfläche nach PHPP von 629 m²_{EBF} und eine Nettogrundfläche (Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche) von 623 m²_{NGF}.

1.3.3 Schulen Hittisau (EIV)

Beim Pilotgebäude Schulen Hittisau handelt es sich um eine Generalsanierung eines Schulcampus mit Ersatzneubauten in der Gemeinde Hittisau im Bregenzerwald in Vorarlberg. Das Projekt beherbergt eine Volksschule, Mittelschule und Polytechnische Schule mit zwei Turnhallen und Veranstaltungssaal.

Die bestehende Volksschule und Polytechnische Schule sowie die Turnhalle wurden abgerissen. An deren Stelle wurden zwei neue Baukörper in Hybridbauweise mit Außen- und Innenwände als Holzbau sowie Zwischendecken und Stiegenhäuser als Massivbau errichtet. Einer der beiden Neubaukörper beherbergt nun die Mittelschule und Polytechnische Schule (Baukörper MP). Der zweite Neubaukörper ist das Gemeinschaftshaus mit Veranstaltungssaal im Erdgeschoss und zwei Turnhallen für Volks- und Mittelschule in den Obergeschossen (Baukörper GH). Baukörper MP ist seit September 2022 und Baukörper GH seit April 2023 in Betrieb.

Die bestehende Mittelschule wurde erhalten und generalsaniert. Die Außenwände des Massivbaus wurden mit einem Wärmedämmverbundsystem und das Schrägdach mit Zwischensparrendämmung thermisch saniert sowie die bestehenden Fenster erneuert. Der sanierte Baukörper beherbergt nun die Volksschule (Baukörper VS). Baukörper VS ist seit Dezember 2023 in Betrieb.

Die Wärmeversorgung der Gebäude erfolgt über die gemeindeeigene Fernwärme. Die Fernwärmeübergabestation mit großem Wärmespeicher (ca. 5.000 Liter) befindet sich im Baukörper GH. Die beiden anderen Baukörper MP und VS werden über Zuleitungen in den unterirdischen Erschließungsgängen versorgt.

Die Wärmeabgabe im Baukörper GH erfolgt im Veranstaltungssaal im Erdgeschoss und den Umkleiden sowie Sanitärräumlichkeiten in den Obergeschossen über Fußbodenheizung (FBH). Die beiden Turnhallen werden über Heizregister in der Lüftungsanlage (HRL) beheizt. Im Baukörper MP wird das Erdgeschoss mit der Garderobe, Bibliothek, Sekretariat und Arbeitsraum der Lehrpersonen über Fußbodenheizung beheizt. Die Wärmeabgabe in den Klassenzimmern der Mittelschule und Polytechnischen Schule in den Obergeschossen erfolgt über Heizkörper (HK). Der sanierte Baukörper VS wird ebenfalls über Heizkörper beheizt.

Die Warmwasserbereitung einzelner Räume (Putzräume, Teeküchen, Werkräume, naturwissenschaftliche Lehrräume und Lehrküche) erfolgt in den Baukörpern MP und VS dezentral elektrisch mit Hängespeichern und Durchlauferhitzern. Der Warmwasserbedarf der Sanitäranlagen

im Baukörper GH ist aufgrund der Turnhallen wesentlich höher als in den beiden anderen Baukörpern. Aus diesem Grund erfolgt die Warmwasserbereitung zentral im großen Wärmespeicher mit Fernwärme. Die Warmwasserverteilung ist ein Zirkulationssystem.

Alle drei Baukörper verfügen über eine kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Im Gebäude ist ein sogenanntes Hybridlüftungskonzept umgesetzt. Die Lüftungsanlage ist als hygienische Grundlüftung dimensioniert. Lüftungsflügel in der Fassade können bei höherem Frischluftbedarf (bspw. bei höherer Personenbelegung abweichend zur Standardnutzung) zusätzlich geöffnet werden. Die Lüftungsflügel können im Sommer zur Nachauskühlung automatisch geöffnet werden.

Die Dächer der drei Baukörper sind mit PV-Modulen belegt: 48,38 kWp auf Baukörper GH, 53,30 kWp auf Baukörper MP und 68,80 kWp auf Baukörper VS. Das Pilotgebäude Schulen Hittisau ist Teil der Erneuerbaren Energiegemeinschaft (EEG) Vorderwald. Der erzeugte PV-Strom wird zuerst für die Deckung des Stromverbrauchs der Schulen verwendet. Der Überschussstrom wird in der EEG Vorderwald regional genutzt.

Die Schulen Hittisau haben eine Gesamt-Energiebezugsfläche nach PHPP von 7.688,0 m²_{EBF}.

- Baukörper VS: 2.660,3 m²_{EBF}
- Baukörper GH: 1.960,7 m²_{EBF}
- Baukörper MP: 3.067,0 m²_{EBF}

1.3.4 Kita Halde Nord / Kita St. Martin (eza!)

Beim Pilotgebäude Kita Halde Nord bzw. Kita St. Martin (umbenannt nach Ende Begleitung im Rahmen des Förderprojekts) handelt es sich um den Neubau einer Kindertagesstätte in Kempten (Allgäu). Der zweigeschossige Kindergarten wurde in Holzbauweise im Passivhaus-Standard gebaut. Die Nutzfläche beträgt 1.410 m² und der Kindergarten bietet in insgesamt 7 Gruppen Platz für 78 Kindergarten- und 30 Krippenkinder.

Das Gebäude wird mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe (Leistung: 23 kW) mit Erdkörpern als Wärmequelle versorgt. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt über Fußbodenheizungen (35/28 °C). Es wurde ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärme- und Feuchterückgewinnung (Accubloc) eingebaut. Das Kanalnetz wurde stark reduziert: Die Zuluft wird in den Fluren eingeblasen und in den Gruppenräumen abgesaugt. Die Überströmung wird mit schallgedämmten Überströmöffnungen in der Wand zwischen Flur und Gruppenräumen realisiert. Auf eine Nachheizung der Zuluft wurde verzichtet. Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral elektrisch. Auf der Südseite sind große Dachüberstände als feststehender Sonnenschutz vorhanden.

1.4 Allgemeine Projekterkenntnisse

Eine effiziente thermische Gebäudehülle und ein ausgewogener Fensterflächenanteil ermöglichen geringe Heizwärme- und Kühlverbräuche. Der reale Verbrauch von Gebäuden kann mit validierten Rechenverfahren und realistischen Rechenrandbedingungen mit hoher Genauigkeit geplant werden. Dies gilt vor allem für Gebäudetypen wie Mehrfamilienhäuser, Büro- und Bildungsgebäude, für die das mittlere Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer gut abschätzbar ist.

Eine (unabhängige) Kontrolle des fertiggestellten Gebäudes sowie eine Einregulierung über 2 – 3 Heizperioden sind immer empfehlenswert. Durch einen optimierten Gebäudebetrieb sind deutliche Einsparungen möglich. Folgende Optimierungsmaßnahmen sind während des Betriebs möglich:

- Abgleich von Energiebedarfsprognoseberechnungen zu realem Verbrauch hinsichtlich Stromverbrauch, Warmwasserverbrauch, Heizenergieverbrauch und Solarerträgen (Photovoltaik & Solarthermie)
- Einstellung und Justierung der korrekten Heizkurve
- Regelmäßige Anpassung an die konkrete Nutzung (z.B. Justierung der Luftvolumenströme bei Änderung der Nutzerzahl oder Änderung der Raumnutzung)
- Definition der jeweiligen Raumtemperaturen
- Erkennung von Fehlern durch einfaches Gebäudemonitoring: Verbrauchs- oder Erzeugungsanomalien (plötzliche Ausreißer hinsichtlich Energieverbrauch oder Energieerzeugung), COP-Veränderung beim Einsatz von Wärmepumpen

Die Erkenntnisse, die nur für das jeweilige Pilotgebäude gültig sind, finden sich im jeweiligen Unterkapitel.

2 Monitoringbericht Pilotgebäude Wien Süd VierHochZwei (EIV)

2.1 Zielsetzung des Monitorings

Gemessen wird der generelle Endenergieverbrauch des Heiz- und Warmwassersystems in Monatswerten über 3 Jahre. Die dazu benötigte Messtechnik ist im Gebäude vorhanden.

Die Zählerstände werden als Viertelstundenwerte in der Gebäudeleittechnik mit Monitoringsystem erfasst und können digital ausgelesen werden. Die Daten werden mit den berechneten PHPP-Werten abgeglichen. Im Fokus steht dabei die Effizienz der Wärmepumpe sowie der Ertrag und die Eigennutzung der PV-Anlage.

Außerdem werden zwei Wärmepumpenboiler für zwei Monate (einmal im Juli und im Januar) detailliert mithilfe der gemessenen Viertelstundenwerte analysiert. Dabei werden die Wärmemengen der Wärmequelle und Wärmesenke sowie die Stromaufnahme der Wärmepumpenboiler erfasst um Aussagen über ihre Effizienz im Sommer und im Winter treffen zu können. Im Sommerfall steht dabei die Wärmeentnahme aus dem Heizkreis und somit Auskühlung der aktivierten Decke im Mittelpunkt.

2.2 Grundlegende Erläuterungen

Messung: Die Werte in den gelb hinterlegten Bereichen sind Messwerte von:

- 2021: 01.01.2021 bis 31.12.2021 (insgesamt 365 Tage)
- 2022: 01.01.2022 bis 31.12.2022 (insgesamt 365 Tage)
- 2023: Messung 01.01.2023 bis 30.11.2023 (insgesamt 334 Tage) + Abschätzung 01.12.2023 bis 31.12.2023 (insgesamt 31 Tage)¹
- 2024: Von 30.11.2023 bis 01.02.2024 wurden keine Messdaten aufgezeichnet. Ab 2024 waren auch keine Wärmemengenzähler und viele der Stromzähler mehr in der Monitoringplattform verfügbar. Auf mehrfache Nachfrage beim Plattformbetreiber erfolgte leider keine Reaktion. Folgende Zähler konnten beginnend mit 01.02.2024 noch ausgelesen werden: Stromverbrauch zentrale Luft-WP inkl. Hilfsstrom, PV-Ertrag, Strombezug und – einspeisung Zuleitung. Beim Stromzähler Zuleitung ist nicht mehr ersichtlich welche Verbraucher daran angeschlossen sind. Bisher wurde über diesen Zähler der resultierende Allgemiestromverbrauch und der Stromverbrauch der zentralen Luft-WP inkl. Hilfsstrom nach Abzug des eigengenutzten Anteils des PV-Ertrags erfasst. Der aktuell erfasste Stromverbrauch (Strombezug + PV-Ertrag – Stromeinspeisung) ist deutlich geringer als der Allgemiestromverbrauch und der Stromverbrauch der zentralen Luft-WP inkl. Hilfsstrom der Vorjahre. Aus diesem Grund wird für das Jahr 2024 nur der Stromverbrauch der zentralen Luft-WP inkl. Hilfsstrom sowie der PV-Ertrag ausgewertet, die nicht verfügbaren Messdaten sind mit NV gekennzeichnet. Aus den Messdaten der Vorjahre wird der Verbrauch der dezentralen Wärmepumpenboiler abgeschätzt und der Verbrauch der

¹ Verhältnis Messwert Dezember 2021 und 2022 zu Summe Messwerte Jänner bis November 2021 und 2022

zentralen Wärmepumpe auf Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom und Endenergie WW inkl. Hilfsstrom aufgeteilt.

Ableitung: Die Werte in den blau hinterlegten Bereichen sind abgeleitete Werte die aus den Messwerten berechnet sind. Die Berechnung ist für die einzelnen Werte jeweils beschrieben.

Prognose: Die Werte in den grün hinterlegten Bereichen sind prognostizierte Berechnungswerte. Die Prognoseberechnung erfolgt mit dem Berechnungstool PHPP.

Es werden die Messwerte aus dem Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024 analysiert. Im Jahr 2024 kann nur ein Teil der Verbräuche ausgewertet werden, wie oben beschrieben. Im Jahr 2023 und 2024 wird der Verbrauch im Dezember aus den Messwerten der Jahre 2021 und 2022 abgeschätzt (auch im Jahr 2023, da von 30.11.2023 bis 01.02.2024 keine Messdaten aufgezeichnet wurden).

2.3 Wärme- und Kälteverbrauch Bauteilaktivierung (BTA) und Wärmeaufnahme dezentrale Wärmepumpenboiler (WP-Boiler)

Top	Messung		Ableitung	
	BTA inkl. WP-Boiler	WP-Boiler	BTA Heizung	BTA Kühlung
A	87,5	14,8	74,4	1,7
B	90,9	17,2	74,4	0,8
C	70,9	10,1	61,3	0,5
D	101,7	16,2	86,9	1,4
E	61,8	16,6	46,6	1,4
F	47,2	7,2	40,3	0,4
Gebäude	75,0	13,4	62,7	1,0

Tabelle 1: Wärme- und Kälteverbrauch BTA und Wärmeaufnahme WP-Boiler in kWh/(m²_{WNF}*a) – Jahr 2021

Top	Messung		Ableitung	
	BTA inkl. WP-Boiler	WP-Boiler	BTA Heizung	BTA Kühlung
A	68,4	8,8	60,4	0,8
B	75,9	16,8	60,8	1,6
C	51,7	6,3	46,0	0,5
D	86,4	14,0	73,4	1,0
E	50,6	16,6	35,3	1,3
F	33,9	7,1	27,2	0,4
Gebäude	59,7	11,4	49,2	0,9

Tabelle 2: Wärme- und Kälteverbrauch BTA und Wärmeaufnahme WP-Boiler in kWh/(m²_{WNF}*a) – Jahr 2022

Top	Messung		Ableitung	
	BTA inkl. WP-Boiler	WP-Boiler	BTA Heizung	BTA Kühlung
A	59,3	12,2	48,8	1,7
B	51,0	12,3	39,7	1,0
C	47,2	7,0	40,8	0,7
D	60,3	12,2	49,4	1,4
E	42,8	12,5	31,1	0,9
F	26,1	6,4	20,5	0,8
Gebäude	46,8	10,2	37,6	1,0

Tabelle 3: Wärme- und Kälteverbrauch BTA und Wärmeaufnahme WP-Boiler in kWh/(m²_{WNF}*a) – Jahr 2023

BTA inkl. WP-Boiler: Die Werte sind die gemessenen Wärmemengen am Heizkreisverteiler der einzelnen Wohnungen. Sie beinhalten die Wärmeaufnahme der dezentralen WP-Boiler sofern diese nicht durch passive Kühlung gedeckt ist (in den Sommermonaten).

WP-Boiler: Die Werte sind die gemessenen Wärmeaufnahmen der dezentralen WP-Boiler.

BTA Heizung: Die Werte geben den Wärmeverbrauch der BTA für die Heizung an. Die monatliche Wärmeaufnahme der WP-Boiler wird von den monatlichen Wärmemengen am Heizkreisverteiler abgezogen. Es werden nur positive Monatswerte berücksichtigt (positive Monatswerte = Heizung, negative Monatswerte = Kühlung).

BTA Kühlung: Die Werte geben den Kälteverbrauch der BTA für die Kühlung an. Die monatliche Wärmeaufnahme der WP-Boiler wird von den monatlichen Wärmemengen am Heizkreisverteiler abgezogen. Es werden nur negative Monatswerte berücksichtigt (positive Monatswerte = Heizung, negative Monatswerte = Kühlung).

Es ergeben sich folgende mittlere Wärmeverbräuche der BTA für die Heizung.

- Jahr 2021: 62,7 kWh/(m²_{WNF}*a)
- Jahr 2022: 49,2 kWh/(m²_{WNF}*a)
- Jahr 2023: 37,6 kWh/(m²_{WNF}*a) (Jänner bis November gemessen, Dezember abgeschätzt)
- Jahr 2024: Keine Auswertung der Wärmeverbräuche der BTA für die Heizung möglich, da die Wärmemengenzähler nicht mehr aufgezeichnet werden.

Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen den gemessenen Wärmeverbrauch der BTA pro Top und Gebäude im Vergleich zur originalen und angepassten Prognoseberechnung.

Der angepasste, prognostizierte Heizwärmebedarf von 37,7 kWh/(m²_{WNF}*a) berücksichtigt die gemessene, mittlere Innenraumtemperatur des Gebäudes im Winterhalbjahr und die gemessenen Außentemperaturen und Globalstrahlung am Gebäudestandort. Die Randbedingungen der originalen und angepassten Prognoseberechnung sind in Tabelle 4 gegenübergestellt.

	Einheit	Prognose Original	Prognose angepasst
Innentemperatur Winterhalbjahr	°C	23	23,5
Heizgradstunden	kKh/a	74	70
Strahlung horizontal		337	405
Warmwasser Nutzwärme	kWh/a	7.400	13.100
Arbeitszahl WP-Boiler	-	4,3	1,6

Tabelle 4: Vergleich der Randbedingungen Prognoseberechnungen mit PHPP

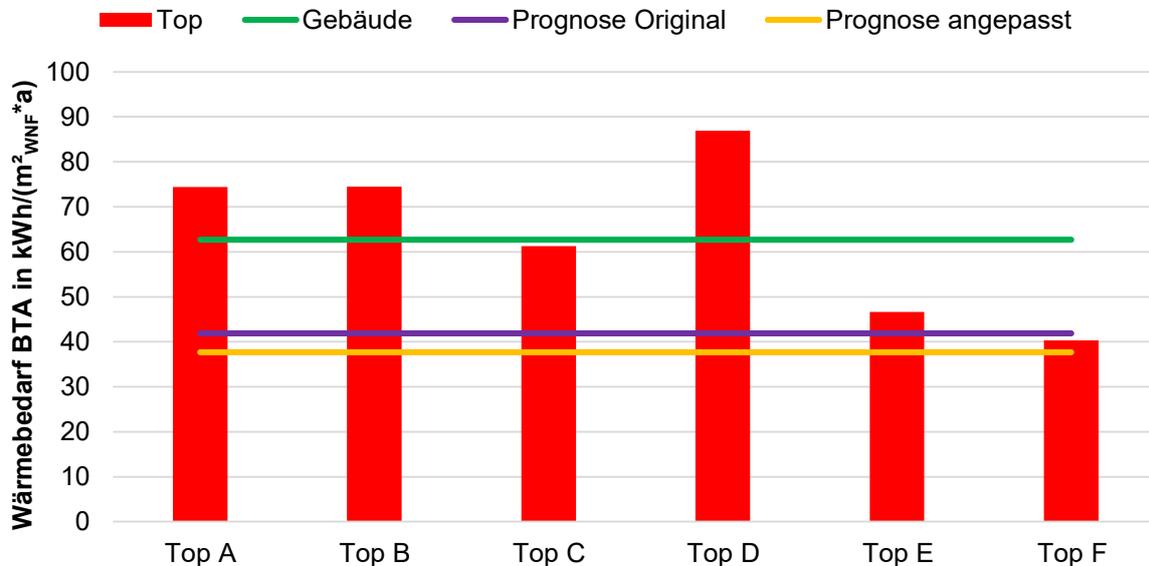


Abbildung 1: Wärmeverbrauch BTA pro Top und Gebäude im Vergleich zu Prognose – 2021

Auffällig ist, dass im Jahr 2021 2 Wohnungen sehr nahe an den prognostizierten Heizwärmebedarf von 41,8 kWh/(m²_{WNF}*a) (Prognose Original) bzw. 37,7 kWh/(m²_{WNF}*a) (Prognose angepasst) herankommen, 4 Wohnungen aber deutlich mehr verbrauchen, wie in Abbildung 1 ersichtlich. Gründe hierfür sind ein erhöhter Energieaufwand für die Austrocknung von Decken, Nachregulierungen an den technischen Geräten und neue, unerfahrene Nutzer.

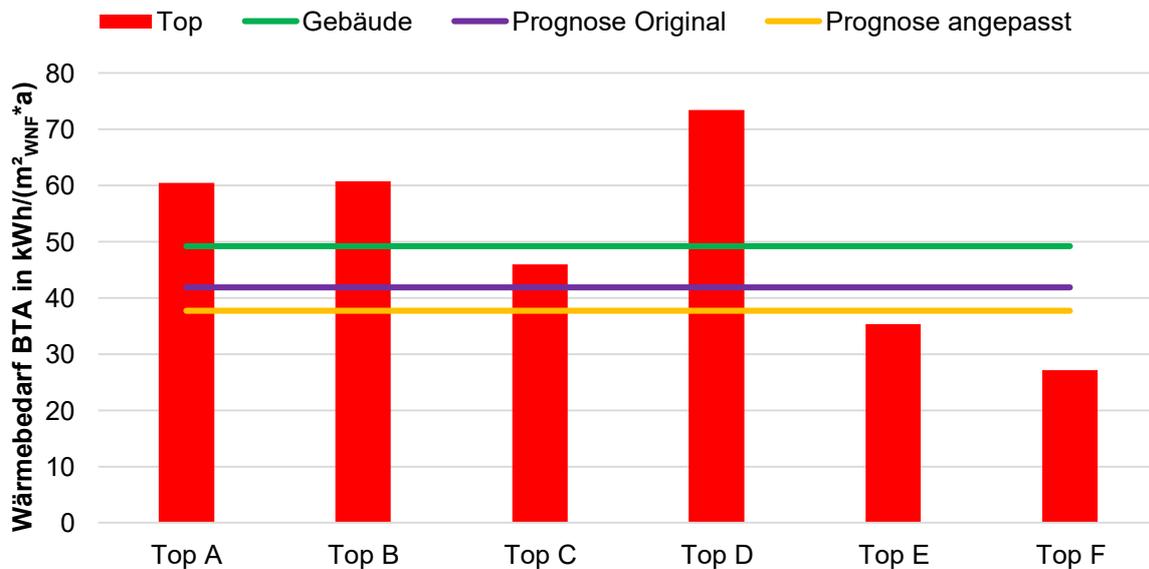


Abbildung 2: Wärmeverbrauch BTA pro Top und Gebäude im Vergleich zu Prognose – 2022

Im zweiten Messjahr 2022 sind die Wärmeverbräuche schon wesentlich geringer, wie in Abbildung 2 ersichtlich. Der mittlere Wärmeverbrauch des Gebäudes sinkt von 62,7 kWh/(m²_{WNF}*a) im Jahr 2021 auf 49,2 kWh/(m²_{WNF}*a) im Jahr 2022.

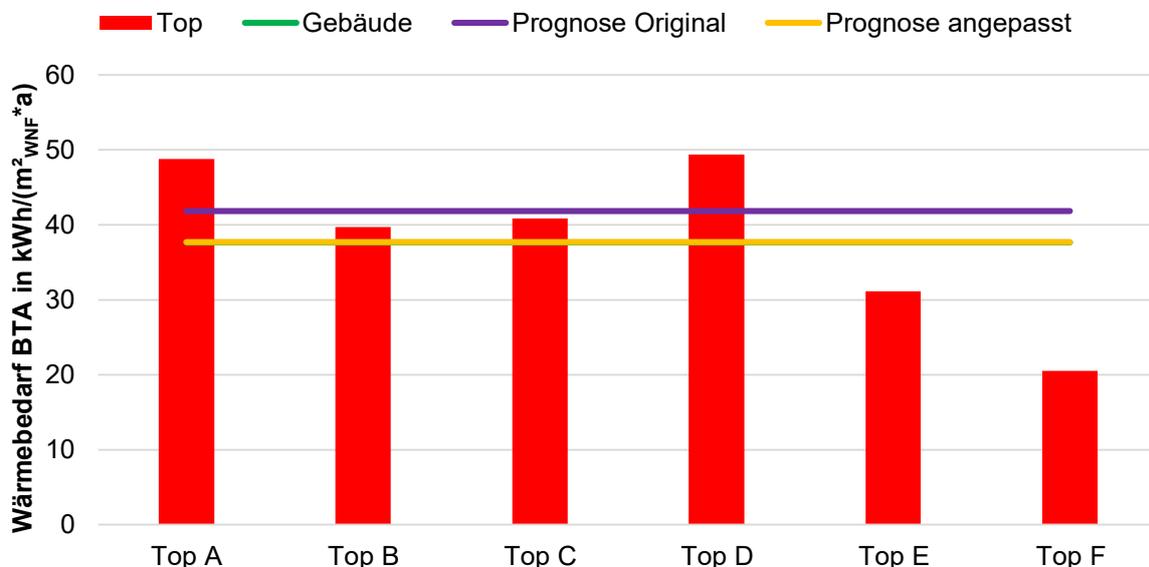


Abbildung 3: Wärmeverbrauch BTA pro Top und Gebäude im Vergleich zu Prognose – 2023

Im dritten Messjahr 2023 sinkt der mittlere Wärmeverbrauch des Gebäudes auf 37,6 kWh/(m²_{WNF}*a) und ist gleich wie die angepasste Prognoseberechnung, wie in Abbildung 3 ersichtlich.

Im vierten Messjahr 2024 kann der mittlere Wärmeverbrauch des Gebäudes nicht mehr ausgewertet werden, da die Wärmemengenzähler nicht mehr aufgezeichnet werden.

2.4 Endenergieverbrauch

	Einheit	2021	2022	2023	2024
Stromverbrauch zentrale Luft-WP inkl. Hilfsstrom	kWh/m² _{WNF}	21,8	16,0	12,2	20,4
Allgemeinstromverbrauch	kWh/m² _{WNF}	3,6	3,5	3,5	NV
Haushaltsstromverbrauch inkl. WP-Boiler	kWh/m² _{WNF}	46,5	40,4	41,7	NV
Gesamt	kWh/m² _{WNF}	71,9	59,9	57,4	NV
PV-Ertrag	kWh/m² _{WNF}	19,1	19,1	18,3	18,8
PV-Eigennutzung	kWh/m² _{WNF}	4,8	5,5	4,4	0,4

Tabelle 5: Endenergieverbrauch Gebäude – Messung

Die PV-Anlage ist an einem Zählpunkt mit der zentralen Luft-Wärmepumpe, sowie dem Hilfs- und Allgemestrom installiert. Da keine gemeinschaftliche Erzeugungsanlage umgesetzt ist, kann die PV-Erzeugung deshalb nur von diesen Verbrauchern genutzt werden, aber nicht vom Haushaltsstromverbrauch der Tops inklusive den dezentralen WP-Boilern. Die hochgerechnete PV-Eigennutzung in nachfolgender Tabelle 6 ist eine Abschätzung wie hoch die PV-Eigennutzung ausfallen könnte, wenn eine gemeinschaftliche Erzeugungsanlage umgesetzt werden würde, wie bei der Prognoseberechnung angenommen.

Der Stromverbrauch der zentralen Luft-WP inklusive Hilfsstrom lässt sich in Abhängigkeit des Wärmeverbrauchs der BTA für Heizung und der Wärmeaufnahme der dezentralen WP-Boiler abzüglich des Kälteverbrauch der BTA für Kühlung in Stromverbrauch für Heizung und anteiliger Stromverbrauch für Warmwasserbereitung aufteilen. Der anteilige Stromverbrauch der zentralen Luft-WP für die Warmwasserbereitung sowie der Stromverbrauch der dezentralen WP-Boiler ist für das Jahr 2024 aus den Vorjahren abgeschätzt, da keine detaillierten Messdaten mehr zur Verfügung stehen.

- Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom
 - Jahr 2021: 17,2 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2022: 12,4 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2023: 9,3 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2024: 16,7 kWh/(m²_{WNF}*a)
- Endenergie WW inkl. Hilfsstrom – Anteiliger Stromverbrauch
 - Jahr 2021: 4,6 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2022: 3,6 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2023: 3,0 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2024: 3,7 kWh/(m²_{WNF}*a) (aus Vorjahren abgeschätzt)

Aus dem mittleren Verhältnis der Wärmeaufnahme und dem Stromverbrauch der WP-Boiler der beiden gemessenen Tops lässt sich der Stromverbrauch der WP-Boiler der anderen Tops abschätzen. Somit ergibt sich folgender abgeschätzter Stromverbrauch für alle WP-Boiler.

- Endenergie WW inkl. Hilfsstrom – Stromverbrauch WP-Boiler Top A – F
 - Jahr 2021: 22,0 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2022: 21,3 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2023: 20,1 kWh/(m²_{WNF}*a)
 - Jahr 2024: 21,1 kWh/(m²_{WNF}*a) (aus Vorjahren abgeschätzt)

Der verbleibende Haushalts- und Allgemiestrom ergibt sich nach Abzug des abgeschätzten Stromverbrauchs für alle WP-Boiler.

	Einheit	2021	2022	2023	2024	Prognose Original	Prognose angepasst
Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	17,2	12,4	9,3	16,7	14,3	12,9
Endenergie WW inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	26,6	25,0	23,0	24,9	10,0	23,1
Kühlung inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	-	-	-	-	1,4	2,5
Haushalts- und Allgemiestrom	kWh/m ² _{WNF}	28,0	22,6	25,2	NV	30,7	30,7
PV-Ertrag	kWh/m ² _{WNF}	19,1	19,1	18,3	18,8	17,0	17,7
PV-Eigennutzung	kWh/m ² _{WNF}	13,9	11,6	10,7	NV	12,8	16,7

Tabelle 6: Endenergieverbrauch Gebäude – Ableitung 2021, 2022, 2023 und 2024 und Vergleich mit Prognose

Unterschied zwischen prognostizierten, gemessenen und hochgerechneten Werten:

- Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom: Aufgrund des höheren Heizwärmeverbrauchs des Gebäudes (2021). Im Jahr 2022 und 2023 entspricht der Endenergieverbrauch Heizung inkl. Hilfsstrom aufgrund des reduzierten Heizwärmeverbrauchs dem prognostizierten Verbrauch (Prognose angepasst) bzw. liegt sogar geringer.
- Endenergie WW inkl. Hilfsstrom: Aufgrund der höheren Warmwasser-Nutzwärme sowie der geringeren Effizienz der verbauten dezentralen WP-Boiler. Im Jahr 2023 entspricht der gemessene Endenergieverbrauch WW inkl. Hilfsstrom dem prognostizierten Verbrauch (Prognose angepasst).

Die angepasste Prognoseberechnung berücksichtigt sowohl die geringere Effizienz der WP-Boiler als auch die höhere, gemessene Warmwassernutzwärme (siehe Tabelle 4).

2.5 Messung und Auswertung von zwei dezentralen WP-Boilern

	Einheit	Messung/Ableitung					
		Top A			Top B		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
Wärmeaufnahme WP-Boiler	kWh/m ² _{WNF}	17,2	16,8	12,3	14,8	8,8	12,2
Stromverbrauch WP-Boiler	kWh/m ² _{WNF}	20,8	18,9	16,9	31,3	24,4	31,3
Wärmeabgabe WP-Boiler	kWh/m ² _{WNF}	38,1	35,7	29,2	46,1	33,2	43,5
Warmwasser-Nutzwärme	kWh/m ² _{WNF}	26,4	27,3	21,4	32,3	23,9	33,6
Aufwandszahl WW-Speicherung	%	144%	131%	137%	143%	139%	129%
Arbeitszahl WP-Boiler	-	1,83	1,89	1,73	1,47	1,36	1,39
Anteiliger Stromverbrauch zentrale Luft-WP	kWh/m ² _{WNF}	5,4	4,1	3,2	4,4	2,6	3,1
Arbeitszahl WP-Boiler inkl. Strom Zentral	-	1,45	1,55	1,46	1,29	1,23	1,26

Tabelle 7: Messung und Auswertung dezentrale WP-Boiler 2021, 2022 und 2023

- In zwei Wohneinheiten wird die Wärmeaufnahme und der Stromverbrauch der WP-Boiler sowie die Warmwasser-Nutzwärme gemessen. Die orange hinterlegten Werte sind die gemessenen Werte für 2021, 2022 und 2023 (Messung Jänner bis November, Abschätzung für Dezember). Die blau hinterlegten Werte sind die daraus abgeleiteten Werte.
- Die gemessene Warmwasser-Nutzwärme von 27,5 kWh/(m²_{WNF}*a), im Mittel der beiden Tops und alle drei Messjahre, unterscheidet sich stark von der Annahme in der Prognoseberechnung mit durchschnittlichem Warmwasserbedarf laut Wien Süd:
- **22,4 Liter/(Bewohner*Tag)** und 16 Bewohner → 13,2 kWh/(m²_{EBF}*a) → 13,5 kWh/(m²_{WNF}*a). Die hochgerechnete Warmwasser-Nutzwärme entspricht einem durchschnittlichen Warmwasserverbrauch von **46,5 Liter/(Bewohner*Tag)**, sofern das Gebäude 16 Bewohner hat.
- Die Wärmeabgabe der WP-Boiler ist die Summe aus Wärmeaufnahme und Stromverbrauch der WP-Boiler.
- Die abgeleitete Aufwandszahl für die Warmwasserspeicherung (Wärmeabgabe WP-Boiler/Warmwasser-Nutzwärme) von 137%, im Mittel der beiden Tops und alle drei Messjahre, stimmt gut mit dem Wert der Prognoseberechnung überein: 149%.
- Die Messergebnisse zeigen, dass die verbauten WP-Boiler (erste Ovum-Generation) sehr geringe Gesamtarbeitszahlen (inkl. Stromverbrauch der WP-Boiler und anteiligem Stromverbrauch der zentralen Luft-WP) erreichen: 1,37 im Mittel der beiden Tops und alle drei Messjahre. In der Prognoseberechnung ist eine Gesamtarbeitszahl von 2,32 angenommen. In der angepassten Prognoseberechnung ist eine Gesamtarbeitszahl von 2,39 angenommen. Das Forschungsprojekt Dafins zeigt jedoch im direkten Vergleich, dass die Geräte der zweiten Generation wesentlich effizienter sind als die der ersten Generation.

2.6 Monatliche Auswertung Endenergieverbrauch

Die folgende Abbildung 4 zeigt den monatlichen Endenergieverbrauch für das Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024 bezogen auf die Wohnnutzfläche. Im direkten Vergleich zeigt sich, dass der Endenergieverbrauch für Heizung inkl. Hilfsstrom im Jahr 2022 und 2023 bisher in allen Monaten niedriger ausfällt als im Jahr 2021. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, liegt der Unterschied wahrscheinlich am erhöhter Energieaufwand für die Austrocknung von Decken im ersten Betriebsjahr. Der Endenergieverbrauch für Heizung inkl. Hilfsstrom ist im Jänner 2024 deutlich

höher als in den Vorjahren, die restlichen Monate sind annähernd gleich und teilweise auch niedriger. Überraschend ist, dass der Haushalts- und Allgemenstromverbrauch im Jänner 2021 deutlich höher ist als alle nachfolgenden Monate.

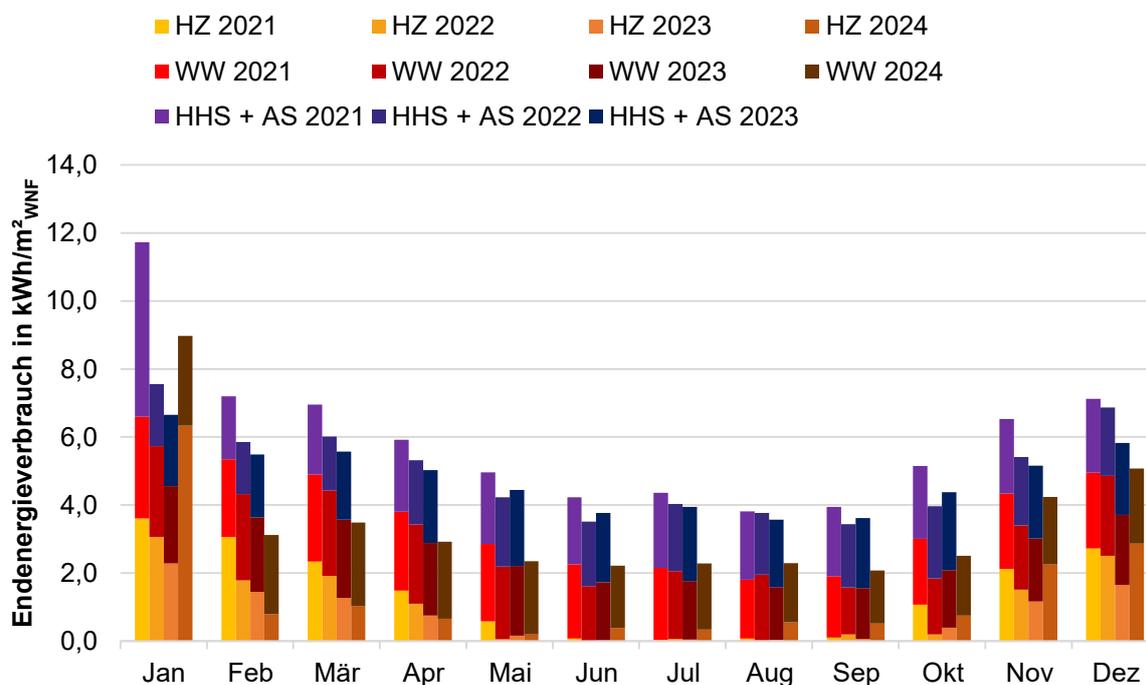


Abbildung 4: Vergleich Endenergieverbrauch 2021, 2022, 2023 und 2024 in kWh/m²_WNF²

Die folgende Abbildung 5 zeigt den monatlichen PV-Ertrag für das Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024 bezogen auf die Wohnnutzfläche. Im direkten Vergleich gibt es keine auffälligen Unterschiede.

² HZ = Endenergieverbrauch Heizung inkl. Hilfsstrom, WW = Endenergieverbrauch Warmwasser inkl. Hilfsstrom, HHS + AS = Haushaltsstrom- und Allgemenstromverbrauch

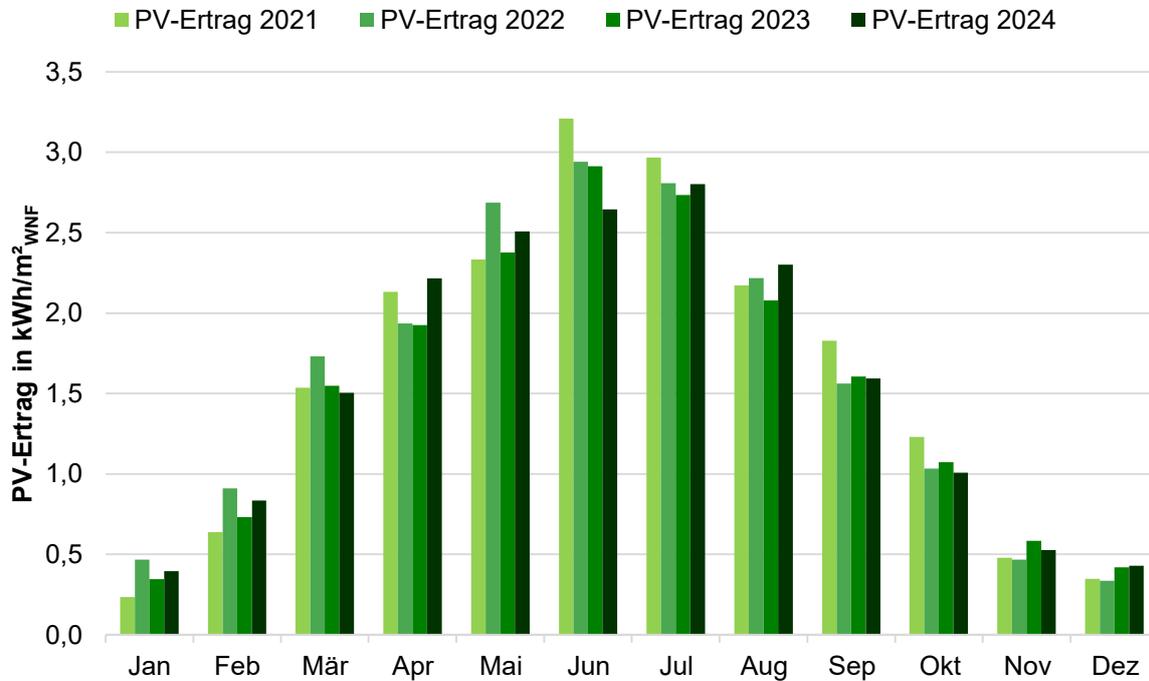


Abbildung 5: Vergleich PV-Ertrag 2021, 2022, 2023 und 2024 in kWh/m²_{WNF}

2.7 Detailmessung Warmwasserbereitung – Winter

Die folgende Abbildung 6 zeigt den gesamten Wärmeverbrauch aller Tops, den Stromverbrauch der zentralen Luft-Wärmepumpe, die Arbeitszahl der zentralen Luft-Wärmepumpe sowie die Außentemperatur während des Detailzeitraums vom 11.01.2021 bis zum 17.01.2021.

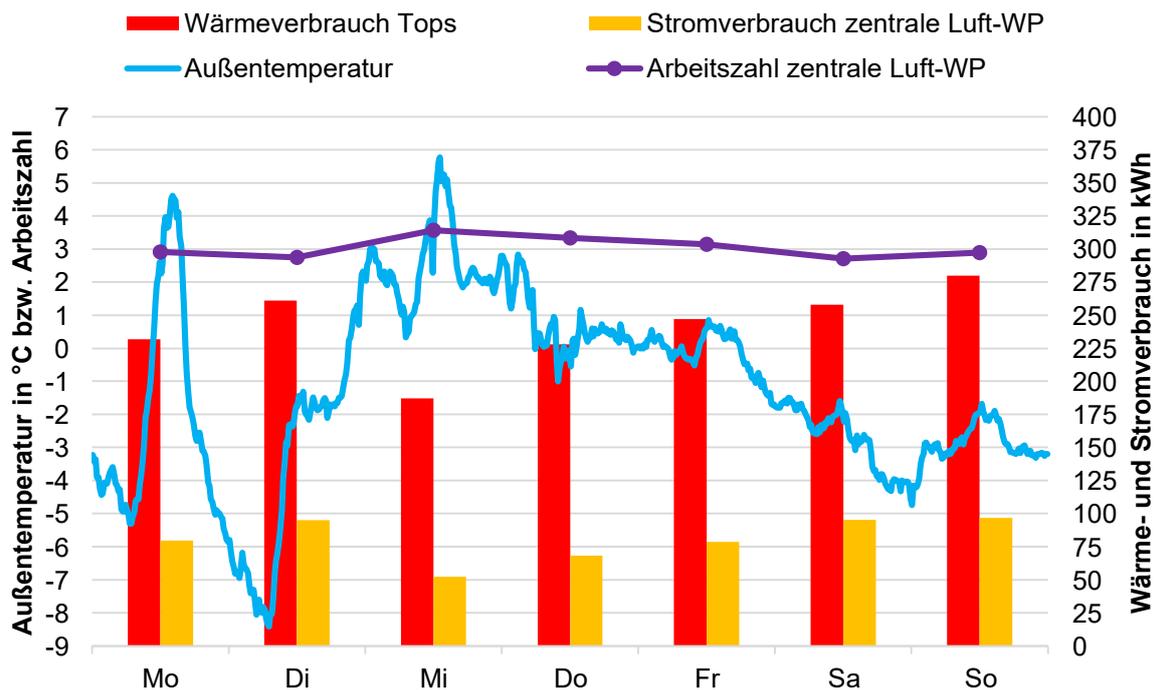


Abbildung 6: Wärmeverbrauch Tops, Stromverbrauch zentrale Luft-WP, Arbeitszahl zentrale Luft-WP und Außentemperatur während Detailzeitraum 11.01.2021 bis 17.01.2021

Die hier dargestellte Arbeitszahl der zentralen Luft-Wärmepumpe berücksichtigt die Speicher- und Verteilverluste des Wärmeverteilsystems. Die Werte sind also im Vergleich zu üblichen

Arbeitszahlen, bei denen die erzeugte Wärme der Wärmepumpe im Verhältnis zum Stromverbrauch der Wärmepumpe steht, um die Speicher- und Verteilverluste des Wärmeverteilsystems reduziert. Die Werte schwanken zwischen 2,7 und 3,6. Im Wochenmittel liegt die Arbeitszahl bei 3,0. Es ist klar ersichtlich, dass die Arbeitszahl der zentralen Luft-Wärmepumpe mit der Außentemperatur schwankt.

Die folgende Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigt den Warmwasserwärmeverbrauch, den Stromverbrauch des WP-Boilers, den anteiligen Stromverbrauch von der zentralen Wärmepumpe sowie die Arbeitszahl des WP-Boilers mit und ohne Berücksichtigung des anteiligen Stromverbrauchs während des Detailzeitraums von 11.01.2021 bis 17.01.2021 jeweils für Top A und Top B.

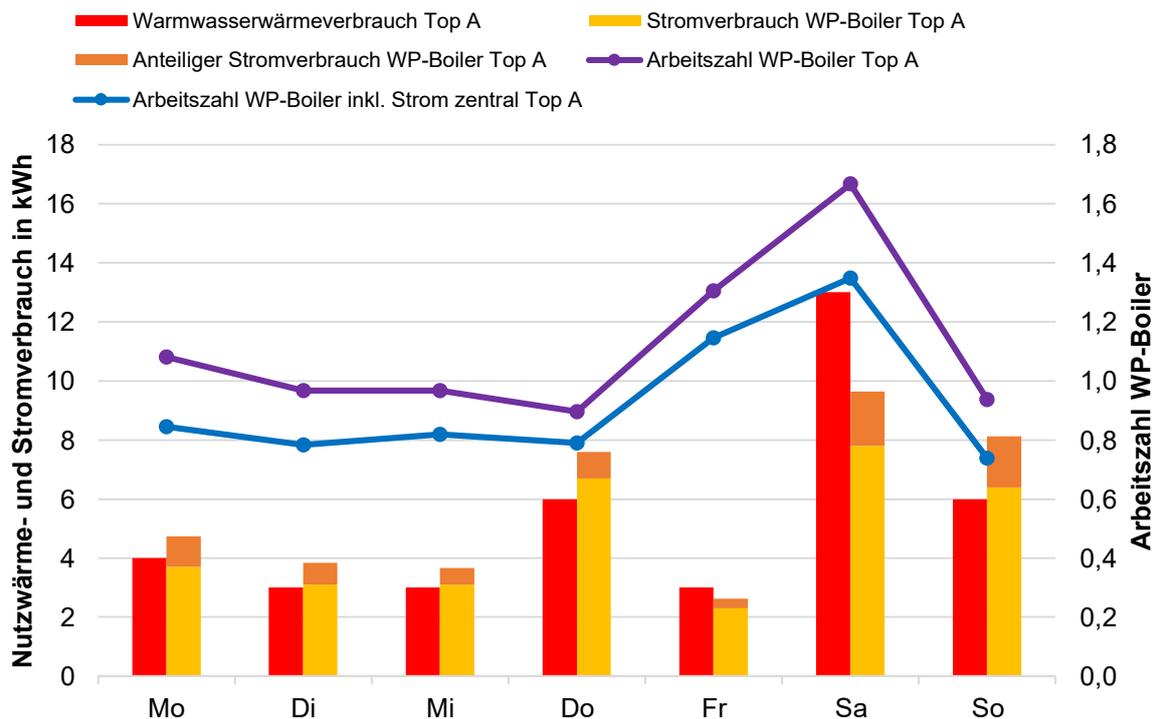


Abbildung 7: Warmwasserwärmeverbrauch, Stromverbrauch WP-Boiler, Anteiliger Stromverbrauch WP-Boiler, Arbeitszahl WP-Boiler mit und ohne anteiligem Stromverbrauch während Detailzeitraum 11.01.2021 bis 17.01.2021 – Top A

Im Wochenmittel liegt die Arbeitszahl des WP-Boilers von Top A bei 1,15 und mit anteiligem Stromverbrauch der zentralen Luft-Wärmepumpe bei 0,95. Bei Top B liegen die Werte bei 1,42 bzw. 1,06.

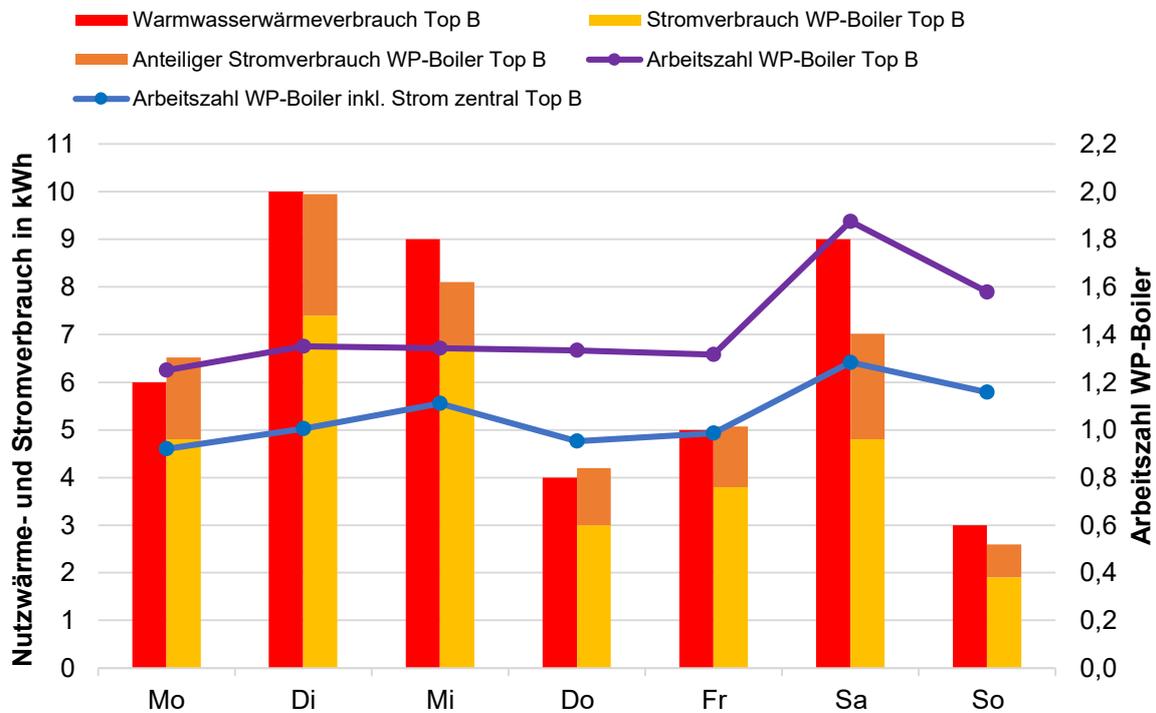


Abbildung 8: Warmwasserwärmeverbrauch, Stromverbrauch WP-Boiler, Anteiliger Stromverbrauch WP-Boiler, Arbeitszahl WP-Boiler mit und ohne anteiligem Stromverbrauch während Detailzeitraum 11.01.2021 bis 17.01.2021 – Top B

2.8 Detailmessung Warmwasserbereitung – Sommer

Die folgende Abbildung 9 zeigt den gesamten Wärmeverbrauch aller Tops und aller WP-Boiler, den Stromverbrauch der zentralen Luft-Wärmepumpe sowie die Außentemperatur während des Detailzeitraums vom 11.07.2022 bis zum 17.07.2022.

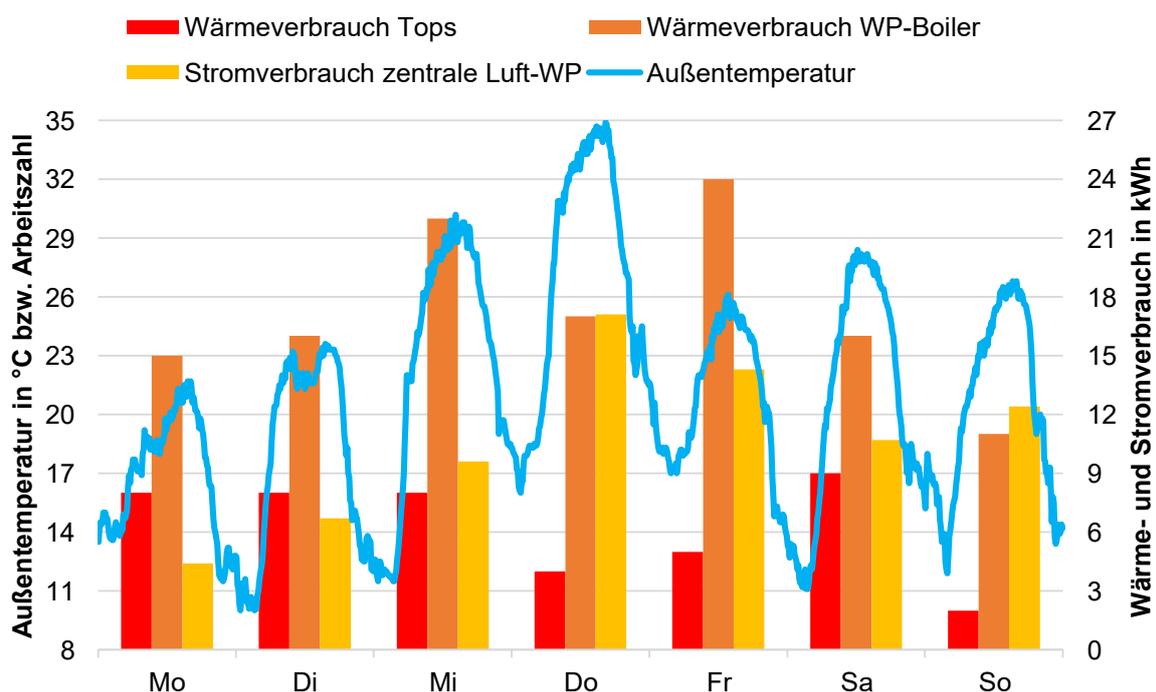


Abbildung 9: Wärmeverbrauch Tops, Wärmeverbrauch WP-Boiler, Stromverbrauch zentrale Luft-WP und Außentemperatur während Detailzeitraum 11.07.2022 bis 17.07.2022

Abbildung 9 zeigt eindeutig, dass der gemessene Wärmeverbrauch aller WP-Boiler an allen Tagen des Detailzeitraums höher ist als der gesamte Wärmeverbrauch der Tops. Das bedeutet, dass mit der Differenz zwischen Wärmeverbrauch WP-Boiler und Wärmeverbrauch Tops ein Teil der Gebäudekühlung in diesem Detailzeitraum abgedeckt wurde.

- Wärmeverbrauch WP-Boiler = 121 kWh
- Wärmeverbrauch Tops = 44 kWh
- Gebäudekühlung durch WP-Boiler = 77 kWh

Der Stromverbrauch der zentralen Luft-Wärmepumpe ist auch an mehreren Tagen des Detailzeitraums höher als der gesamte Wärmeverbrauch der Tops. Da es sich dabei um eine reversible Wärmepumpe handelt, wird ein großer Teil dieses Stromverbrauchs sehr wahrscheinlich für die Gebäudekühlung verwendet. Während des Detailzeitraums vom 11.01.2021 bis zum 17.01.2021 ergibt sich eine Arbeitszahl im Wochenmittel von 3,0 bei einer Außentemperatur zwischen -8 °C und + 6 °C. Aus diesem Grund wird die mittlere Arbeitszahl während des Detailzeitraums vom 11.07.2022 bis 17.07.2022 mit 5,0 abgeschätzt (Außentemperatur zwischen 11 °C und 35 °C). Dadurch ergibt sich folgende Aufteilung des Stromverbrauchs der zentralen Wärmepumpe für Warmwasserbereitung und Gebäudekühlung.

- Stromverbrauch zentrale WP = 75 kWh
- Stromverbrauch zentrale WP für Warmwasserbereitung = 9 kWh
- Stromverbrauch zentrale WP für Gebäudekühlung = 66 kWh

Die folgende Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigt den Warmwasserwärmeverbrauch, den Stromverbrauch des WP-Boilers, den anteiligen Stromverbrauch von der zentralen Wärmepumpe sowie die Arbeitszahl des WP-Boilers mit und ohne Berücksichtigung des anteiligen Stromverbrauchs während des Detailzeitraums von 11.07.2022 bis 17.07.2022 jeweils für Top A und Top B.

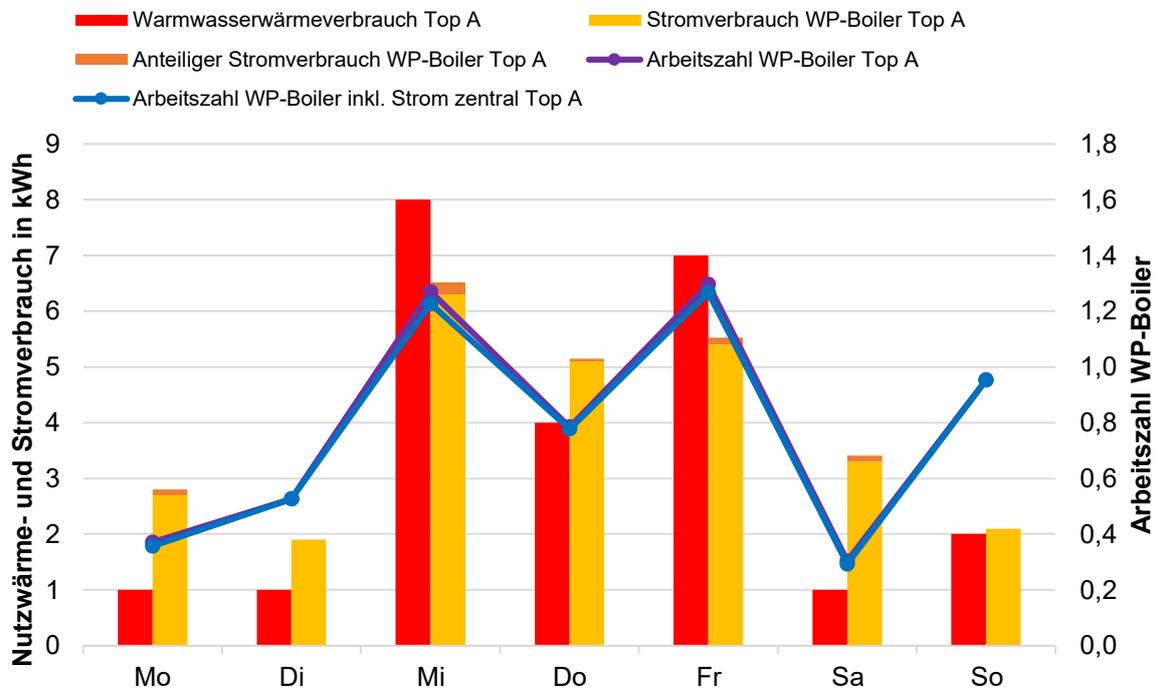


Abbildung 10: Warmwasserwärmeverbrauch, Stromverbrauch WP-Boiler, Anteiliger Stromverbrauch WP-Boiler, Arbeitszahl WP-Boiler mit und ohne anteiligem Stromverbrauch während Detailzeitraum 11.07.2022 bis 17.07.2022 – Top A

Im Wochenmittel liegt die Arbeitszahl des WP-Boilers von Top A aufgrund der geringen Temperatur des Heizkreises für die Gebäudekühlung bei 0,90 und mit anteiligem Stromverbrauch der zentralen Luft-Wärmepumpe bei 0,88. Bei Top B liegen die Werte bei 1,29 bzw. 1,23.

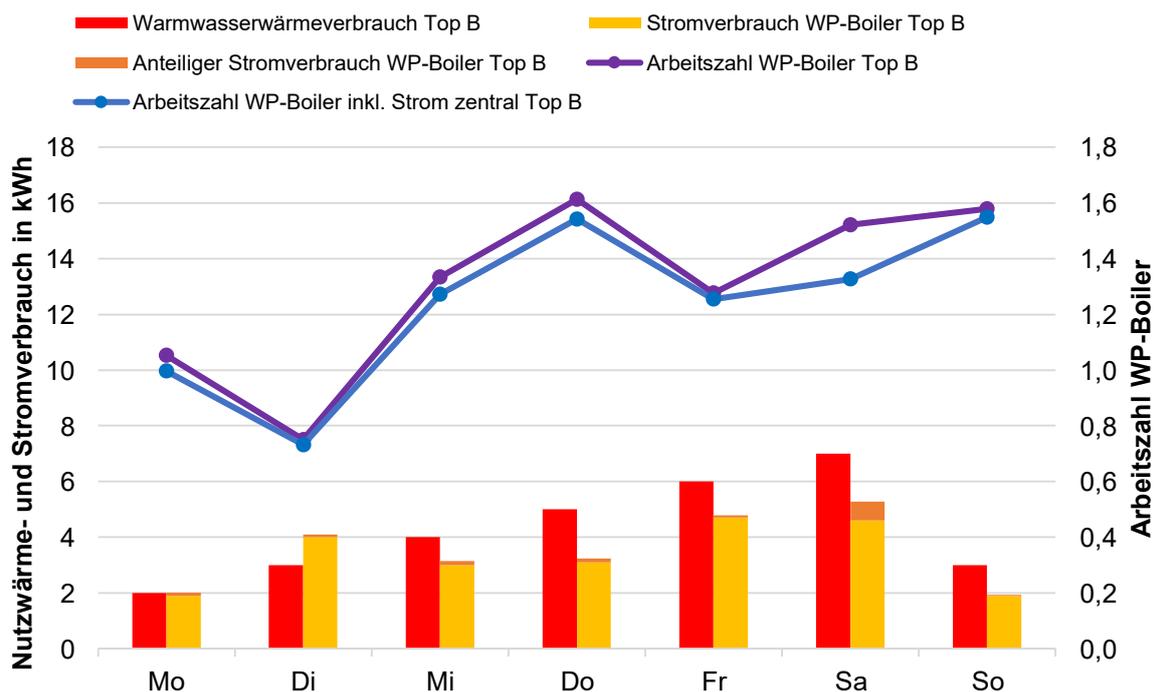


Abbildung 11: Warmwasserwärmeverbrauch, Stromverbrauch WP-Boiler, Anteiliger Stromverbrauch WP-Boiler, Arbeitszahl WP-Boiler mit und ohne anteiligem Stromverbrauch während Detailzeitraum 11.07.2022 bis 17.07.2022 – Top B

2.9 Soll-Ist-Vergleich

	Einheit	Soll	Ist (nicht witterungsbereinigt)			
			2021	2022	2023	2024
Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	12,9	17,2	12,4	9,3	16,7
Endenergie WW inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	23,1	26,6	25,0	23,0	24,9
Kühlung inkl. Hilfsstrom	kWh/m ² _{WNF}	2,5	-	-	-	-
Haushalts- und Allgemeinstrom	kWh/m ² _{WNF}	30,7	28,0	22,6	25,2	NV
PV-Ertrag	kWh/m ² _{WNF}	17,7	19,1	19,1	18,3	18,8
PV-Eigennutzung	kWh/m ² _{WNF}	16,7	13,9	11,6	10,7	NV

Tabelle 8: Endenergieverbrauch Gebäude – Soll-Ist-Vergleich 2021 bis 2024

Ab 2024 waren in der Monitoringplattform keine Wärmemengenzähler und viele der Stromzähler nicht mehr verfügbar (siehe Monitoringbericht). Aus diesem Grund wird für das Jahr 2024 nur der Stromverbrauch der zentralen Luft-WP inkl. Hilfsstrom sowie der PV-Ertrag ausgewertet. Aus den Messdaten der Vorjahre wird der Verbrauch der dezentralen Wärmepumpenboiler abgeschätzt und der Verbrauch der zentralen Wärmepumpe auf Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom und Endenergie WW inkl. Hilfsstrom aufgeteilt. Die nicht verfügbaren Messdaten sind mit NV gekennzeichnet.

Unterschied zwischen prognostizierten (Soll) und gemessenen und hochgerechneten Werten (Ist 2021 bis 2024):

- Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom: Aufgrund des höheren Heizwärmeverbrauchs des Gebäudes
- Endenergie WW inkl. Hilfsstrom: Aufgrund der höheren Warmwasser-Nutzwärme sowie der geringeren Effizienz der verbauten dezentralen WP-Boiler.

Die PHPP-Prognoseberechnung berücksichtigt die gemessene, mittlere Innenraumtemperatur des Gebäudes im Winterhalbjahr, die gemessenen Außentemperaturen und Globalstrahlung am Gebäudestandort, die geringere Effizienz der WP-Boiler und die höhere, gemessene Warmwassernutzwärme.

2.10 Bewertung der Low Tech Komponenten

2.10.1 Gebäudehülle und Bauteilaktivierung

Der geringe, gemessene Heizwärmeverbrauch entspricht im dritten Betriebsjahr mit 37,6 kWh/(m²_{WNF}*a) (Jahr 2023) dem prognostizierten Heizwärmebedarf von 37,7 kWh/(m²_{WNF}*a) der PHPP-Prognoseberechnung. In den ersten beiden Betriebsjahren liegt der gemessene Verbrauch aufgrund des erhöhten Energieaufwands für die Austrocknung der thermisch aktivierten Betonzwischendecken (Bauteilaktivierung) höher, was die Reduktion des gemessenen Heizwärmeverbrauchs von 62,7 kWh/(m²_{WNF}*a) (Jahr 2021) auf 49,2 kWh/(m²_{WNF}*a) im (Jahr 2022) und 37,6 kWh/(m²_{WNF}*a) (Jahr 2023) eindeutig zeigt.

Fazit: Die Kombination von effizienter thermischen Gebäudehülle und Bauteilaktivierung ermöglicht einen geringen Heizwärmeverbrauch des Gebäudes, welcher mit den passenden Berechnungswerkzeugen gut prognostiziert werden kann.

2.10.2 Dezentrale Wärmepumpenboiler

Die dezentralen Wärmepumpenboiler entnehmen die Umweltwärme aus der Bauteilaktivierung des Gebäudes. Im Winter stellt die zentrale Luft-Wärmepumpe die entnommene Wärmemenge bereit, im Sommer dient die entnommene Wärmemenge der Gebäudekühlung. Die dezentralen Wärmepumpenboiler erreichen inklusive des anteiligen Stromverbrauchs der zentralen Luft-Wärmepumpe nur eine mittlere Jahresarbeitszahl von 1,37 für die Warmwasserbereitung. Durch die geringe Effizienz wird auch nur ein geringer Teil der erzeugten Warmwasserwärme aus der Bauteilaktivierung entnommen, weshalb die durchschnittlich nutzbare Kühlenergie im Sommer mit $1,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \cdot \text{a})$ sehr gering ausfällt.

Fazit: Die verbauten dezentralen Wärmepumpenboiler (erste Ovum-Generation) sind nicht wesentlich effizienter als dezentrale Elektroboiler, weshalb sie für die Warmwasserbereitung nicht empfohlen werden können. Zur Gebäudekühlung sind sie aufgrund der geringen Effizienz nicht geeignet. Bei den verbauten Geräten handelt es sich noch um ein unausgereiftes Produkt, weshalb eine Aussage zu diesem Systemansatz derzeit noch nicht möglich ist.

3 Monitoringbericht Pilotgebäude Stallumnutzung Bechter (EIV)

3.1 Zielsetzung des Monitorings

Im Rahmen des Monitorings wird der generelle Endenergiebedarf des Heiz- und Warmwassersystems in Monatswerten über 3 Jahre gemessen.

Das Monitoringsystem erfasst die Wärmeerträge der Solaranlage in den Puffer- und den Eis- bzw. Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher), der Wärmeentzug der Wärmepumpe aus dem NT-Speicher und die Wärmelieferung der WP an den Pufferspeicher. Des Weiteren wird der Stromverbrauch der gesamten Haustechnik, insbesondere der Wärmepumpe aufgezeichnet.

Im Fokus des Monitorings steht die Energiebilanz des NT-Speichers aus Wärmezufuhr durch die Solaranlage, das umliegende Erdreich und Kälteenergienutzung für die Kühlung des Gebäudes und die Wärmeentnahme durch die Wärmepumpe.

In der Planungsphase des Projekts wurde der südorientierte Wintergarten simulationstechnisch analysiert. Aus diesem Grund werden mit der mobilen Messeinheit des EIVs im Wintergarten Temperatur und Luftfeuchte gemessen und Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit des südorientierten Wintergartens zur Pausennutzung gezogen und Vergleiche mit der Simulation aufgestellt.

3.2 Grundlegende Erläuterungen

Die aufgezeichneten Temperaturen des NT-Speichers sind aufgrund des großen Wasservolumens, der kontinuierlichen Regeneration durch die Solaranlage und das umliegende Erdreich sowie des geringen Wärmeentzugs durch die hohe Gebäudeeffizienz praktisch nie unter 0 °C gefallen sind. Die Resultate können deshalb nicht als repräsentative Resultate eines Eisspeichersystems interpretiert werden. Der Speicher wird deshalb im Monitoringbericht als Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher) bezeichnet.

Messung: Die Werte in den gelb hinterlegten Bereichen sind Messwerte [1] von:

- 2021: 01.01.2021 bis 31.12.2021 (insgesamt 365 Tage)
- 2022: 01.01.2022 bis 31.12.2022 (insgesamt 365 Tage)
- 2023: 01.01.2023 bis 31.12.2023 (insgesamt 365 Tage)
- 2024
 - Messung 01.01.2024 bis 31.08.2024 (insgesamt 244 Tage)
 - Messung 01.09.2024 bis 30.11.2024 (insgesamt 91 Tage) nicht repräsentativ, da Betriebsgebäude aktuell um einen Zubau erweitert wird und das Ausheizen des Estrichs im Zubau hohe Verbräuche verursacht.
 - **Keine** Abschätzung für 01.12.2024 bis 31.12.2024 (insgesamt 31 Tage)

Ableitung: Die Werte in den blau hinterlegten Bereichen sind abgeleitete Werte die aus den Messwerten berechnet sind. Die Berechnung ist für die einzelnen Werte jeweils beschrieben.

Prognose: Die Werte in den grün hinterlegten Bereichen sind prognostizierte Simulationswerte mit dem Simulationstool Polysun.

Es werden die Messwerte aus dem Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024 analysiert. Im Jahr 2024 werden nur die Monate Jänner bis August analysiert, da in den darauffolgenden Monaten aufgrund

der Objekterweiterung und die dadurch erhöhten Verbräuche keine Aussage zur Effizienz gemacht werden können. Die Verbräuche von Dezember 2024 werden im Gegensatz zu den Monitoringberichten der Vorjahre nicht abgeschätzt.

3.3 Monitoringsystem

Die folgende Abbildung 12 zeigt die Prinzipskizze des Haustechniksystems mit der Position der Wärmemengenzähler in Grün.

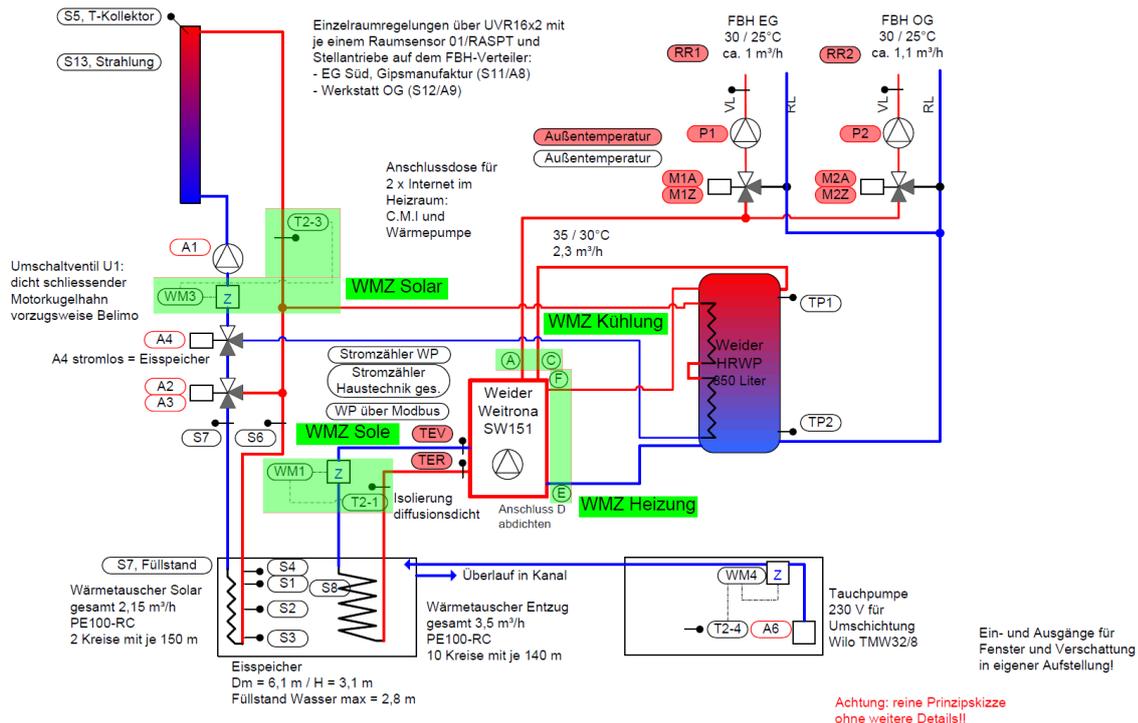


Abbildung 12: Prinzipskizze Haustechniksystem mit Wärmemengenzähler in Grün [2]

Folgende Wärmemengenzähler sind im Monitoringsystem enthalten.

- WMZ Solar: Solarthermische Energie an das System = Summe aus der Wärmemenge die direkt im Pufferspeicher genutzt werden kann und die Wärmemenge die in den NT-Speicher eingebracht wird. Die NT-Speicherladung war laut Gebäudetechnikplaner zwischen 29.3.2021 und 22.8.2021 abgeschaltet um die passive Kühlung in den Sommermonaten zu ermöglichen. Die Solarerträge von April bis August werden also direkt im Pufferspeicher genutzt.
- WMZ Sole: Aufgenommene Umweltwärme der Wärmepumpe aus dem NT-Speicher.
- WMZ Heizung: Erzeugte Wärmemenge der Wärmepumpe für Heizung.
- WMZ Kühlung: Passive Kühlenergie aus dem NT-Speicher über integrierten Wärmetauscher in Wärmepumpe.

Zusätzlich werden folgende Stromverbräuche im Monitoringsystem erfasst.

- Strom WP: Stromverbrauch der Wärmepumpe für Heizung.
- Hilfsstrom: Stromverbrauch der Nebenaggregate (verschiedene Pumpen)

Im NT-Speicher befinden sich zwei Temperaturfühler, deren Messwerte ebenfalls im Monitoringsystem aufgezeichnet werden.

- T unten: Temperatur in der unteren Hälfte des NT-Speichers

- T oben: Temperatur in der oberen Hälfte des NT-Speichers

Aufgrund des niedrigen Warmwasserwärmebedarfs durch Büronutzung erfolgt die Warmwasserbereitung über dezentrale Kleinboiler, deren Stromverbrauch nicht separat erfasst ist.

3.4 Effizienz Wärmepumpe

Die folgende Tabelle 9, Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigt die gemessene Energiebilanz der Wärmepumpe (WMZ Sole, WMZ Heizung, Strom WP) als Monatswerte des Jahres 2021, 2022, 2023 und 2024. Die Summe aus WMZ Sole und Strom WP sollte eigentlich dem Wert von WMZ Heizung entsprechen. Die Summe (9.730 kWh + 2.770 kWh = 12.500 kWh) ist im Jahr 2021 jedoch um ca. 21% niedriger (12.500 kWh im Vergleich zu 15.912 kWh). Dasselbe gilt für die Jahre 2022, 2023 und 2024. Das deutet darauf hin, dass beim WMZ Sole eine zu niedrige spezifische Wärmekapazität für das Frostschutz-Wasser-Gemisch hinterlegt ist und der Wärmemengenzähler deshalb einen zu geringen Wert erfasst.

Der Jänner- und Februar-Wert im Jahr 2021 von WMZ Heizung (in Tabelle 9 Blau hinterlegt) wurde nicht erfasst. Aus der Monatssumme von WMZ Sole und Strom WP und der oben beschriebenen Abweichung der restlichen Messwerte lassen sich die beiden Werte abschätzen.

Wie in Tabelle 12 ersichtlich, sind die gemessenen Wärme- und Strommengen im September, Oktober und November 2024 wesentlich höher als in den Jahren 2021, 2022 und 2023. Das Betriebsgebäude wird aktuell um einen Zubau erweitert und die hohen Verbräuche werden durch das Ausheizen des Estrichs im Zubau verursacht. Da dadurch keine Aussage zur Effizienz des bisherigen Betriebsgebäudes gemacht werden kann, werden im Jahr 2024 nur die Verbräuche der Monate Jänner bis August analysiert. Die gemessenen Werte der Monate September, Oktober und November sind in Rot dargestellt. Die Erfassung der Wärmemengenzähler war aufgrund des Umbaus im Oktober und November auch nicht möglich. Die Verbräuche von Dezember 2024 werden im Gegensatz zu den Monitoringberichten der Vorjahre nicht abgeschätzt. Dasselbe gilt für die Jahressummen. Die fehlenden Daten werden mit NV = nicht verfügbar gekennzeichnet.

Monate	WMZ Sole	WMZ Heizung	Strom WP
Jänner	2.515	4.397	823
Februar	1.030	1.799	336
März	1.268	2.233	399
April	354	626	114
Mai	143	274	62
Juni	0	0	0
Juli	0	0	0
August	104	237	20
September	159	137	30
Oktober	458	799	83
November	1.652	2385	361
Dezember	2.047	3025	543
Jahr	9.730	15.912	2.770

Tabelle 9: Energiebilanz Wärmepumpe in kWh – Jahr 2021

Monate	WMZ Sole	WMZ Heizung	Strom WP
Jänner	2.000	4.114	538
Februar	1.252	1.937	341
März	421	649	117,2
April	493	751	133
Mai	173	187	33
Juni	40	37	9
Juli	0	0	0
August	0	0	0
September	393	541	77
Oktober	111	254	22
November	1091	1.536	228
Dezember	1921	2.858	506
Jahr	7.895	12.864	2.004

Tabelle 10: Energiebilanz Wärmepumpe in kWh – Jahr 2022

Monate	WMZ Sole	WMZ Heizung	Strom WP
Jänner	2199	3.360	614
Februar	1339	2.054	379
März	859	254	234
April	438	1.082	115
Mai	239	152	62
Juni	20	37	5
Juli	-44	115	18
August	195	116	14
September	47	70	9
Oktober	237	358	44
November	1.409	2.251	298
Dezember	1.822	3.083	464
Jahr	8.760	12.931	2.254

Tabelle 11: Energiebilanz Wärmepumpe in kWh – Jahr 2023

Monate	WMZ Sole	WMZ Heizung	Strom WP
Jänner	1.978	3.403	526
Februar	1.057	1.790	279
März	848	1.442	228
April	513	879	138
Mai	12	19	3
Juni	134	212	34
Juli	117	200	35
August	0	0	0
September	2384	4.626	825
Oktober	NV	NV	633
November	NV	NV	635
Dezember	NV	NV	NV
Jahr	NV	NV	NV

Tabelle 12: Energiebilanz Wärmepumpe in kWh – Jahr 2024

Die folgende Tabelle 13, Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16 zeigt quartalsweise und jährlich die aus dem Wärmemengenzähler „WMZ Heizung“ und dem Stromzähler „Strom WP“ abgeleiteten Arbeitszahlen der Wärmepumpe.

Quartal	WMZ Heizung	Strom WP	Arbeitszahl WP
Jänner – März	8.429	1.558	5,4
April – Juni	900	176	5,1
Juli – September	374	50	7,5
Oktober - Dezember	6.609	987	6,3
Jahr	15.912	2.771	5,7

Tabelle 13: Arbeitszahl Wärmepumpe – Jahr 2021

Quartal	WMZ Heizung	Strom WP	Arbeitszahl WP
Jänner – März	6.700	996	6,7
April – Juni	975	175	5,6
Juli – September	541	77	7,0
Oktober - Dezember	4.648	756	6,1
Jahr	12.864	2.004	6,4

Tabelle 14: Arbeitszahl Wärmepumpe – Jahr 2022

Quartal	WMZ Heizung	Strom WP	Arbeitszahl WP
Jänner – März	5.668	1.227	4,6
April – Juni	1.271	181	7,0
Juli – September	300	41	7,4
Oktober - Dezember	5.692	806	7,1
Jahr	12.931	2.254	5,7

Tabelle 15: Arbeitszahl Wärmepumpe – Jahr 2023

Quartal	WMZ Heizung	Strom WP	Arbeitszahl WP
Jänner – März	6.635	1.032	6,4
April – Juni	1.110	174	6,4
Juli – September	4.826	861	5,6
Oktober - Dezember	NV	NV	NV
Jahr	NV	NV	NV

Tabelle 16: Arbeitszahl Wärmepumpe – Jahr 2024

Die abgeleiteten Quartalsarbeitszahlen passen gut mit der, im Datenblatt der Wärmepumpe (Weitrona SW151 von Wieder Wärmepumpen) angegebenen, Leistungszahl von 5,0 für den Betriebspunkt B0W35 zusammen. Beispielsweise liegt die mittlere NT-Speichertemperatur im 1. Quartal 2021 zwischen ca. 0,35 und 2,55 °C und im 1. Quartal 2023 zwischen ca. 0,6 und 1,4 °C (siehe Abbildung 15). Von Dezember 2021 bis April 2022 wurden keine Temperaturen aufgezeichnet. Die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe im Heizbetrieb ist in der Prinzipskizze in Abbildung 12 mit 35 °C angegeben. Die abgeleitete Arbeitszahl von 5,4 im 1. Quartal 2021 ist somit plausibel.

3.5 Vergleich mit Simulation

Die folgende Abbildung 13 zeigt das Simulationsmodell mit Polysun mit welchem die Verbrauchsprognose durchgeführt wurde.

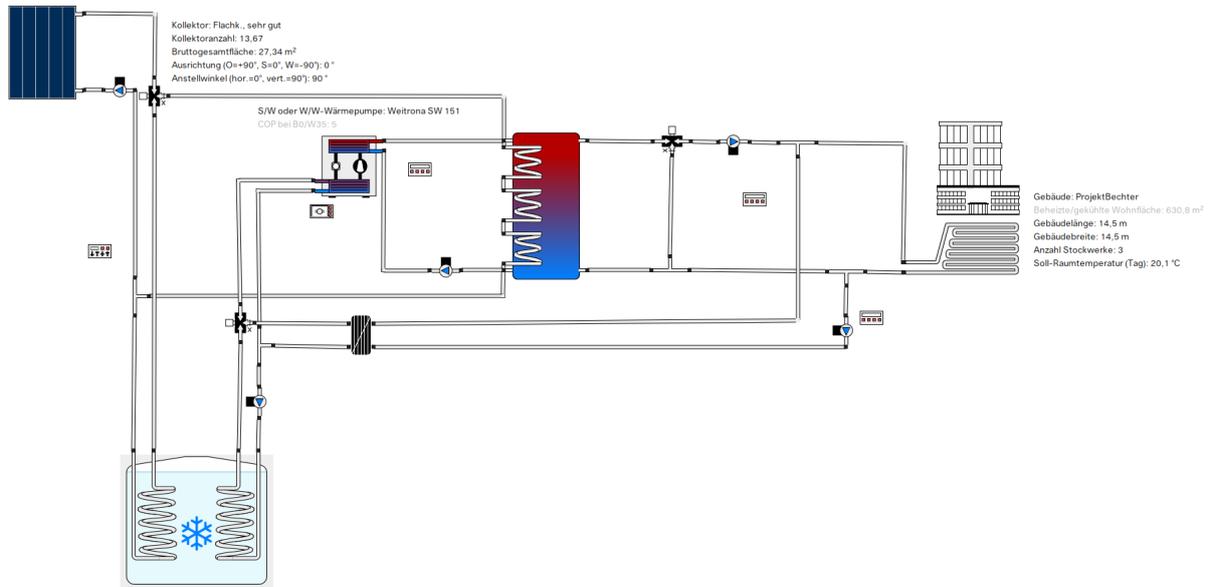


Abbildung 13: Simulationsmodell mit Polysun

Das Gebäudemodell wurde mithilfe einer PHPP-Berechnung justiert. Die PHPP-Berechnung ergibt für den Standort in Hittisau bei einer mittleren Raumtemperatur über das gesamte Gebäude von knapp über 20 °C (EG 18 °C, Werkstatt 20 °C und Büro 22 °C) einen Heizwärmebedarf von ca. 20.180 kWh bzw. 32 kWh/(m²_{EBFa}) bezogen auf die Energiebezugsfläche von 629 m²_{EBF}.

Die folgende Tabelle 17, Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigt die Messwerte von 2021, 2022, 2023 und 2024 im direkten Vergleich zu den Simulationswerten in Tabelle 21.

Monate	WMZ Solar	WMZ Sole	WMZ Heizung	WMZ Kühlung	Strom WP
Jänner	961	2.515	4.397	NV	823
Februar	2.065	1.030	1.799	NV	336
März	1.918	1.268	2.233	NV	399
April	361	354	626	NV	114
Mai	289	143	274	NV	62
Juni	88	0	0	NV	0
Juli	0	0	0	NV	0
August	179	104	237	363	20
September	1.231	159	137	65	30
Oktober	1.741	458	799	10	83
November	897	1.652	2385	15	361
Dezember	1.118	2.047	3025	23	543
Jahr	10.848	9.730	15.912	476	2.770

Tabelle 17: Messwerte der Wärmemengen- und Stromzähler in kWh – Jahr 2021

Monate	WMZ Solar	WMZ Sole	WMZ Heizung	WMZ Kühlung	Strom WP
Jänner	1.683	2.000	4.114	21	538
Februar	2.065	1.252	1.937	20	341
März	727	421	649	18	117
April	423	493	751	14	133
Mai	0	173	187	192	33
Juni	0	40	37	82	9
Juli	0	0	0	86	0
August	0	0	0	369	0
September	515	393	541	109	77
Oktober	1.073	111	254	8	22
November	822	1.091	1.536	14	228
Dezember	600	1.921	2.858	23	506
Jahr	7.908	7.895	12.864	956	2.004

Tabelle 18: Messwerte der Wärmemengen- und Stromzähler in kWh – Jahr 2022

Monate	WMZ Solar	WMZ Sole	WMZ Heizung	WMZ Kühlung	Strom WP
Jänner	546	2.199	3.360	21	614
Februar	1.931	1.339	2.054	21	379
März	328	859	254	17	234
April	330	438	1.082	19	115
Mai	132	239	152	82	62
Juni	191	20	37	636	5
Juli	114	-44	115	373	18
August	0	195	116	823	14
September	1.245	47	70	603	9
Oktober	932	237	358	247	44
November	556	1.409	2.251	15	298
Dezember	1.002	1.822	3.083	25	464
Jahr	7.307	8.760	12.931	2.880	2.254

Tabelle 19: Messwerte der Wärmemengen- und Stromzähler in kWh – Jahr 2023

Monate	WMZ Solar	WMZ Sole	WMZ Heizung	WMZ Kühlung	Strom WP
Jänner	1.331	1.978	3.403	25	526
Februar	635	1.057	1.790	23	279
März	562	848	1.442	24	228
April	491	513	879	20	138
Mai	254	12	19	14	3
Juni	233	134	212	435	34
Juli	0	117	200	867	35
August	245	0	0	708	0
September	1.078	2.384	4.626	344	825
Oktober	NV	NV	NV	NV	633
November	NV	NV	NV	NV	635
Dezember	NV	NV	NV	NV	NV
Jahr	NV	NV	NV	NV	NV

Tabelle 20: Messwerte der Wärmemengen- und Stromzähler in kWh – Jahr 2024

Monate	Solarertrag	WP Quelle	WP Senke	Kühlung	Strom WP
Jänner	1.123	3.350	4.216	0	866
Februar	1.270	2.421	3.054	0	633
März	1.649	1.609	2.031	0	421
April	468	539	680	0	141
Mai	145	0	0	0	0
Juni	154	0	0	446	0
Juli	158	0	0	936	0
August	230	0	0	736	0
September	1.331	0	0	127	0
Oktober	1.286	491	577	0	86
November	1.036	2.227	2.693	0	466
Dezember	938	3.233	4.039	0	805
Jahr	9.788	13.872	17.289	2.245	3.418

Tabelle 21: Simulationsergebnisse in kWh

Folgende Unterschiede ergeben sich bei den Werten.

WMZ Solar zu Solarertrag: Der simulierte Solarertrag ist um ca. 10% niedriger (2021), ca. 24% höher (2022), ca. 34% höher (2023) und ca. 39% höher (2024 Jänner bis August) als der Messwert (WMZ Solar).

WMZ Sole zu WP Quelle: Die aufgenommene Wärmeenergie der Wärmepumpe ist in der Simulation (WP Quelle) um ca. 43% höher (2021), ca. 76% höher (2022), ca. 58% höher (2023) und ca. 70% höher (2024 Jänner bis August) als der Messwert (WMZ Sole). Das liegt wahrscheinlich an der fehlerhaften Wärmemengenerfassung durch eine zu niedrig hinterlegte, spezifische Wärmekapazität des Frostschutz-Wasser-Gemisches.

WMZ Heizung zu WP Senke: Die abgegebene Wärmeenergie der Wärmepumpe ist in der Simulation (WP Senke) um ca. 9% höher (2021), ca. 34% höher (2022), ca. 34% höher (2023) und ca. 26% höher (2024 Jänner bis August) als der Messwert (WMZ Heizung).

WMZ Kühlung zu Kühlung: Ein Gesamtvergleich ist für das Jahr 2021 nicht möglich, da für Jänner bis Juli keine Werte vorliegen (NV = nicht verfügbar). In den restlichen Monaten wird der Nutzkältebedarf in der Simulation überschätzt. Der Nutzkältebedarf ist in der Simulation um ca. +135% höher (2022), ca. 22% niedriger (2023) und ca. gleich hoch (2024 Jänner bis August) als der Messwert (WMZ Kühlung).

Strom WP: Der Stromverbrauch ist in der Simulation um ca. 23% höher (2021), ca. 71% höher (2022), ca. 52% höher (2023) und ca. 66% höher (2024 Jänner bis August) als der Messwert. Das liegt zum einen an der höheren abgegebenen Wärmeenergie der Wärmepumpe als auch der niedrigeren NT-Speichertemperatur im 1. Quartal in der Simulation (siehe Vergleich in Abbildung 15).

Die folgende Tabelle 22 zeigt welcher Anteil des Solarertrags in der Simulation direkt im Pufferspeicher und welcher für die Regeneration des NT-Speichers genutzt werden kann.

Monate	Solarertrag	Pufferspeicher	NT-Speicher	Anteil Puffer
Jänner	1.123	510	613	45,4%
Februar	1.270	489	781	38,5%
März	1.649	511	1.138	31,0%
April	468	468	0	100%
Mai	145	145	0	100%
Juni	154	154	0	100%
Juli	158	158	0	100%
August	230	230	0	100%
September	1.331	148	1.183	11,1%
Oktober	1.286	188	1.098	14,6%
November	1.036	459	577	44,3%
Dezember	938	508	430	54,2%
Jahr	9.788	3.970	5.818	40,6%

Tabelle 22: Simulationsergebnisse Solarertrag für Puffer- und NT-Speicher in kWh

Mithilfe der Simulationsergebnisse aus Tabelle 22 lässt sich der direkt genutzte Anteil aus den gemessenen Solarerträgen abschätzen. Ab November 2023 wird der Solarertrag, der direkt im Pufferspeicher genutzt wird, getrennt gemessen. Aus den abgeschätzten bzw. gemessenen, direkt genutzten Solarerträgen (Pufferspeicher) und der erzeugten Wärmemenge der Wärmepumpe für Heizung (WMZ Heizung) lässt sich der Heizwärmeverbrauch des Gebäudes abschätzen, wie in Tabelle 23, Tabelle 24, Tabelle 25 und Tabelle 26 ersichtlich.

Monate	WMZ Solar	Pufferspeicher	NT-Speicher	WMZ Heizung	Heizwärme
Jänner	1.683	436	525	4.397	4.833
Februar	2.065	795	1.270	1.799	2.594
März	727	595	1.324	2.233	2.827
April	423	361	0	626	987
Mai	0	289	0	274	563
Juni	0	88	0	0	88
Juli	0	0	0	0	0
August	0	179	0	237	416
September	515	137	1.094	137	274
Oktober	1.073	254	1.487	799	1.053
November	822	397	500	2385	2.782
Dezember	600	606	512	3025	3.631
Jahr	7.908	4.137	6.712	15.912	20.049

Tabelle 23: Aufteilung des Solarertrags und Abschätzung des Heizwärmeverbrauchs in kWh – Jahr 2021

Monate	WMZ Solar	Pufferspeicher	NT-Speicher	WMZ Heizung	Heizwärme
Jänner	961	764	919	4.114	4.878
Februar	2.065	795	1.270	1.937	2.732
März	1.918	225	502	649	874
April	361	423	0	751	1.174
Mai	289	0	0	187	187
Juni	88	0	0	37	37
Juli	0	0	0	0	0
August	179	0	0	0	0
September	1.231	57	458	541	598
Oktober	1.741	157	916	254	411
November	897	364	458	1.536	1.900
Dezember	1.118	325	275	2.858	3.183
Jahr	10.848	3.111	4.797	12.864	15.975

Tabelle 24: Aufteilung des Solarertrags und Abschätzung des Heizwärmeverbrauchs in kWh – Jahr 2022

Monate	WMZ Solar	Pufferspeicher	NT-Speicher	WMZ Heizung	Heizwärme
Jänner	546	248	298	3.360	3.608
Februar	1.931	743	1.188	2.054	2.797
März	328	102	226	254	356
April	330	330	0	1.082	1.412
Mai	132	132	0	152	284
Juni	191	191	0	37	228
Juli	114	114	0	115	229
August	0	0	0	116	116
September	1.245	138	1.107	70	208
Oktober	932	136	796	358	494
November	556	162	394	2.251	2.413
Dezember	1.002	384	618	3.083	3.467
Jahr	7.307	2.680	4.627	12.931	15.612

Tabelle 25: Aufteilung des Solarertrags und Abschätzung des Heizwärmeverbrauchs in kWh – Jahr 2023

Monate	WMZ Solar	Pufferspeicher	NT-Speicher	WMZ Heizung	Heizwärme
Jänner	1.331	366	965	3.403	3.770
Februar	635	439	196	1.790	2.229
März	562	560	2	1.442	2.002
April	491	489	2	879	1.368
Mai	254	253	1	19	272
Juni	233	232	1	212	444
Juli	0	0	0	200	200
August	245	10	235	0	10
September	1.078	268	810	4.626	4.894
Oktober	NV	NV	NV	NV	NV
November	NV	NV	NV	NV	NV
Dezember	NV	NV	NV	NV	NV
Jahr	NV	NV	NV	NV	NV

Tabelle 26: Aufteilung des Solarertrags und Abschätzung des Heizwärmeverbrauchs in kWh – Jahr 2024

Der abgeschätzte Heizwärmeverbrauch von 2021 passt sehr gut mit dem prognostizierten Heizwärmebedarf der PHPP-Berechnung von ca. 20.180 kWh überein. Im Jahr 2022 und 2023 liegt der abgeschätzte Heizwärmeverbrauch um 20% bis 23% niedriger. Der gemessene Heizwärmeverbrauch im Jahr 2024 von Jänner bis August mit 10.295 kWh ist um ca. 16% niedriger (2021), ca. 4% höher (2022) und ca. 14% höher (2023).

3.6 Energiebilanz Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher)

Die folgende Abbildung 14 zeigt den Jahresverlauf der NT-Speichertemperatur 2021 im unteren (T unten) und oberen Bereich (T oben) und oberen Bereich (T oben). Es ist eindeutig ersichtlich in welchen Monaten dem NT-Speicher durch Solarerträge und passive Kühlung mehr Wärme zugeführt als entnommen wird und die Temperaturen deutlich ansteigen (Mai bis September).

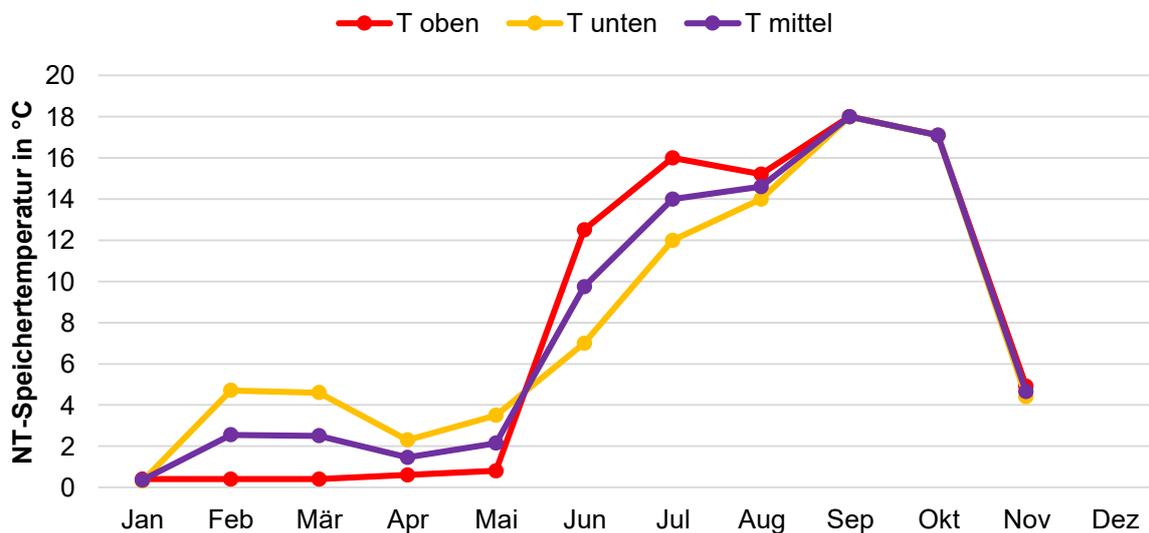


Abbildung 14: NT-Speichertemperatur in °C – Jahr 2021

Die folgende Abbildung 15 zeigt den direkten Vergleich zwischen der gemessenen, mittleren NT-Speichertemperatur (T mittel 2021, 2022, 2023 und 2024) und laut Simulation (T mittel Simulation). Von Dezember 2021 bis April 2022 wurden keine Temperaturen aufgezeichnet. Der starke Einbruch der mittleren NT-Speichertemperatur durch die erhöhten Verbräuche für das Ausheizen des Estrichs aufgrund der Objekterweiterung ist eindeutig ersichtlich.

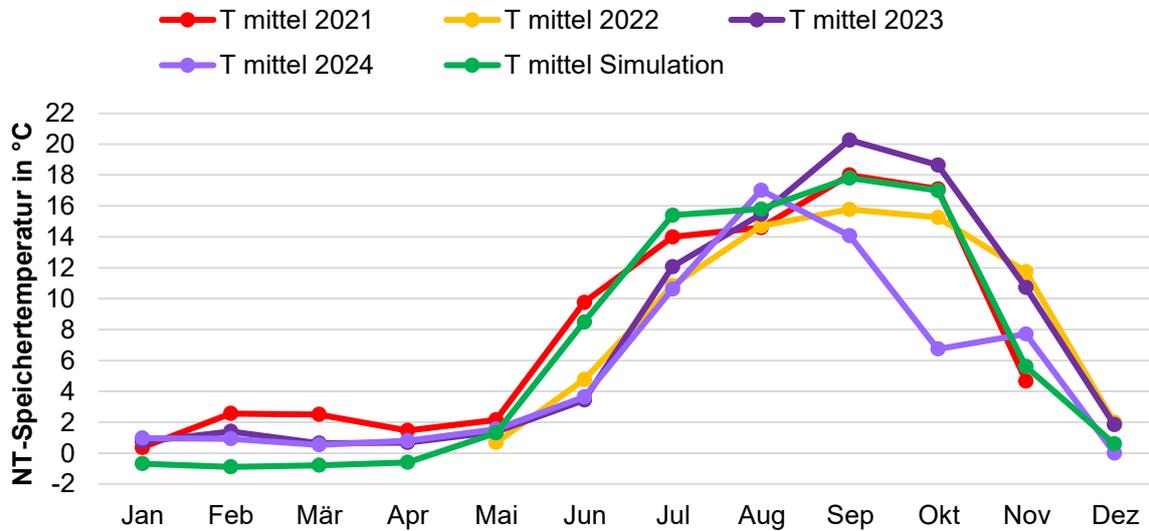


Abbildung 15: Vergleich mittlere Speichertemperatur Messung 2021, 2022, 2023 und 2024 und Simulation in °C

Aus den bisherigen Auswertungen lassen sich folgende Wärmeinputs und Wärmeoutputs des NT-Speichers ableiten, welche in Tabelle 27, Tabelle 28, Tabelle 29 und Tabelle 30 aufgeführt sind. Ein positiver Wert bedeutet, dass dem NT-Speicher Wärme zugeführt wird. Ein negativer Wert bedeutet, dass aus dem NT-Speicher Wärme abgeführt wird.

- Solar: abgeschätzte bzw. berechnete (direkt genutzter Anteil gemessen) Solarerträge an den NT-Speicher aus Tabelle 23, Tabelle 24, Tabelle 25 und Tabelle 26
- WP Quelle: Wärmeentnahme durch die Wärmepumpe als Differenz zwischen WMZ Heizung und Strom WP aus Tabelle 17, Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20
- Kühlung: Nutzkältebedarf des Gebäudes WMZ Kühlung aus Tabelle 17, Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20

Die Wärmebilanz des NT-Speichers lässt sich aus der Änderung der mittleren NT-Speichertemperaturen zwischen den Monaten ableiten. Der NT-Speicher hat mit einem Durchmesser von 6,1 m und einer Wasserfüllstandhöhe von 2,8 m eine Wassermasse von 81,8 t. Die mittlere Temperatur des NT-Speichers liegt immer im positiven Bereich, weshalb vereinfacht die spezifische Wärmekapazität von Wasser für die Abschätzung der Wärmebilanz verwendet werden kann. Im Jänner 2021, Dezember 2023 und von Dezember 2021 bis Mai 2022 kann die Wärmebilanz des NT-Speichers nicht ermittelt werden, da sowohl für Dezember 2020 und Dezember 2024 sowie von Dezember 2021 bis Mai 2022 keine Temperaturmessdaten vorliegen (NV = nicht verfügbar).

Monate	Erdreich	Solar	WP Quelle	Kühlung	Bilanz
Jänner	+ NV	+ 525	- 3.574	NV	NV
Februar	+ 402	+ 1.270	- 1.463	NV	+ 209
März	+ 505	+ 1.324	- 1.834	NV	- 5
April	+ 413	0	- 513	NV	- 100
Mai	+ 279	0	- 212	NV	+ 67
Juni	- NV	0	0	NV	+ 722
Juli	- NV	0	0	NV	+ 404
August	- 89	0	- 217	+ 363	+ 57
September	- 729	+ 1.094	- 107	+ 65	+ 323
Oktober	- 857	+ 1.487	- 716	+ 10	- 86
November	+ 341	+ 500	- 2.024	+ 15	- 1.183
Dezember	+ NV	+ 512	- 2.482	+ 23	NV

Tabelle 27: NT-Speicherbilanz in kWh – Jahr 2021

Monate	Erdreich	Solar	WP Quelle	Kühlung	Bilanz
Jänner	NV	+ 919	- 3.576	+ 21	NV
Februar	NV	+ 1.270	- 1.596	+ 20	NV
März	NV	+ 502	- 532	+ 18	NV
April	NV	0	- 618	+ 14	NV
Mai	NV	0	- 154	+ 192	NV
Juni	- 440	0	- 28	+ 82	+ 386
Juli	- 667	0	0	+ 86	+ 581
August	- 734	0	0	+ 369	+ 365
September	- 205	+ 458	- 464	+ 109	+ 102
Oktober	- 642	+ 916	- 232	+ 8	- 50
November	+ 1.169	+ 458	- 1.308	+ 14	- 333
Dezember	+ 2.981	+ 275	- 2.352	+ 23	- 927

Tabelle 28: NT-Speicherbilanz in kWh – Jahr 2022

Monate	Erdreich	Solar	WP Quelle	Kühlung	Bilanz
Jänner	+ 2.547	+ 298	- 2.746	+ 21	- 120
Februar	+ 403	+ 1.188	- 1.675	+ 21	+ 63
März	- 150	+ 226	- 20	+ 17	- 73
April	+ 943	0	- 967	+ 19	+ 5
Mai	- 59	0	- 90	+ 82	+ 67
Juni	- 798	0	- 32	+ 636	+ 194
Juli	- 1.099	0	- 96	+ 373	+ 822
August	- 1.043	0	- 102	+ 823	+ 322
September	- 2.106	+ 1.107	- 61	+ 603	+ 457
Oktober	- 574	+ 796	- 314	+ 247	- 155
November	+ 2.297	+ 394	- 1.953	+ 15	- 753
Dezember	+ 2.820	+ 618	- 2.619	+ 25	- 844

Tabelle 29: NT-Speicherbilanz in kWh – Jahr 2023

Monate	Erdreich	Solar	WP Quelle	Kühlung	Bilanz
Jänner	+ 1.970	+ 965	- 2.877	+ 25	- 83
Februar	+ 1.296	+ 196	- 1.511	+ 23	- 4
März	+ 1.225	+ 2	- 1.214	+ 24	- 37
April	+ 693	+ 2	- 741	+ 20	+ 26
Mai	- 71	+ 1	- 16	+ 14	+ 72
Juni	- 455	+ 1	- 178	+ 435	+ 197
Juli	- 1.367	0	- 165	+ 867	+ 665
August	- 1.551	+ 235	0	+ 708	+ 608
September	+ 2.928	+ 810	- 3.801	+ 344	- 281
Oktober	NV	NV	NV	NV	- 698
November	NV	NV	NV	NV	+ 92
Dezember	NV	NV	NV	NV	NV

Tabelle 30: NT-Speicherbilanz in kWh – Jahr 2024

Die folgende Abbildung 16, Abbildung 17, Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigt die mittlere NT-Speichertemperatur (T mittel 2021, T mittel 2022, T mittel 2023 und T mittel 2024) im Vergleich zur mittleren Grundwassertemperatur an der Messstation in Egg (T GW 2021, T GW 2022, T GW 2023 und T GW 2024) [3] sowie die mittlere Erdreichtemperatur laut Simulation (T Erde Simulation).

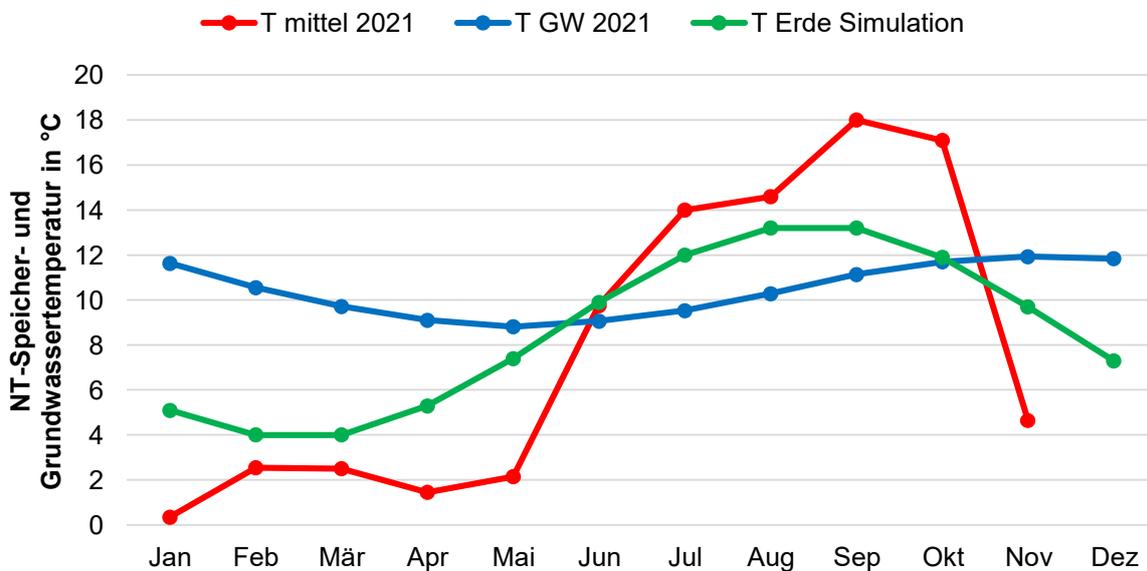


Abbildung 16: Vergleich NT-Speicher- (T mittel 2021) und Grundwassertemperatur (T GW 2021) [3] sowie mittlere Erdreichtemperatur laut Simulation (T Erde Simulation) in °C – Jahr 2021

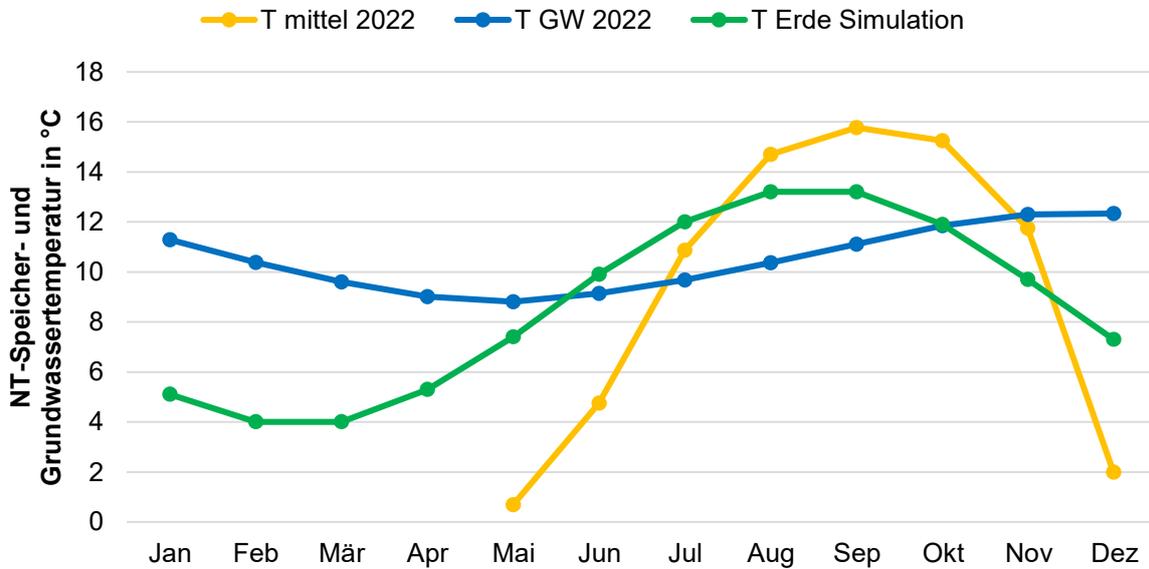


Abbildung 17: Vergleich NT-Speicher- (T mittel 2022) und Grundwassertemperatur (T GW 2022) [3] sowie mittlere Erdoberflächtemperatur laut Simulation (T Erde Simulation) in °C – Jahr 2022

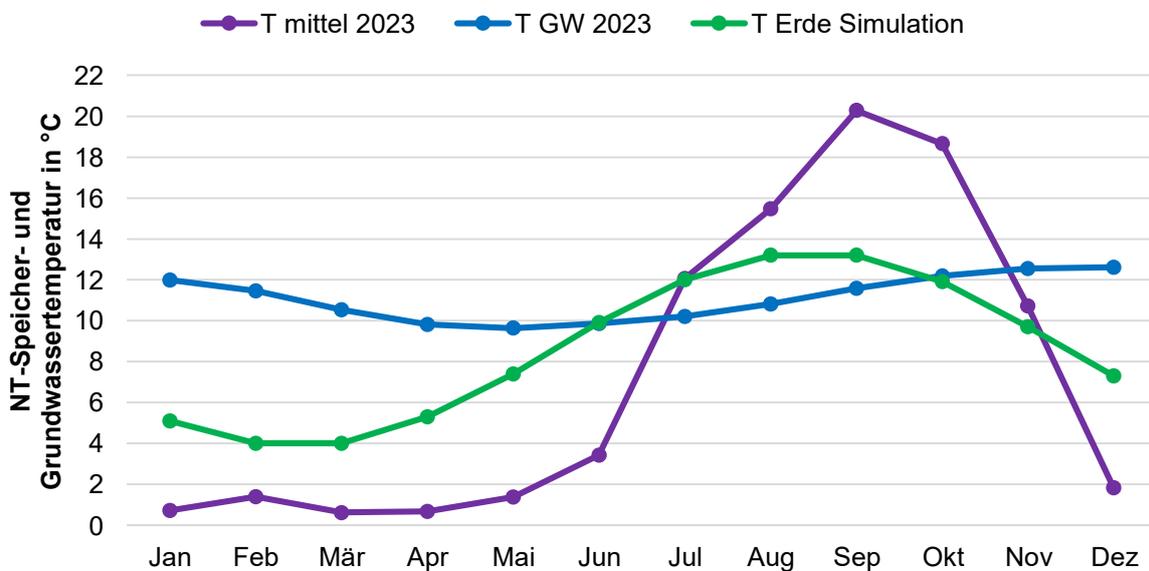


Abbildung 18: Vergleich NT-Speicher- (T mittel 2023) und Grundwassertemperatur (T GW 2023) [3] sowie mittlere Erdoberflächtemperatur laut Simulation (T Erde Simulation) in °C – Jahr 2023

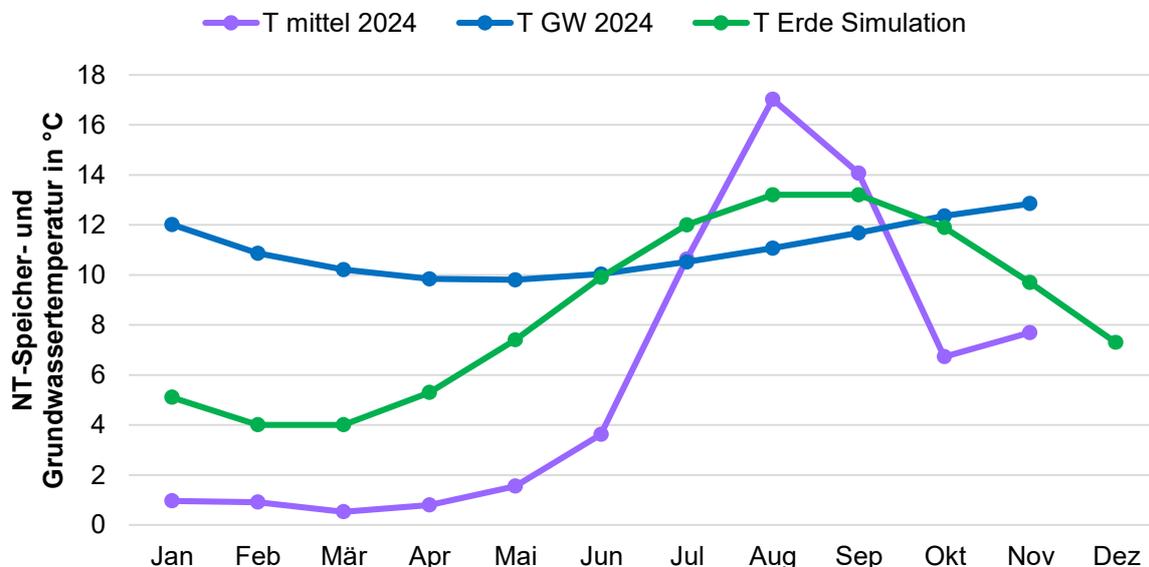


Abbildung 19: Vergleich NT-Speicher- (T mittel 2024) und Grundwassertemperatur (T GW 2024) [3] sowie mittlere Erdoberflächentemperatur laut Simulation (T Erde Simulation) in °C – Jahr 2024

Daraus lässt sich abschätzen in welchen Monaten der NT-Speicher Wärme aus dem umliegenden Erdreich aufnimmt und in welchen er Wärme abgibt, wie in der Tabelle 27, Tabelle 28, Tabelle 29 und Tabelle 30 in Spalte „Erdreich“ dargestellt. Aus der Wärmebilanz des NT-Speichers und den Wärmeinputs und Wärmeoutputs lässt sich Wärmeentnahme aus dem Erdreich und die Wärmeabgabe an das Erdreich abschätzen. In den Monaten Jänner und Dezember ist das jedoch nicht möglich, da in diesen Monaten keine Abschätzung der NT-Speicherbilanz möglich ist.

Für die Monate Jänner bis Mai 2021 ist angenommen, dass das Gebäude keinen Nutzkältebedarf hat, da in diesen Monaten keine Messwerte vom WMZ Kühlung vorliegen. In den Monaten Juni und Juli 2021 sollte der Nutzkältebedarf des Gebäudes jedoch größer sein als die abgeschätzte NT-Speicherwärmebilanz in diesen Monaten, da die Temperatur im NT-Speicher zunimmt, keine Solarerträge in den NT-Speicher eingebracht werden und das umliegende Erdreich laut Abschätzung kühler sein sollte als die Temperatur im NT-Speicher.

3.7 Temperatur- und Luftfeuchtemessung Wintergarten

Von 19.01.2024 12:00 bis 02.02.2024 12:00 wurde eine Temperatur- und Luftfeuchtemessung des Wintergartens durchgeführt. Der Wintergarten ist vollflächig mit Einscheibenverglasung umgesetzt.

Die folgende Abbildung 21 zeigt die vor Ort gemessene Außentemperatur und Wintergarteninnentemperatur während des Messzeitraums. Die Globalstrahlung während dieses Zeitraums ist der Mittelwert der Stationsdaten Alberschwende und Sulzberg von GeoSphere Austria Data Hub [4]. Das Diagramm zeigt eindeutig, dass die Innentemperatur des Wintergartens bei Solareinstrahlung stark ansteigt und sobald sie ausbleibt wieder stark abfällt und sich der Außentemperatur annähert. Durch die Lage und den Aufbau des Wintergartens konnte nicht vermieden werden, dass während des Messzeitraums Solarstrahlung auf das Messgerät fällt. Dadurch erwärmt sich das Messgerät während der Einstrahlung, was die hohen gemessenen Spitzentemperaturen erklärt. Die tatsächliche Lufttemperatur ist jedoch nicht so hoch wie im Diagramm dargestellt.

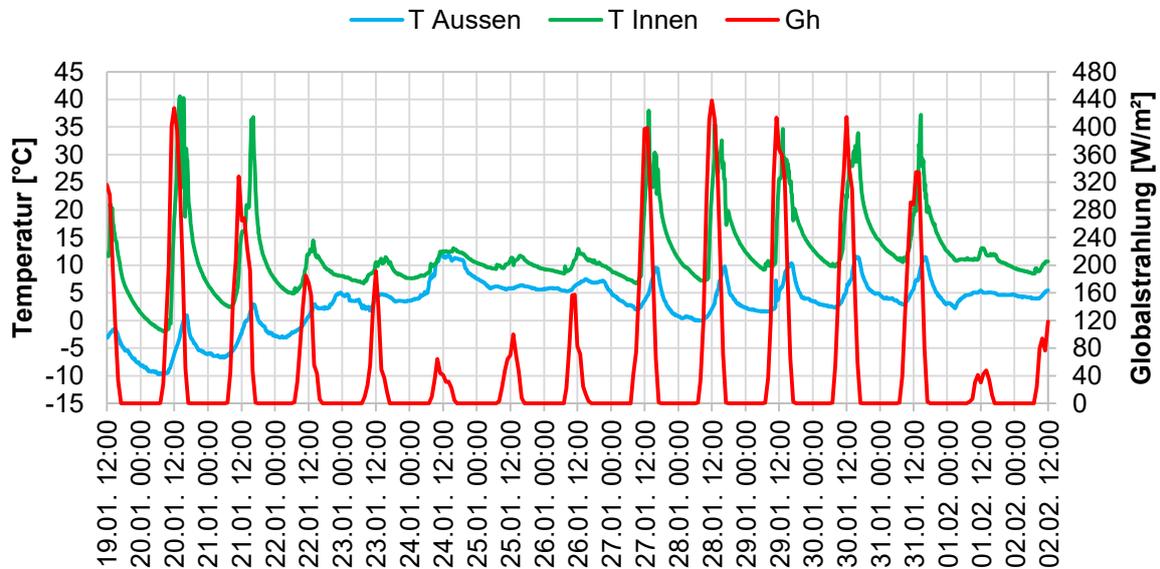


Abbildung 20: Messung Wintergarten 19.01.2024 bis 02.02.2024 – Außentemperatur (T Aussen, Messung vor Ort), Innentemperatur (T Innen, Messung vor Ort) und Globalstrahlung (Gh) [4]

Während der Planungsphase und Projektbegleitung im Rahmen des Projekts Low Tech wurde eine dynamische Gebäudesimulation des Wintergartens in verschiedenen Varianten (Ein- und Zweischiebenverglasung, Teil- und Vollverglasung, normale und erhöhte Luftdichtheit) durchgeführt. Die Klimadaten, die für die Simulation verwendet wurden, wurden mit Meteonorm für den tatsächlichen Gebäudestandort mit Horizontverschattung generiert. Die folgende Abbildung 21 zeigt das Ergebnis der dynamischen Gebäudesimulation (Einschiebenverglasung, Vollverglasung, normale Luftdichtheit) für einen zweiwöchigen Zeitraum, bei dem die Außentemperatur und die Globalstrahlung annähernd dem Messzeitraum entsprechen. Der gemessene Wintergarteninnentemperaturverlauf ist vergleichbar mit den Simulationsergebnissen. Die hohen Spitzentemperaturen ergeben sich in der Simulation nicht, da die Innentemperatur dort mit Fensterlüftung auf maximal 25 °C begrenzt wird.

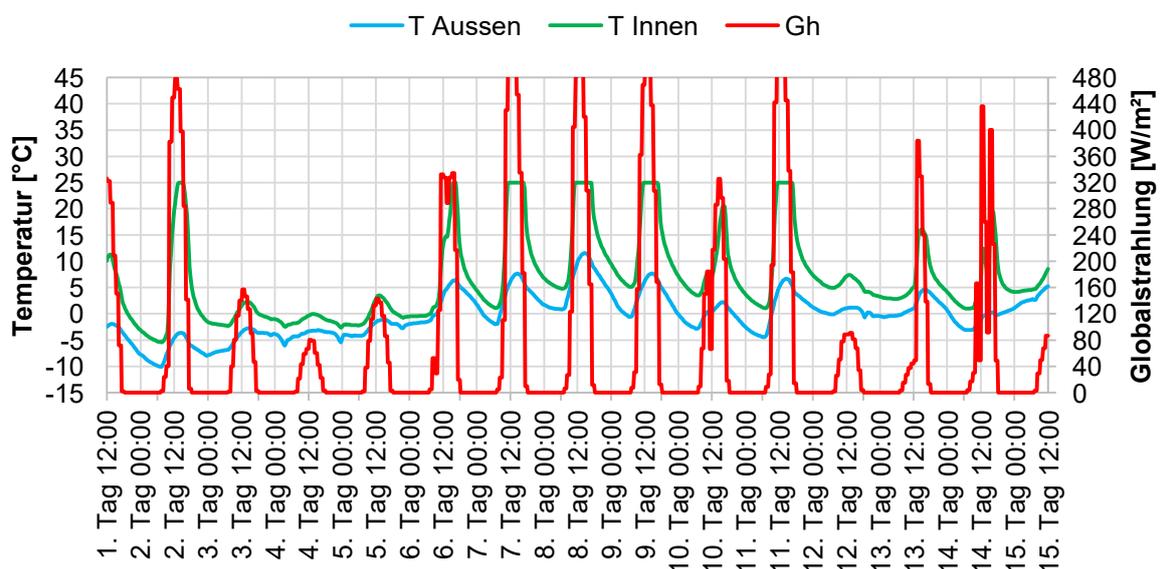


Abbildung 21: Simulation Wintergarten – Außentemperatur (T Aussen, Meteonormdaten für Gebäudestandort), Innentemperatur (T Innen, Simulation) und Globalstrahlung (Gh, Meteonormdaten für Gebäudestandort)

Eine Büronutzung ist üblicherweise von Montag bis Freitag von 8:00 bis 17:00. Der Start (19.01.2024) und das Ende (02.02.2024) des Messzeitraums war jeweils ein Freitag. Die Wintergarteninnentemperatur ist stark von der Außentemperatur und der Solarstrahlung abhängig. Es ist Zufall ob ein Werktag mit Büronutzung einen milden oder kühlen Außentemperaturverlauf hat und ob es ein klarer oder bewölkter Tag ist. Aus diesem Grund wird bei der Berechnung der Nutzungsstunden über 10, 15 und 20 °C jeder Tag des Messzeitraums als theoretischer Nutzungstag angesehen.

- Nutzungszeit bei theoretisch täglicher Nutzung: 126 h
- Nutzungszeit mit T Innen > 10 °C: ca. 96 h, ca. 76%
- Nutzungszeit mit T Innen > 15 °C: ca. 41 h, ca. 33%
- Nutzungszeit mit T Innen > 20 °C: ca. 34 h, ca. 27%

Während der Planungsphase wurde mit dem Bauherrn Architekt Georg Bechter eine minimale Temperatur von 15 °C im Wintergarten als Grenzwerte für die Nutzbarkeit definiert. Der Wintergarten wird als Teeküche und wenn es die Temperatur zulässt für den Aufenthalt während der Mittagspause und als Begegnungszone genutzt. Die Messung zeigt, dass während des Messzeitraums ca. ein Drittel der Nutzungsstunden bei theoretisch täglicher Nutzung eine Lufttemperatur über 15 °C hat. Das ist etwas höher als die prognostizierten Nutzungsstunden mit der dynamischen Gebäudesimulation während der Planungsphase: bei ca. 19% (Jänner) und ca. 30% (Februar) der Nutzungsstunden ist die Innentemperatur über 15 °C, wie in Abbildung 22 ersichtlich.

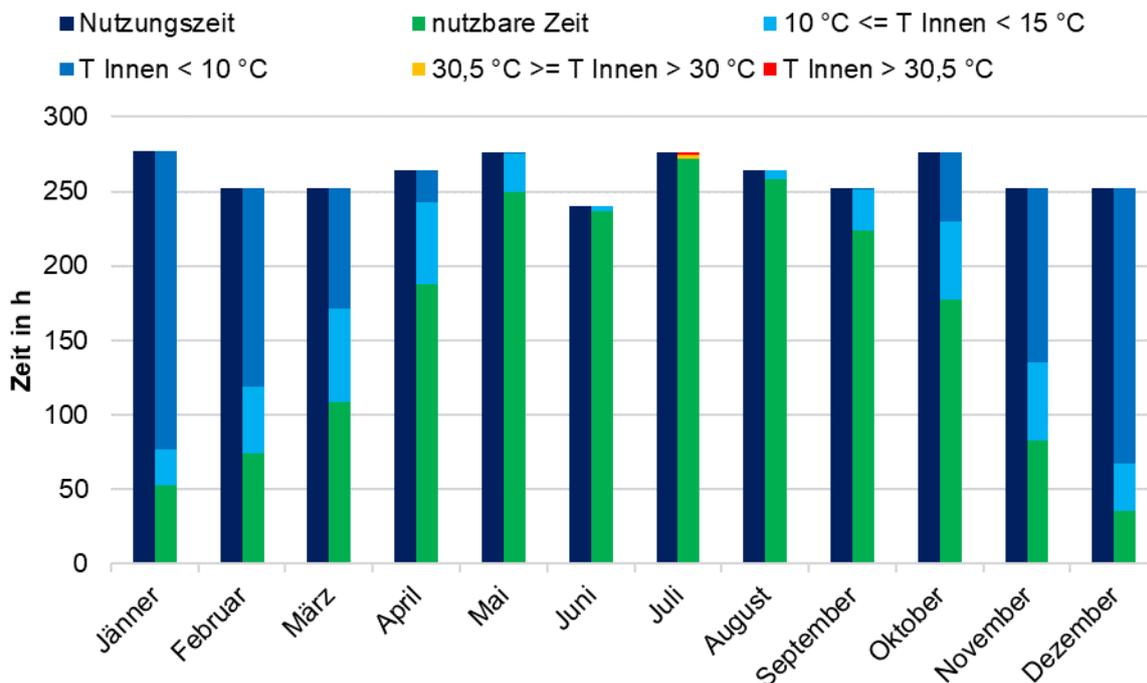


Abbildung 22: Simulation Wintergarten – Nutzbarkeit

Die folgende Abbildung 23 zeigt die gemessene relative Feuchte außen und innen während des Messzeitraums. Die relative Feuchte im Wintergarten verhält sich gegensätzlich zur Innenraumlufttemperatur: geringe relative Feuchte bei hoher Innenraumlufttemperatur und umgekehrt. Folgende Minimal-, Mittel- und Maximalwerte ergeben sich während des theoretischen täglichen Nutzungszeitraums.

- Minimalwert: 10%
- Mittelwert: 49%
- Maximalwert: 80%

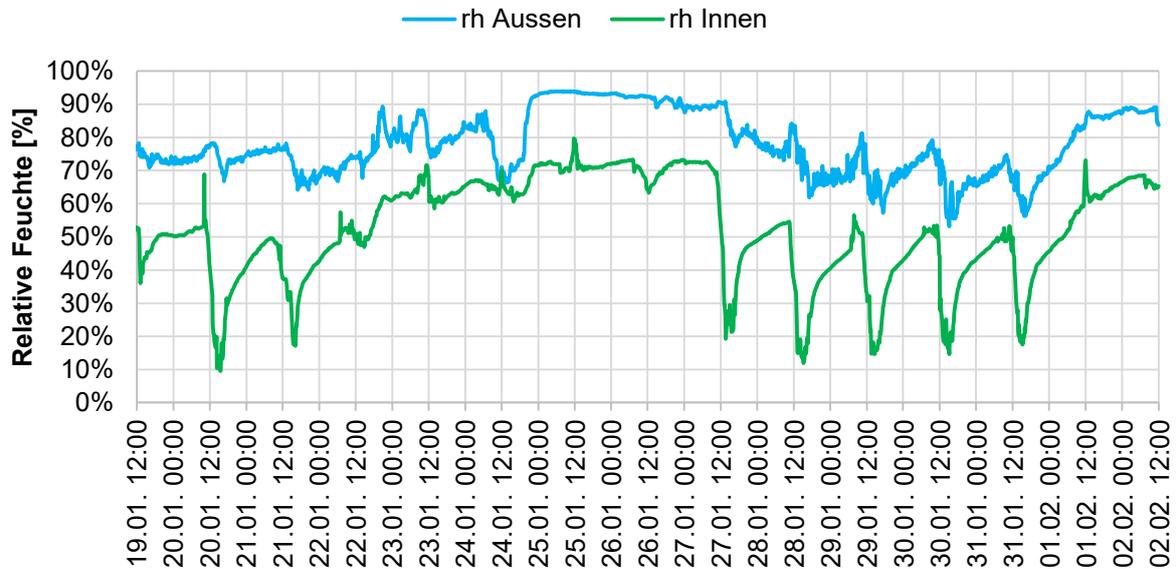


Abbildung 23: Messung Wintergarten 19.01.2024 bis 02.02.2024 – relative Feuchte Außen (rh Aussen, Messung vor Ort) und Innen (rh Innen, Messung vor Ort)

3.8 Monatliche Auswertung

Die folgende Abbildung 24 zeigt den Endenergieverbrauch für Heizung (Strom WP) und Hilfsstrom für das Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024 jeweils bezogen auf die Nettogrundfläche von 623 m²_{NGF}.

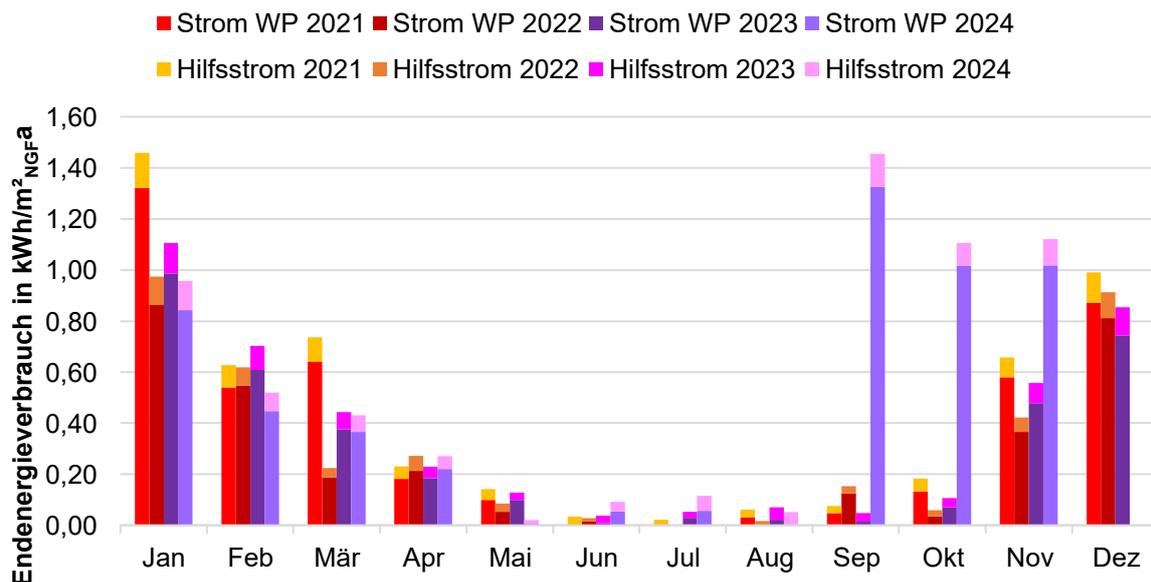


Abbildung 24: Vergleich Endenergieverbrauch Heizung und Hilfsstrom 2021, 2022, 2023 und 2024 in kWh/m²_{NGF}

Der direkte Vergleich zeigt, dass der Endenergieverbrauch für Heizung im Jahr 2022 und 2023, insbesondere im Jänner und März, geringer ausfällt als im Jahr 2021. Die erhöhten Verbräuche für das Ausheizen des Estrichs aufgrund der Objekterweiterung im September, Oktober und November 2024 ist eindeutig ersichtlich.

Die Reduktion lässt sich durch eine um mehr als 2 K höhere Monatsmitteltemperatur an der Messstation in Sulzberg sowohl im Jänner als auch im Februar erklären, wie in Abbildung 25 dargestellt. Im Jänner 2022 lässt sich die Reduktion zusätzlich durch den höheren Solarertrag erklären, wie in Abbildung 26 ersichtlich.

Folgender Endenergieverbrauch für Heizung und Hilfsstrom ergibt sich für die Jahre 2021, 2022 und 2023.

- Endenergieverbrauch Heizung
 - 2021: 4,4 kWh/(m²_{NGFA})
 - 2022: 3,2 kWh/(m²_{NGFA})
 - 2023: 3,7 kWh/(m²_{NGFA})
- Hilfsstrom
 - 2021: 0,8 kWh/(m²_{NGFA})
 - 2022: 0,6 kWh/(m²_{NGFA})
 - 2023: 0,7 kWh/(m²_{NGFA})

Um die Effizienz im Jahr 2024 beurteilen zu können wird der Endenergieverbrauch für Heizung und Hilfsstrom von Jänner bis August mit den Verbräuchen der Vorjahre verglichen. Die Werte von 2024 liegen zwischen den Werten der Vorjahre. Das Betriebsgebäude hat also auch im Jahr 2024 sehr geringe Endenergieverbräuche.

- Endenergieverbrauch Heizung (Jänner bis August)
 - 2021: 1.754 kWh
 - 2022: 1.171 kWh
 - 2023: 1.440 kWh
 - 2024: 1.242 kWh
- Hilfsstrom (Jänner bis August)
 - 2021: 308 kWh
 - 2022: 212 kWh
 - 2023: 286 kWh
 - 2024: 290 kWh

Die gemessenen Endenergieverbräuche für Heizung und Hilfsstrom sind um ein Vielfaches geringer als typische Endenergieverbräuche von Bürogebäuden wie in den Benchmarkwerten in Abbildung 27 dargestellt. Dabei handelt es sich aber um konventionell beheizte Gebäude ohne Wärmepumpe. Die dargestellten Benchmarkwerte des Endenergieverbrauchs für die Wärmeerzeugung (Heizung) liegen zwischen 53 und 153 kWh/(m²_{NGFA}). Werden die Benchmarkwerte durch die mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpe von 5,8 (Mittelwert 2021 bis 2023) geteilt ergibt sich ein Verbrauchsbereich von 9,1 bis 26,4 kWh/(m²_{NGFA}), welcher besser für den Vergleich mit den gemessenen Endenergieverbräuchen geeignet ist. Die gemessenen Verbräuche liegen auch hier deutlich darunter.

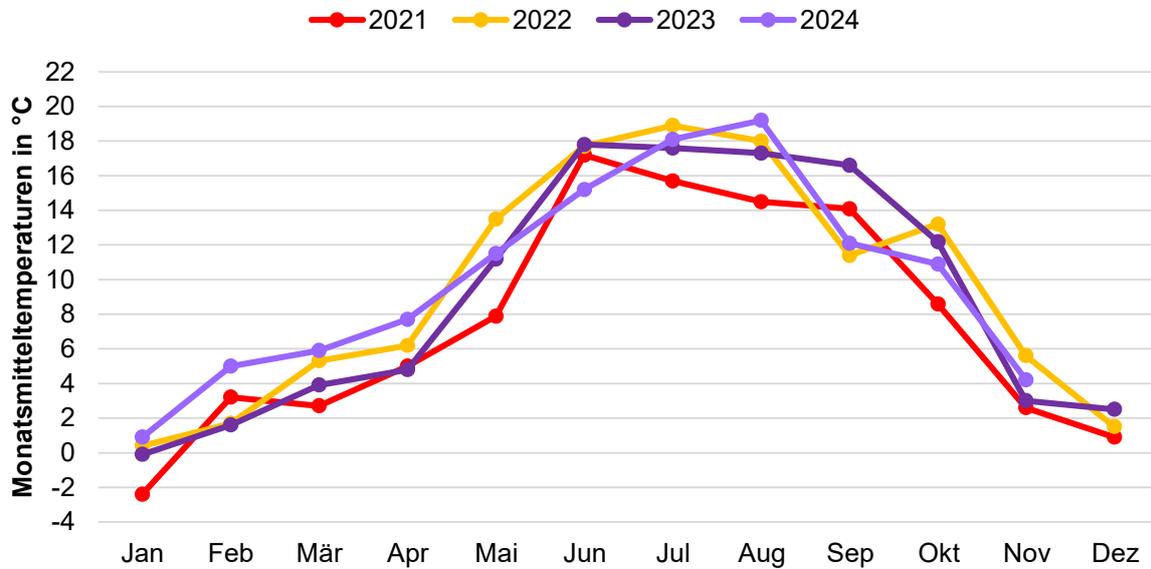


Abbildung 25: Vergleich Monatsmitteltemperaturen 2021, 2022, 2023 und 2024 [5]

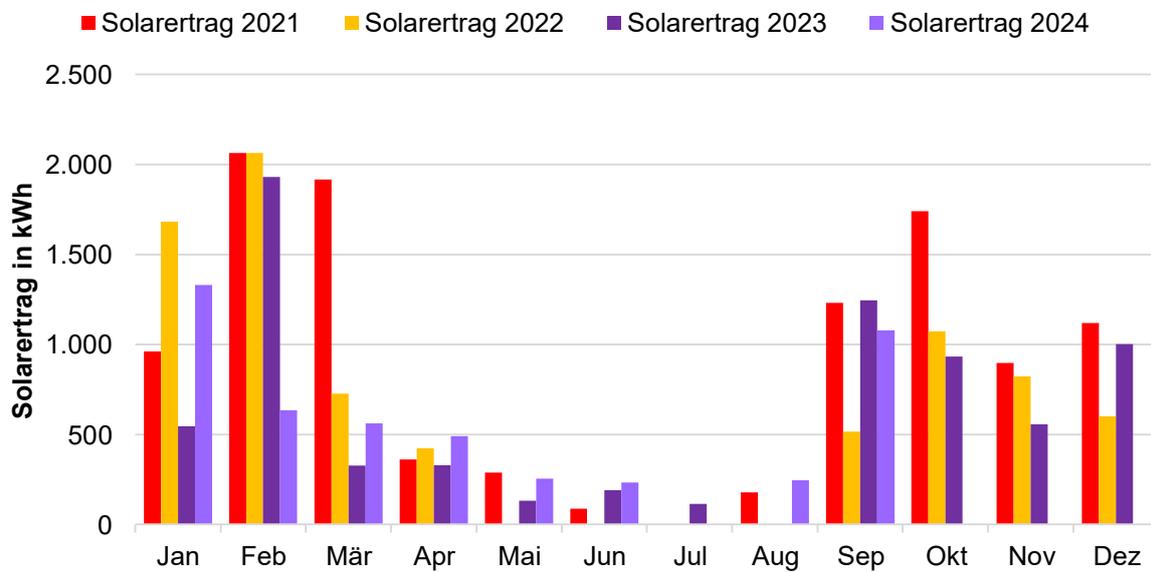


Abbildung 26: Vergleich Solarertrag 2021, 2022, 2023 und 2024 in kWh

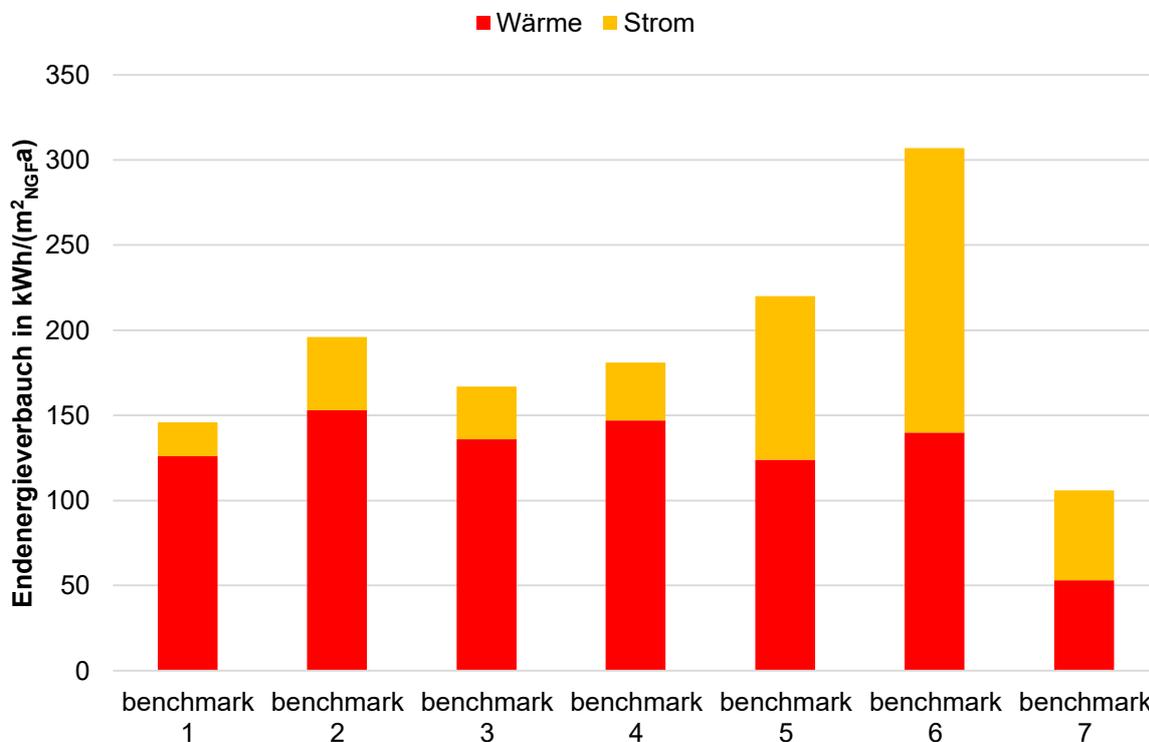


Abbildung 27: Benchmark-Werte des spezifischen Endenergieverbrauchs von Bürogebäuden [6]

3.9 Soll-Ist-Vergleich

	Einheit	Soll	Ist (nicht witterungsbereinigt)			
			2021	2022	2023	2024
Heizwärme	kWh	20.180	20.049	15.975	15.612	10.295
Solarertrag	kWh	9.788	10.848	7.908	7.307	3.752
WP Quelle	kWh	13.872	9.730	7.895	8.760	4.659
WP Senke	kWh	17.289	15.912	12.864	12.931	7.945
Kühlung	kWh	2.245	476	956	2.880	2.115
Strom WP	kWh	3.418	2.770	2.004	2.254	1.242

Tabelle 31: Endenergieverbrauch Gebäude – Soll-Ist-Vergleich 2021 bis 2024

Da das Betriebsgebäude aktuell um einen Zubau erweitert wird und durch das Ausheizen des Estrichs im Zubau hohen Verbräuche verursacht, werden im Jahr 2024 nur die Verbräuche der Monate Jänner bis August analysiert (gemessene Werte in Rot dargestellt).

Unterschied zwischen prognostizierten (Soll, Heizwärme mit PHPP in Gelb, restliche Werte mit Polysun) und gemessenen Werten (Ist 2021 bis 2023):

- Heizwärme: Der Heizwärmeverbrauch stimmt sehr gut mit dem prognostizierten Heizwärmebedarf der PHPP-Berechnung überein.
- Solarertrag: Der simulierte Solarertrag ist um ca. 10% niedriger (2021), ca. 24% höher (2022) und ca. 41% höher (2023) als der Messwert.
- WP Quelle: Die aufgenommene Wärmeenergie der Wärmepumpe ist in der Simulation um ca. 43% höher (2021), ca. 76% höher (2022) und ca. 54% höher (2023) als der Messwert. Das liegt wahrscheinlich an der fehlerhaften Wärmemengenerfassung durch eine zu niedrig hinterlegte, spezifische Wärmekapazität des Frostschutz-Wasser-Gemisches.

- WP Senke: Die abgegebene Wärmeenergie der Wärmepumpe ist in der Simulation um ca. 9% höher (2021), ca. 34% höher (2022) und ca. 40% höher (2023) als der Messwert.
- Kühlung: Ein Gesamtvergleich ist für das Jahr 2021 nicht möglich, da für Jänner bis Juli keine Werte vorliegen. Der Nutzkältebedarf ist in der Simulation um ca. +135% höher (2022) und ca. 22% niedriger (2023) als der Messwert (WMZ Kühlung).
- Strom WP: Der Stromverbrauch ist in der Simulation um ca. 23% höher (2021), ca. 71% höher (2022) und ca. 49% höher (2023) als der Messwert. Das liegt zum einen an der höheren abgegebenen Wärmeenergie der Wärmepumpe als auch der niedrigeren NT-Speichertemperatur im 1. Quartal in der Simulation.

3.10 Bewertung der Low Tech Komponenten

3.10.1 Gebäudehülle

Aufgrund der effizienten thermischen Gebäudehülle ergibt sich ein sehr geringer, gemessener Heizwärmeverbrauch von 32,2 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2021), 25,6 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2022) und 24,2 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2023), welcher deutlich unter dem prognostizierten Heizwärmebedarf von 32,4 kWh/(m²_{NGF}*a) der PHPP-Prognoseberechnung liegt.

Der für ein Nichtwohngebäude sehr geringe Fensterflächenanteil von 26% bezogen auf die Außenwandfläche sowie die moderaten Außentemperaturen im Sommer am Gebäudestandort (siehe Abbildung 9) ergeben einen sehr geringen, gemessenen Kühlverbrauch von 0,8 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2021), 1,5 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2022) und 4,6 kWh/(m²_{NGF}*a) (Jahr 2023).

Fazit: Eine effiziente thermische Gebäudehülle und ein ausgewogener Fensterflächenanteil ermöglichen geringe Heizwärme- und Kühlverbräuche. Mit den passenden Berechnungswerkzeugen und realitätsnahen Randbedingungen lassen sich die Verbräuche gut prognostizieren.

3.10.2 Niedertemperaturspeicher (NT-Speicher)

Die aufgezeichneten Temperaturen des Niedertemperaturspeichers (NT-Speicher) sind aufgrund des großen Wasservolumens, der kontinuierlichen Regeneration durch die Solaranlage und das umliegende Erdreich sowie des geringen Wärmeentzugs durch die hohe Gebäudeeffizienz praktisch nie unter 0 °C gefallen sind. Die Resultate können deshalb nicht als repräsentative Resultate eines Eisspeichersystems interpretiert werden. Das Zusammenspiel aus Solaranlage, oberflächennaher Geothermie-Nutzung, NT-Speicher und Wärmepumpe funktioniert dennoch sehr effizient. Die Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpe für die Gebäudeheizung liegen bei 5,7 (Jahr 2021), 6,4 (Jahr 2022) und 5,4 (Jahr 2023).

Fazit: Der NT-Speicher bildet in Kombination mit der solarthermischen Anlage und der Wärmepumpe eine sehr effiziente Art der Gebäudeheizung im Winter und passiver Gebäudekühlung im Sommer. Ein gelungenes Beispiel für eine Umnutzung im ländlichen Raum. Energieeffizienz im Bestand sowie Nachhaltigkeitsaspekte müssen sich nicht ausschließen.

3.11 Quellen

[1] Energiemonitoring Dorf 135a Hittisau, energyControl

[2] Funktionsschema Bechter Georg Dorf Hittisau, Technisches Büro Gerhard Ritter, 9.6.2020

[3] Wasser Online Vorarlberg, Station Egg 30.1.06, Daten 2021, 2022, 2023 und 2024

[4] GeoSphere Austria Data Hub, Messstation Stundendaten, Globalstrahlung, Mittelwert Station Alberschwende 11135 und Sulzberg 8301, 19.01.2024 bis 02.02.2024

[5] GeoSphere Austria Data Hub, Messstation Monatsdaten, Außentemperatur, Station Sulzberg 8301, Jahr 2021, 2022, 2023 und 2024

[6] K. Voss et al., 2005. Bürogebäude mit Zukunft. Köln: TÜV-Verlag.

4 Monitoringbericht Pilotgebäude Schulen Hittisau (EIV)

4.1 Zielsetzung des Monitorings

Im Rahmen des Monitorings wird der generelle Endenergiebedarf des Heiz- und Warmwassersystems in Monatswerten gemessen. Die dazu benötigte Messtechnik ist im Gebäude verbaut und kann digital ausgelesen werden.

Das Monitoringsystem erfasst die benötigten Wärmemengen der einzelnen Gebäudeteile sowie den Fernwärmebezug des gesamten Schulcampus. Der zentral bereitete Warmwasserwärmebedarf von Baukörper GH lässt sich aus diesen Wärmemengen ableiten. Die erfassten Wärmemengen werden mit den PHPP-Werten verglichen.

Der PV-Ertrag, der Strombezug und die Stromeinspeisung des Schulcampus werden erfasst. Die dezentrale Warmwasserbereitung mit Hängespeicher und Durchlauferhitzern wird nicht separat erfasst. In Baukörper VS ist der Strombedarf der Lüftungsanlage separat erfasst und wird mit den PHPP-Werten verglichen.

Der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes stand im Mittelpunkt unserer Untersuchungen, daher wird der Lufttemperatur- und Luftfeuchteverlauf in Klassenzimmern während der letzten 9 Schulwochen von Anfang Mai bis Anfang Juli gemessen und ausgewertet.

4.2 Monitoringsystem

Die folgende Abbildung 12 und Abbildung 29 zeigt die Prinzipskizze des Haustechniksystems. Folgende Abkürzungen werden in den Abbildungen verwendet. Die Haustechnikkomponenten im gelb hinterlegten Bereich befinden sich in Baukörper GH, im grün hinterlegten Bereich in Baukörper VS und im blau hinterlegten Bereich in Baukörper MP.

- FBH = Fußbodenheizung
- FW = Fernwärme
- GH = Baukörper GH (Gemeinschaftshaus)
- HK = Heizkörper
- HRL = Heizregister Lüftung
- HT = Hochtemperatur-Wärme
- KW = Kaltwasser
- MP = Baukörper MP (Mittelschule und Polytechnische Schule)
- NT = Niedertemperatur-Wärme
- VS = Baukörper VS (Volksschule)
- WMZ = Wärmemengenzähler
- WW = Warmwasser

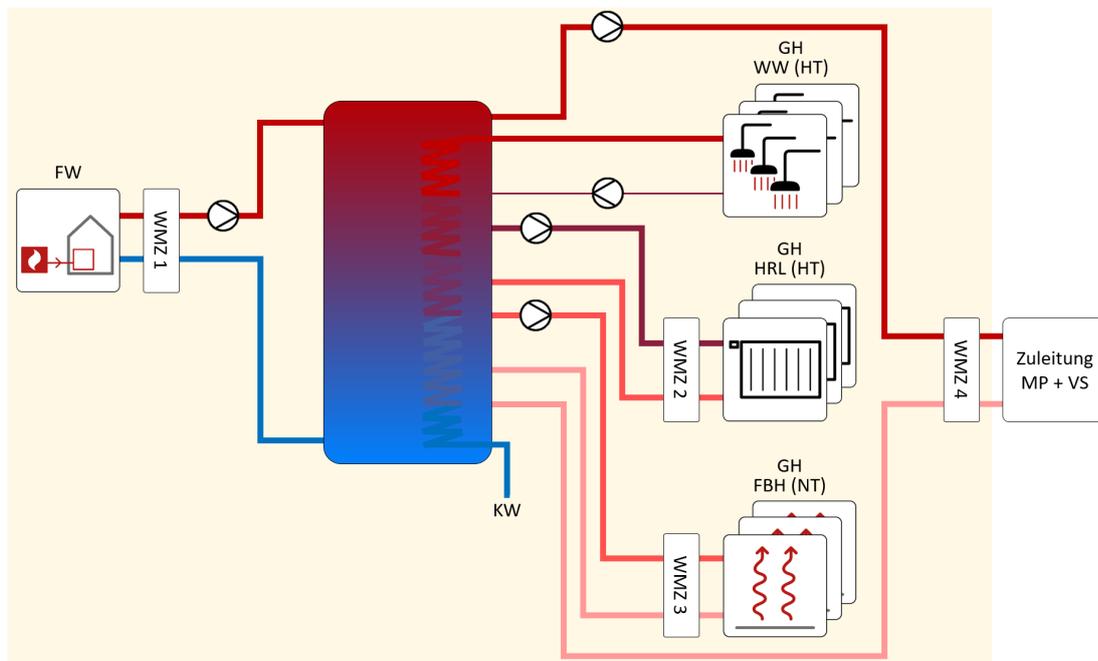


Abbildung 28: Prinzipskizze Haustechniksystem Teil 1, eigene Abbildung nach [1]

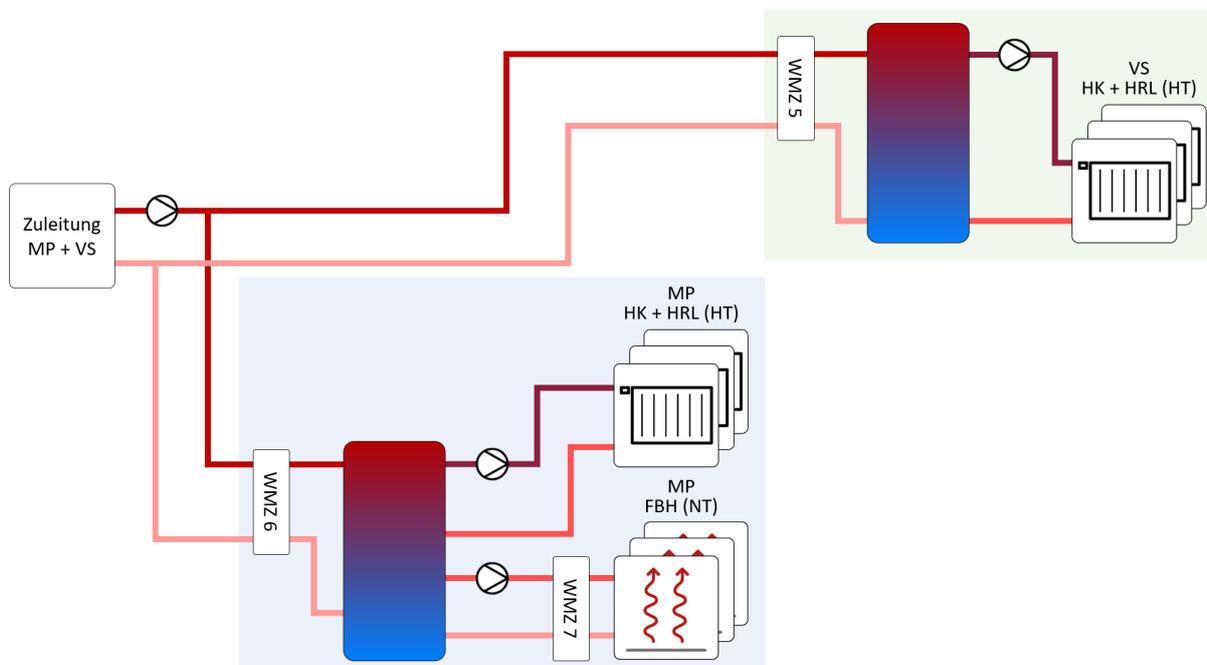


Abbildung 29: Prinzipskizze Haustechniksystem Teil 2, eigene Abbildung nach [1]

Folgende Wärmemengenzähler sind im Monitoringsystem enthalten.

- WMZ 1: Gesamter Fernwärmebezug Schulen Hittisau
- WMZ 2: Wärmeverbrauch Heizregister Lüftungsanlage Baukörper GH (Hochtemperatur-Wärme, vorwiegend für Beheizung der beiden Turnhallen) inkl. Verteilverluste
- WMZ 3: Wärmeverbrauch Fußbodenheizung Baukörper GH (Niedertemperatur-Wärme) inkl. Verteilverluste
- WMZ 4: Wärmeverbrauch Zuleitung Baukörper MP und VS inkl. Verteilverluste
- WMZ 5: Wärmeverbrauch Heizkörper und Heizregister Lüftungsanlage Baukörper VS (Hochtemperatur-Wärme) inkl. Verteil- und Speicherverluste

- WMZ 6: Wärmeverbrauch Heizkörper und Heizregister Lüftungsanlage (Hochtemperatur-Wärme) und Fußbodenheizung (Niedertemperatur-Wärme) Baukörper MP inkl. Verteil- und Speicherverluste
- WMZ 7: Wärmeverbrauch Fußbodenheizung Baukörper MP (Niedertemperatur-Wärme) inkl. Verteilverluste

Zusätzlich werden folgende Strommengen im Monitoringsystem erfasst.

- PV-Ertrag der 170,48 kWp PV-Anlage
- Strombezug des gesamten Schulcampus
- Stromeinspeisung des gesamten Schulcampus
- Stromverbrauch der Lüftungsanlage im Baukörper VS

4.3 Grundlegende Erläuterungen

Messung: Die Werte in den gelb hinterlegten Bereichen sind Messwerte [2]. Es liegen Messwerte für zwei Messperioden (P1 und P2), jeweils von Anfang Dezember bis Ende November, vor:

- WMZ 1 (Baukörper GH, MP und VS)
 - 01.12.2022 bis 30.11.2023 (P1): Messdaten für 12 Monate
 - 01.12.2023 bis 30.11.2024 (P2): Messdaten für 12 Monate
- WMZ 2 und WMZ 3 (Baukörper GH)
 - 01.12.2022 bis 31.03.2023 (P1): keine Messdaten, Baukörper GH erst seit April 2023 in Betrieb
 - 01.04.2023 bis 30.11.2023 (P1): Messdaten für 8 Monate
 - 01.12.2023 bis 30.11.2024 (P2): Messdaten für 12 Monate
- WMZ 4 (Baukörper MP + VS)
 - 01.12.2022 bis 30.11.2023 (P1): Messdaten für 12 Monate
 - 01.12.2023 bis 30.11.2024 (P2): Messdaten für 12 Monate
- WMZ 5 (Baukörper VS):
 - 01.12.2022 bis 30.11.2023 (P1): keine Messdaten, Baukörper VS erst seit Dezember 2023 in Betrieb
 - 01.12.2023 bis 30.11.2024 (P2): Messdaten für 12 Monate
- WMZ 6 und WMZ 7 (Baukörper MP)
 - 01.12.2022 bis 30.11.2023 (P1): Messdaten für 12 Monate
 - 01.12.2023 bis 30.11.2024 (P2): Messdaten für 12 Monate
- Die Strommengen werden nach Fertigstellung aller Baukörper von 01.12.2023 bis 30.11.2024 erfasst und ausgewertet.

Ableitung: Die Werte in den blau hinterlegten Bereichen sind abgeleitete Werte, die aus den Messwerten berechnet sind. Die Berechnung ist für die einzelnen Werte jeweils beschrieben.

Prognose: Die Werte in den grün hinterlegten Bereichen sind prognostizierte Berechnungswerte mit dem Berechnungstool PHPP.

4.4 Energiebedarfsberechnung

Während der Planungsphase wurde pro Baukörper eine PHPP-Berechnung als Planungs- und Optimierungswerkzeug erstellt. Diese Berechnungen wurden nach Fertigstellung der Schulen auf den genauen Ausführungsstand aktualisiert [3]. Die folgende Tabelle 32 zeigt die Berechnungsergebnisse für die drei Baukörper.

Berechnungsergebnisse	Einheit	Baukörper GH	Baukörper VS	Baukörper MP
Energiebezugsfläche	[m ²]	1.960,7	2.660,3	3.067,0
Heizwärme	[kWh/(m ² a)]	26,4	19,9	10,0
Endenergie Heizung (FW)	[kWh/(m ² a)]	30,6	25,0	17,0
Endenergie WW (FW)	[kWh/(m ² a)]	24,6	0,0	0,0
Endenergie WW (Strom)	[kWh/(m ² a)]	0,0	7,8	12,2
Hilfsstrom Heizung	[kWh/(m ² a)]	0,5	0,5	0,5
Hilfsstrom WW	[kWh/(m ² a)]	0,3	0,0	0,0
Hilfsstrom Lüftung	[kWh/(m ² a)]	6,4	5,7	4,5
Betriebsstrom	[kWh/(m ² a)]	17,3	13,4	14,8
PV-Erzeugung	[kWh/(m ² a)]	23,7	26,9	16,7

Tabelle 32: Berechnungsergebnisse PHPP-Berechnung pro Baukörper

4.5 Messdaten Wärmemengenzähler

Tabelle 33 und Tabelle 34 zeigen die Messdaten der Wärmemengenzähler für die beiden Messperioden. Fehlenden Messdaten sind mit NV (nicht verfügbar) gekennzeichnet. Unvollständige Daten sind in Rot dargestellt.

Monate	WMZ 1	WMZ 2	WMZ 3	WMZ 4	WMZ 5	WMZ 6	WMZ 7
Dezember	41.337	NV	NV	18.051	NV	15.749	4.404
Jänner	31.295	NV	NV	17.422	NV	16.013	4.478
Februar	22.716	NV	NV	11.613	NV	14.430	4.032
März	17.769	NV	NV	9.443	NV	8.569	2.093
April	12.388	771	3.498	6.334	NV	5.608	1.461
Mai	5.906	71	681	2.221	NV	1.788	386
Juni	2.074	0	2	0	NV	0	0
Juli	1.888	15	1	0	NV	0	0
August	1.812	11	1	3	NV	2	1
September	1.953	8	1	146	NV	122	30
Oktober	8.154	226	163	6.052	NV	2.198	551
November	29.357	2.629	3.440	21.508	NV	9.027	2.532
Jahr	176.650	3.731	7.787	92.792	NV	73.507	19.968

Tabelle 33: Messdaten Wärmemengenzähler in kWh – Messperiode 1 (01.12.2022 bis 30.11.2023)

Monate	WMZ 1	WMZ 2	WMZ 3	WMZ 4	WMZ 5	WMZ 6	WMZ 7
Dezember	34.496	2.075	5.006	25.585	12.799	11.218	2.978
Jänner	35.318	2.497	6.947	24.393	10.482	12.484	3.310
Februar	24.898	2.066	6.079	15.021	5.951	7.202	1.741
März	18.004	684	3.889	11.666	4.766	5.582	1.545
April	9.558	483	1.293	6.204	2.417	590	768
Mai	4.265	170	371	2.394	494	15	117
Juni	2.399	98	63	906	31	0	29
Juli	1.564	53	0	236	0	367	0
August	1.327	7	0	202	0	759	0
September	4.475	80	240	2.933	799	735	372
Oktober	7.325	130	693	5.043	1.674	760	666
November	19.181	487	4.094	13.108	5.143	6.400	2.020
Jahr	162.810	8.830	28.675	107.691	44.556	46.114	13.547

Tabelle 34: Messdaten Wärmemengenzähler in kWh – Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)

4.6 Heizwärmeverbrauch

WMZ 6 erfasst den Wärmeverbrauch der Heizkörper und des Heizregisters der Lüftungsanlage sowie der Fußbodenheizung von Baukörper MP jedoch inkl. Verteil- und Speicherverluste. Dieser Wärmeverbrauch kann mit dem Heizwärmebedarf und dem Endenergiebedarf für Heizung der PHPP-Berechnung von Baukörper MP verglichen werden. Der gemessene Wärmeverbrauch enthält zusätzlich zum Heizwärmebedarf nach PHPP die Verteil- und Speicherverluste. Der Endenergiebedarf Heizung nach PHPP enthält zusätzlich zum Messwert noch die Verluste der Fernwärmeübergabestation. Der gemessene Wärmeverbrauch sollte also zwischen dem berechneten Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf Heizung liegen. Der Vergleich für Baukörper MP ist in Tabelle 35 dargestellt. Der spezifische Wärmeverbrauch ist mit der Energiebezugsfläche von Baukörper MP berechnet.

Messperiode	Messdaten	Einheit	Wert
P1	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 6)	kWh/a	73.507
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 6)	kWh/(m ² a)	24,0
P2	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 6)	kWh/a	46.114
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 6)	kWh/(m ² a)	15,0
Heizwärmebedarf PHPP		kWh/(m ² a)	10,0
Endenergiebedarf Heizung PHPP		kWh/(m ² a)	17,0

Tabelle 35: Vergleich Messdaten und Berechnung Heizwärme Baukörper MP

Der gemessene Verbrauch ist in der ersten Messperiode höher als der berechnete Energiebedarf. Das liegt sehr wahrscheinlich am zusätzlichen Energieaufwand für die Austrocknung der massiven Zwischendecken im ersten Betriebsjahr. In der zweiten Messperiode ist der gemessene Verbrauch deutlich geringer und liegt zwischen dem berechneten Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf Heizung.

WMZ 5 erfasst den Wärmeverbrauch der Heizkörper und des Heizregisters der Lüftungsanlage von Baukörper VS jedoch inkl. Verteil- und Speicherverluste. Dieser Wärmeverbrauch kann mit dem Heizwärmebedarf und dem Endenergiebedarf für Heizung der PHPP-Berechnung von Baukörper VS verglichen werden. Der Vergleich für Baukörper VS ist in Tabelle 36 dargestellt. Der spezifische Wärmeverbrauch ist mit der Energiebezugsfläche von Baukörper VS berechnet. Aufgrund der Inbetriebnahme von Baukörper VS im Dezember 2023, liegt der gemessene Verbrauch nur für Messeperiode 2 vor.

Messperiode	Messdaten	Einheit	Wert
P1	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 5)	kWh/a	NV
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 5)	kWh/(m ² a)	NV
P2	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 5)	kWh/a	44.556
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 5)	kWh/(m ² a)	16,7
Heizwärmebedarf PHPP		kWh/(m ² a)	19,9
Endenergiebedarf Heizung PHPP		kWh/(m ² a)	25,0

Tabelle 36: Vergleich Messdaten und Berechnung Heizwärme Baukörper VS

Der gemessene Verbrauch in der zweiten Messperiode ist geringer als der berechnete Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf Heizung.

WMZ 2 erfasst den Wärmeverbrauch des Heizregisters der Lüftungsanlage von Baukörper GH jedoch inkl. Verteilverluste. WMZ 3 erfasst den Wärmeverbrauch der Fußbodenheizung von Baukörper GH ebenfalls inkl. Verteilverluste. Der summierte Wärmeverbrauch von WMZ 2 und WMZ 3 kann mit dem Heizwärmebedarf und dem Endenergiebedarf für Heizung der PHPP-Berechnung von Baukörper GH verglichen werden. Der Vergleich für Baukörper GH ist in Tabelle 37 dargestellt. Der spezifische Wärmeverbrauch ist mit der Energiebezugsfläche von Baukörper GH berechnet. Aufgrund der Inbetriebnahme von Baukörper GH im April 2023, liegt der gemessene Verbrauch nur für Messperiode 2 vollständig vor. Die unvollständige Messperiode 1 von April bis November ist in Rot dargestellt.

Messperiode	Messdaten	Einheit	Wert
P1	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2)	kWh/a	3.731
	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 3)	kWh/a	7.787
	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2 + 3)	kWh/a	11.518
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2 + 3)	kWh/(m ² a)	5,9
P2	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2)	kWh/a	8.830
	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 3)	kWh/a	28.675
	Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2 + 3)	kWh/a	37.505
	Spezifischer Wärmeverbrauch inkl. Verluste (WMZ 2 + 3)	kWh/(m ² a)	19,1
Heizwärmebedarf PHPP (8 Monate: April bis November)		kWh/(m ² a)	6,8
Endenergiebedarf Heizung PHPP (8 Monate: April bis November)		kWh/(m ² a)	7,9
Heizwärmebedarf PHPP		kWh/(m ² a)	26,4
Endenergiebedarf Heizung PHPP		kWh/(m ² a)	30,6

Tabelle 37: Vergleich Messdaten und Berechnung Heizwärme Baukörper GH

Um die unvollständige Messperiode 1 von April bis November bewerten zu können, wurde mit der PHPP-Berechnung die Summe der monatlichen Heizwärmebedarfe von April bis November ermittelt. Der Endenergiebedarf Heizung für diese 8 Monate lässt sich aus dem ermittelten Teil-Heizwärmebedarf und dem Verhältnis aus jährlichem Endenergiebedarf Heizung und jährlichem Heizwärmebedarf berechnen. Die gemessenen Verbräuche der unvollständigen Messperiode 1 als auch der vollständigen Messperiode 2 sind geringer als die jeweiligen berechneten Heizwärme- und Endenergiebedarfe.

4.7 Warmwasserwärmeverbrauch

Die Warmwasserbereitung der Sanitäreanlagen im Baukörper GH erfolgt zentral im großen Wärmespeicher mit biomassebasierter Fernwärme. Die Warmwasserverteilung ist ein Zirkulationssystem. Der Wärmeverbrauch für die Warmwasserbereitung in Baukörper GH inklusive

Verteil- und Speicherverluste ergibt sich als Differenz zwischen dem gesamten Fernwärmebezug der Schulen Hittisau (WMZ 1) und dem Wärmeverbrauch der Fußbodenheizung und dem Heizregister der Lüftungsanlage von Baukörper GH (WMZ 2 und 3) sowie dem Wärmeverbrauch der Zuleitung zu Baukörper MP und VS (WMZ 4), wie in Tabelle 38 ersichtlich.

Messperiode	Messdaten	Einheit	Wert
P2	Gesamter Fernwärmebezug Schulen Hittisau (WMZ 1)	kWh/a	162.810
	Wärmeverbrauch Heizregister Lüftung Baukörper GH inkl. Verteilverluste (WMZ 2)	kWh/a	8.830
	Wärmeverbrauch Fußbodenheizung Baukörper GH inkl. Verteilverluste (WMZ 3)	kWh/a	28.675
	Wärmeverbrauch Zuleitung Baukörper MP und VS inkl. Verteilverluste (WMZ 4)	kWh/a	107.691
	Wärmeverbrauch Warmwasserbereitung Baukörper GH inkl. Verteil- und Speicherverluste	kWh/a	17.614
	Spezifischer Wärmeverbrauch Warmwasserbereitung	kWh/(m ² a)	9,0
Endenergiebedarf Warmwasser PHPP		kWh/(m ² a)	24,6
Endenergiebedarf Warmwasser PHPP (Warmwasserbedarf reduziert)		kWh/(m ² a)	10,0

Tabelle 38: Vergleich Messdaten und Berechnung Warmwasserwärme Baukörper GH

Der gemessene spezifische Wärmeverbrauch für die Warmwasserbereitung inklusive Verteil- und Speicherverluste ist ca. 1/3 des PHPP-Wertes. Das liegt daran, dass in der PHPP-Berechnung ein höherer Warmwasserwärmebedarf angesetzt wurde. Der tatsächliche Warmwasserverbrauch von Baukörper GH, welcher im Monitoringsystem erfasst wird, ist 44.890 Liter (Dezember 2023 bis November 2024). In der ursprünglichen PHPP-Berechnung wurde ein jährlicher Warmwasserbedarf von 200.896 Liter angesetzt. Wird der Warmwasserbedarf in der PHPP-Berechnung auf den tatsächlich gemessenen Warmwasserverbrauch angepasst, dann passt der berechnete Endenergiebedarf von 10 kWh/(m²a) sehr gut mit dem gemessene Wert von 9,0 kWh/(m²a) überein.

4.8 Strombilanz

Die folgende Tabelle 39 zeigt die Messdaten der Stromzähler für die zweite Messperiode. Aus der Differenz zwischen PV-Ertrag und Netzeinspeisung lässt sich der Eigenverbrauch berechnen. Die Summe aus Netzbezug und Eigenverbrauch ergibt den gesamten Stromverbrauch der Schulen Hittisau.

Monate	PV-Ertrag	Netz-einspeisung	Netzbezug	Eigen-verbrauch	Strom-verbrauch
Dezember	2.142	1.068	10.314	1.074	11.388
Jänner	2.976	1.223	10.590	1.753	12.343
Februar	7.853	3.934	7.246	3.919	11.166
März	11.444	7.029	6.684	4.415	11.099
April	8.680	3.742	8.885	4.938	13.823
Mai	15.248	8.483	4.934	6.765	11.699
Juni	21.054	12.654	3.422	8.400	11.822
Juli	24.035	18.677	2.756	5.358	8.114
August	21.402	17.529	2.293	3.873	6.166
September	14.016	7.079	5.260	6.938	12.197
Oktober	9.712	6.135	6.031	3.576	9.607
November	6.392	3.269	7.696	3.123	10.819
Jahr	144.955	90.822	76.110	54.133	130.243

Tabelle 39: Messdaten Stromzähler in kWh – Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)

Werden die einzelnen Strombedarfe aus Tabelle 32, Endenergie WW (Strom), Hilfsstrom und Betriebsstrom, aufsummiert, dann ergeben sich folgende Gesamtstrombedarfe pro Baukörper. Zusätzlich ist noch die PV-Erzeugung aus Tabelle 32 aufgeführt.

- Baukörper GH (1.960,7 m²)
 - Strombedarf gesamt: 24,5 kWh/(m²a)
 - PV-Erzeugung: 23,7 kWh/(m²a)
- Baukörper VS (2.660,3 m²)
 - Strombedarf gesamt: 27,4 kWh/(m²a)
 - PV-Erzeugung: 26,9 kWh/(m²a)
- Baukörper MP (3.067,0 m²)
 - Strombedarf gesamt: 32,0 kWh/(m²a)
 - PV-Erzeugung: 16,7 kWh/(m²a)

Für den gesamten Schulcampus ergeben sich folgender spezifischer Gesamtstrombedarf und PV-Erzeugung.

- Strombedarf gesamt Schulen Hittisau: 28,5 kWh/(m²a)
- PV-Erzeugung Schulen Hittisau: 22,0 kWh/(m²a)

Werden der gemessene PV-Ertrag und der Stromverbrauch durch die gesamte Energiebezugsfläche der Schulen Hittisau von 7.688 m² geteilt, dann ergeben sich folgende spezifischen Ergebnisse.

Gemessener Stromverbrauch gesamt Schulen Hittisau: 16,9 kWh/(m²a)

Gemessene PV-Erzeugung Schulen Hittisau: 18,8 kWh/(m²a)

Sowohl der Stromverbrauch als auch die PV-Erzeugung sind niedriger als die berechneten Werte. Bei der PV-Erzeugung liegt das daran, dass die PV-Anlagen auf Baukörper GH und MP im April und Mai 2024 abgedeckt werden mussten, um das Gründach darunter neu anzulegen, da es nicht korrekt für die Kombination mit einer PV-Anlage umgesetzt wurde.

4.9 Hybridlüftung

Alle drei Baukörper verfügen über eine kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Im Gebäude ist ein sogenanntes Hybridlüftungskonzept umgesetzt. Die Lüftungsanlage ist als hygienische Grundlüftung dimensioniert. Lüftungsflügel in der Fassade können bei höherem Frischluftbedarf (bspw. bei höherer Personenbelegung abweichend zur Standardnutzung) zusätzlich geöffnet werden. In Baukörper VS ist der Strombedarf der Lüftungsanlage separat erfasst. Zwischen 01.12.2023 und 30.11.2024 ergibt sich folgender Stromverbrauch.

- Stromverbrauch Lüftung Baukörper VS: 4.809 kWh
- Spezifischer Stromverbrauch Lüftung Baukörper VS: 1,8 kWh/(m²a)
- Hilfsstrom Lüftung PHPP: 5,7 kWh/(m²a)

Der gemessene Stromverbrauch der Lüftung von Baukörper VS ist wesentlich geringer als der berechnete Hilfsstrombedarf der PHPP-Berechnung. Das liegt daran, dass die Lüftungsanlage pro Schultag nur ca. von 6:00 bis 17:00 (11 Stunden) in Betrieb ist. Zudem erfolgt die Außenluftvorerwärmung zur Enteisung nicht direkt elektrisch, sondern mit Fernwärme. In der

PHPP-Berechnung war sowohl eine direkt elektrische Außenluftvorerwärmung als auch ein längerer Lüftungsbetrieb berücksichtigt. Wird die PHPP-Berechnung dahingehend angepasst, dann reduziert sich sowohl der berechnete Hilfsstrombedarf der Lüftung als auch der Heizwärmebedarf und der Endenergiebedarf für Heizung. Die berechneten Werte stimmen dadurch wesentlich besser mit den Verbrauchsdaten überein.

- Hilfsstrom Lüftung PHPP angepasst: 2,1 kWh/(m²a)
- Heizwärmebedarf PHPP angepasst: 15,5 kWh/(m²a)
- Endenergiebedarf Heizung PHPP angepasst: 21,6 kWh/(m²a)

Um die Behaglichkeitsqualität des Hybridlüftungskonzepts bewerten zu können, wurde der CO₂-Gehalt in zwei Klassenzimmern des Baukörpers VS während der letzten 9 Schulwochen von 06.05.2024 bis 07.07.2024 gemessen und ausgewertet, wie in Tabelle 40 ersichtlich. Die Auswertung zeigt, dass das Klassenzimmer im OG1 wahrscheinlich deutlich mehr genutzt wird als das Klassenzimmer im EG, da der gemessene CO₂-Gehalt deutlich höher ist. Im Klassenzimmer im EG liegen alle Nutzungsstunden im guten Luftqualitätsbereich unter 1.000 ppm CO₂-Gehalt. Im Klassenzimmer im OG1 liegen ca. 2/3 der Nutzungsstunden im guten Luftqualitätsbereich und ca. 1/3 der Nutzungsstunden im mittelguten Luftqualitätsbereich.

CO₂-Messung 06.05.2024 bis 07.07.2024	Einheit	CO₂-Gehalt Klassenzimmer Südost EG	CO₂-Gehalt Klassenzimmer Nordwest OG1
Minimalwert	ppm	315	377
Maximalwert	ppm	741	1662
Nutzungsstunden < 1.000 ppm	h / %	326,25 h / 100%	217,50 h / 66,7%
Nutzungsstunden 1.000 – 1.500 ppm	h / %	0 / 0%	105,75 h / 32,4%
Nutzungsstunden > 1.500 ppm	h / %	0 / 0%	3,00 h / 0,9%

Tabelle 40: Auswertung CO₂-Messung 06.05.2024 bis 07.07.2024

Das Hybridlüftungskonzept funktioniert sowohl aus Effizienz- als auch aus Behaglichkeitssicht.

4.10 Sommerlicher Wärmeschutz

Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt den Temperaturverlauf im Gebäudekörper VS während der letzten 9 Schulwochen von 06.05.2024 bis 07.07.2024. Dargestellt ist die Außentemperatur in Hellblau (T Aussen), die Lufttemperatur einer Südost-orientierten Schulklasse im EG in Rot (T Luft Klasse EG SO) und einer Nordwest-orientierten Schulklasse im OG1 in Orange (T Luft Klasse OG1 NW) sowie die Ablufttemperatur der Lüftungsanlage in Violett (T Abluft Lüftung). Die Nutzungszeiten von Baukörper VS von Montag bis Freitag von 07:45 bis 12:30 und 14:00 bis 16:30 sind als graue Balken dargestellt. Die gesamte Nutzungszeit während des Auswertungszeitraums ist 326,25 h.

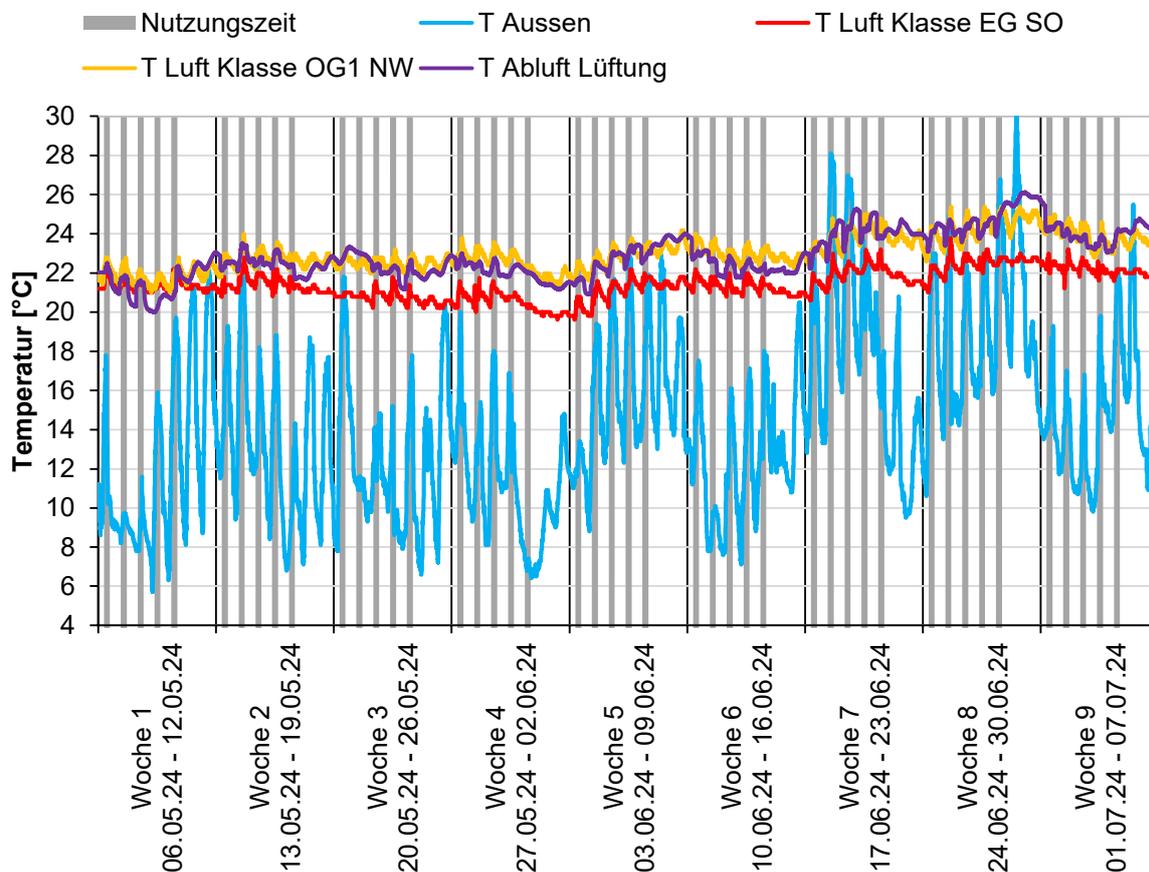


Abbildung 30: Temperaturmessung 06.05.2024 bis 07.07.2024

Die Temperaturverläufe zeigen, dass die Lufttemperatur in den Klassenzimmern während der Belegungszeit aufgrund der internen Lasten durch die Schüler und Schülerinnen sowie solare Wärmeeinstrahlung ansteigt. Nach Ende des Schulbetriebs nimmt die Lufttemperatur aufgrund der fehlenden internen Lasten und die Nachtauskühlung durch Lüftungsflügel wieder ab. Das Klassenzimmer im EG ist deutlich kühler als das Klassenzimmer im OG1. Wie bereits im letzten Kapitel beschrieben, wird diese Klasse wahrscheinlich deutlich weniger genutzt.

Die folgende Tabelle 41 zeigt die Minimal- und Maximalwerte der Lufttemperaturen sowie die Nutzungsstunden über 24, 25 und 26 °C absolut und bezogen auf die gesamte Nutzungszeit von 326,25 h. Die Auswertung zeigt, dass ein Großteil der Nutzungsstunden unter 24 °C liegen und der sommerliche Wärmeschutz gewährleistet ist.

Temperaturmessung 06.05.2024 bis 07.07.2024	Einheit	Lufttemperatur Klassenzimmer Südost EG	Lufttemperatur Klassenzimmer Nordwest OG1	Ablufttemperatur Lüftung
Minimalwert	°C	19,6	21,0	20,0
Maximalwert	°C	23,8	25,4	26,1
Nutzungsstunden > 24 °C	h / %	0 h / 0%	68,75 h / 21,1%	46,75 h / 14,3%
Nutzungsstunden > 25 °C	h / %	0 h / 0%	8,50 h / 2,6%	2,00 h / 0,6%
Nutzungsstunden > 26 °C	h / %	0 h / 0%	0 h / 0%	0 h / 0%

Tabelle 41: Auswertung Temperaturmessung 06.05.2024 bis 07.07.2024

Die folgende Abbildung 31 zeigt den Feuchteverlauf der Zuluft während dieses Zeitraums in Violett (Relative Feuchte Lüftung). Die Nutzungszeiten sind erneut als graue Balken dargestellt.

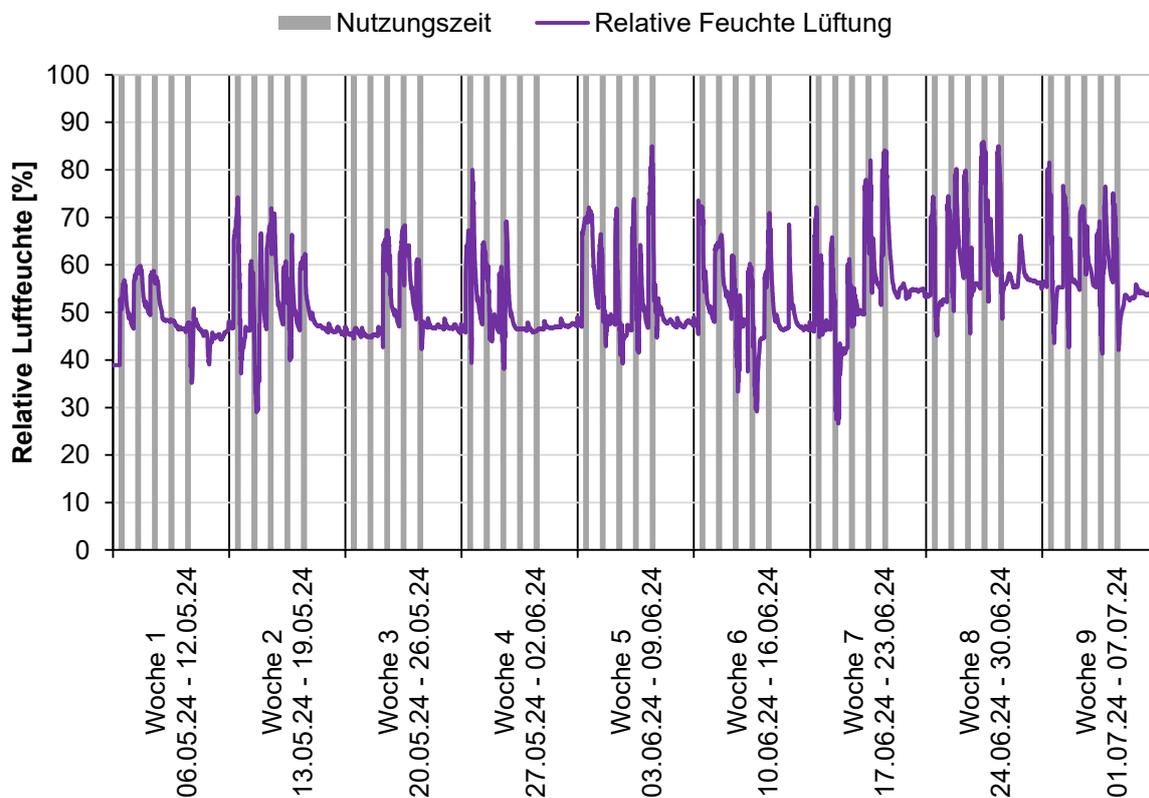


Abbildung 31: Feuchtemessung 06.05.2024 bis 07.07.2024

Die folgende Tabelle 42 zeigt die Minimal- und Maximalwerte der relativen Luftfeuchte sowie die Nutzungsstunden unter 30% und 40% sowie über 60%, 70% und 80% absolut und bezogen auf die gesamte Nutzungszeit von 326,25 h. Die relative Luftfeuchte ist zu feucht. Knapp die Hälfte der Nutzungsstunden (44,9%) liegt über dem idealen Bereich von 40% bis 60% relativer Luftfeuchte. Mit einem Entfeuchtungsregister in der mechanischen Grundlüftung könnte trockenere Zuluft in den Sommerwochen eingebracht werden, wodurch dieser Anteil reduziert werden könnte. Das Entfeuchtungsregister muss jedoch mit einer Kältemaschine gekühlt werden. Die zusätzliche natürliche Zuluft über die Lüftungsflügel in der Fassade kann damit jedoch nicht entfeuchtet werden.

Feuchtemessung 06.05.2024 bis 07.07.2024	Einheit	Relative Luftfeuchte Lüftung
Minimalwert	%	27%
Maximalwert	%	86%
Nutzungsstunden < 30%	h / %	1,25 h / 0,4%
Nutzungsstunden < 40%	h / %	11,50 h / 3,5%
Nutzungsstunden > 60%	h / %	146,50 h / 44,9%
Nutzungsstunden > 70%	h / %	56,50 h / 17,3%
Nutzungsstunden > 80%	h / %	12,25 h / 3,8%

Tabelle 42: Auswertung Feuchtemessung 06.05.2024 bis 07.07.2024

4.11 Soll-Ist-Vergleich

	Einheit	Soll	Messperiode 2
Endenergie Heizung Baukörper MP	kWh/(m ² a)	17,0	15,0
Endenergie Heizung Baukörper VS	kWh/(m ² a)	21,6 ³	16,7
Endenergie Heizung Baukörper GH	kWh/(m ² a)	30,6	19,1
Endenergie Warmwasser Baukörper GH	kWh/(m ² a)	10,0 ⁴	9,0
Hilfsstrom Lüftung Baukörper VS	kWh/(m ² a)	2,1 ⁵	1,8
Strom gesamt Schulen Hittisau	kWh/(m ² a)	28,5	16,9
PV-Erzeugung Schulen Hittisau	kWh/(m ² a)	22,0	18,8

Tabelle 43: Endenergieverbrauch Gebäude – Soll-Ist-Vergleich Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)

Unterschied zwischen prognostizierten (Soll) und gemessenen Werten (Messperiode 2):

- Endenergie Heizung: Der gemessene Verbrauch aller Baukörper ist niedriger als die PHPP-Werte.
- Endenergie Warmwasser Baukörper GH: Wird der tatsächlich gemessene Warmwasserverbrauch in der PHPP-Berechnung angesetzt, dann passt der berechnete Wert sehr gut mit dem gemessene Wert überein.
- Hilfsstrom Lüftung Baukörper VS: Der berechnete Wert stimmt mit angepassten Lüftungs-Betriebszeiten sehr gut mit den Verbrauchsdaten überein.
- PV-Erzeugung Schulen Hittisau: Die PV-Anlagen auf Baukörper GH und MP musste im April und Mai 2024 abgedeckt werden um das Gründach darunter neu anzulegen, da es nicht korrekt für die Kombination mit einer PV-Anlage umgesetzt wurde. Dadurch ergibt sich eine geringere gemessene PV-Erzeugung.

4.12 Bewertung der Low Tech Komponenten

4.12.1 Gebäudehülle

Aufgrund der effizienten thermischen Gebäudehülle und einem ausgewogenen Fensterflächenanteil ergibt sich ein sehr geringer, gemessener Heizwärmeverbrauch in allen Baukörpern, welche deutlich unter dem prognostizierten Heizwärmebedarf der PHPP-Prognoseberechnung liegen.

Fazit: Eine effiziente thermische Gebäudehülle und ein ausgewogener Fensterflächenanteil ermöglichen geringe Heizwärmeverbräuche. Mit den passenden Berechnungswerkzeugen und realitätsnahen Randbedingungen lassen sich die Verbräuche gut prognostizieren.

4.12.2 Hybridlüftung

Alle drei Baukörper verfügen über eine kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Im Gebäude ist ein sogenanntes Hybridlüftungskonzept umgesetzt. Die Lüftungsanlage ist als hygienische Grundlüftung dimensioniert. Lüftungsflügel in der Fassade

³ Mit angepasster Betriebszeit Lüftung (siehe Monitoringbericht Kapitel 4.9).

⁴ Mit angepasstem Warmwasserbedarf (siehe Monitoringbericht Kapitel 4.7).

⁵ Mit angepasster Betriebszeit Lüftung (siehe Monitoringbericht Kapitel 4.9).

können bei höherem Frischluftbedarf (bspw. bei höherer Personenbelegung abweichend zur Standardnutzung) zusätzlich geöffnet werden. Das Hybridlüftungskonzept ergibt einen sehr geringen gemessenen Strombedarf für die Lüftung

Die Messung des CO₂-Gehalts in einem viel genutzten Klassenzimmer von Baukörper VS zeigt, dass ca. 2/3 der Nutzungsstunden im guten Luftqualitätsbereich und ca. 1/3 der Nutzungsstunden im mittelguten Luftqualitätsbereich liegen.

Fazit: Das Hybridlüftungskonzept aus Grundlüftung mit kontrollierter Be- und Entlüftungsanlage und zusätzlichen Lüftungsflügeln in der Fassade funktioniert sowohl aus Sicht der Energieeffizienz als auch der Luftqualität. Die relative Luftfeuchte liegt in den Sommerwochen an knapp der Hälfte der Nutzungsstunden über dem idealen Bereich von 40% bis 60%. Mit einem zusätzlichen Entfeuchtungsregister – gekühlt mit einer Kältemaschine – könnte beim Hybridlüftungskonzept jedoch nur die mechanische Zuluft entfeuchtet werden, aber nicht die zusätzliche natürliche Zuluft über die Lüftungsflügel.

4.12.3 Sommerlicher Wärmeschutz

Die Auswertung der Lufttemperaturverläufe in zwei Schulklassen von Baukörper VS während der letzten 9 Schulwochen von 06.05.2024 bis 07.07.2024 zeigt, dass die Lufttemperatur nach Ende des Schulbetriebs aufgrund der fehlenden internen Lasten und der Nachtauskühlung durch die Lüftungsflügel abgesenkt werden kann. Die Lufttemperatur beider Klassenzimmer liegt im Auswertzeitraum während eines Großteils der Nutzungsstunden unter 24 °C.

Fazit: Die Auswertung zeigt, dass der sommerliche Wärmeschutz mit Nachtauskühlung durch die Lüftungsflügel funktioniert.

4.13 Quellen

[1] Anlagenschema Neubau und Sanierung Schulen Hittisau, Planungsteam E-PLUS, 14.1.2022

[2] Energiemonitoring Schulen Hittisau Platz 406 a- c, energyControl

[3] PHPP-Berechnungen Baukörper GH, VS und MP, SPEKTRUM Bauphysik & Bauökologie, 01.04.2024

5 Monitoringbericht Pilotgebäude Kita Halde Nord / Kita St. Martin (eza!)

5.1 Einleitung

Beim Pilotprojekt Kindergarten Halde Nord in Kempten wird der Endenergiebedarf für Raumwärme, Warmwasser und elektrische Energie gemessen. Es werden Monats- bzw. Jahreswerte über einen Zeitraum von 3 Jahren erfasst. Die Erfassung der Hauptzähler erfolgt von Hand von Verantwortlichen vor Ort. Die monatlichen Zählerstände werden eza! quartalsweise von der Stadt Kempten zur Verfügung gestellt und mit einer Energiemanagementsoftware ausgewertet.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt liegen Ablesewerte vor: **31.05.2021 bis 02.12.2024**

5.2 Zielsetzung des Monitorings:

- Als Low-Tech Element wird im Kindergarten Halde Nord eine Lüftungsanlage mit stark reduziertem Kanalnetz, mit Wärmerückgewinnung aber ohne Nachheizregister eingebaut. Für die Lüftungsanlage wurde ein zusätzlicher Stromzähler vorgesehen.
- Für die Überprüfung der Effizienz der Wärmepumpe werden ein Unterzähler Strom und ein Wärmemengenzähler am Ausgang der WP eingebaut.
- Zur Erfassung des Anteils des dezentral erzeugten Warmwassers, wurden 3 zusätzliche Stromzähler eingebaut. Hier werden nicht geeichte Hutschienenzähler eingebaut, die jeweils mehrere Zapfstellen messen.
- Die Behaglichkeit und die Qualität der Raumluft sollen durch ergänzende, temporäre Messungen von Raumtemperatur, relativer Luftfeuchte und CO₂-Gehalt der Raumluft gemessen werden. Diese Messungen erfolgen mit mobilem Messequipment ggf. zeitversetzt in verschiedenen Bereichen.

5.3 Gesamtenergieverbrauch

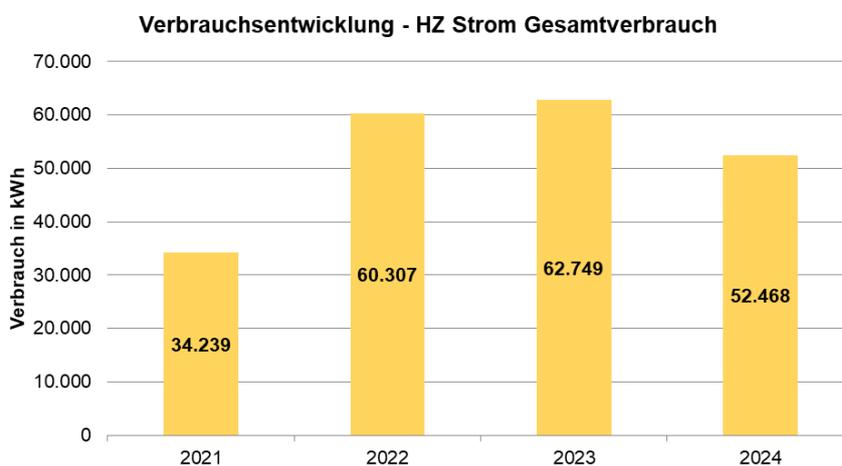


Abbildung 32: Gesamtenergieverbrauch

HZ Strom	2021	2022	2023	2024
Verbrauch [kWh]	34.239	60.307	62.749	52.468

Tabelle 44: Gesamtenergieverbrauch

Der Kindergarten ist seit Mitte 2021 in Betrieb. Die Zählerstände werden seit 31.05.2021 erfasst. Der Gesamtenergieverbrauch kann über den Hauptstromzähler (Zählernummer #9001) ermittelt werden.

In diesem Wert ist folgender Energieverbrauch enthalten:

- Beleuchtung
- Haushaltsstrom
- Strombedarf Wärmepumpe
- Strombedarf Lüftungsanlage
- Strombedarf Warmwasserbereitung

Der Stromverbrauch lag in den Jahren 2022 und 2023 bei durchschnittlich **61.500 kWh**.

Achtung: Die in der oberen Grafik dargestellten Verbräuche für 2021 und 2024 zeigen kein ganzes Jahr. Diese beiden Jahre sind daher als direkter Vergleich nicht repräsentativ.

5.4 Wärmeverbrauch

5.4.1 Wärmeverbrauch (witterungsbereinigt)

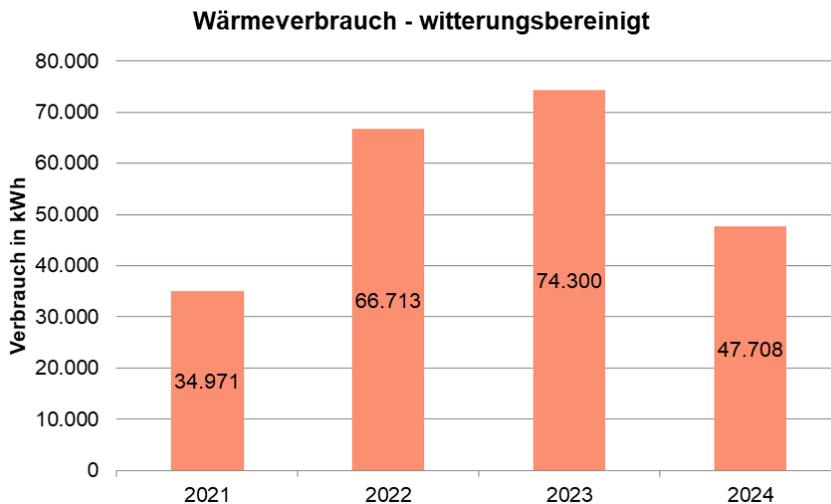


Abbildung 33: Wärmeverbrauch - witterungsbereinigt

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch (Wärmepumpe) der Kita St. Martin lag im Mittel der Jahre 2022 und 2023 bei rund 70 MWh.

Achtung: Die in der Grafik dargestellten Verbräuche für 2021 und 2024 zeigen kein ganzes Jahr. Diese beiden Jahre sind daher als direkter Vergleich nicht repräsentativ.

5.4.2 Wärmeverbrauch nicht witterungsbereinigt

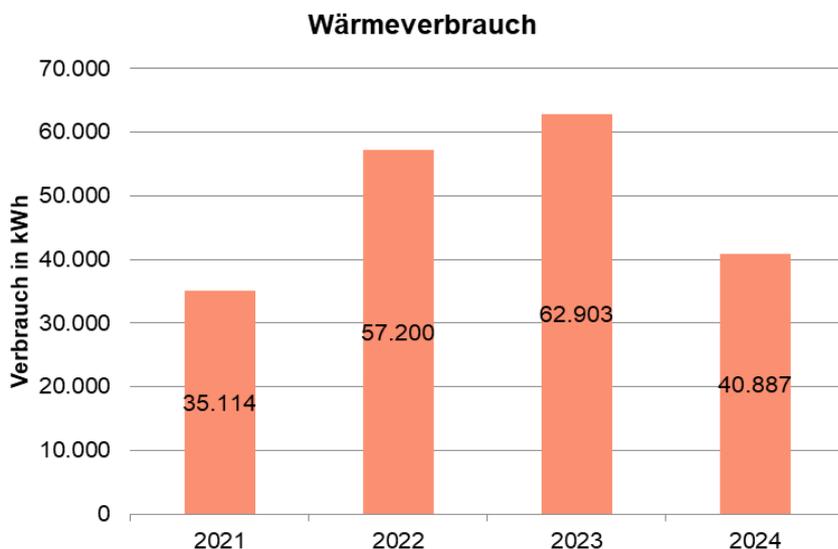


Abbildung 34: Wärmeverbrauch

Der nicht witterungsbereinigte Wärmeverbrauch lag in den Jahren 2022 und 2023 im Mittel bei 60 MWh. Die Tendenz des Verbrauchsanstiegs im Jahr 2023 und eine Reduzierung des Verbrauchs in 2024 ist auch beim nicht witterungsbereinigten Verbrauch erkennbar.

Achtung: Die in der Grafik dargestellten Verbräuche für 2021 und 2024 zeigen kein ganzes Jahr. Diese beiden Jahre sind daher als direkter Vergleich nicht repräsentativ.

5.5 Stromverbrauch

5.5.1 Aufteilung Stromverbrauch

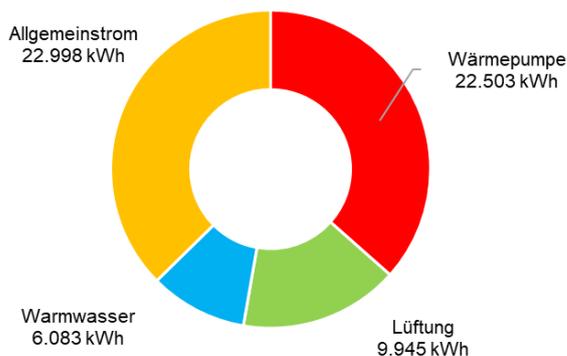


Abbildung 35: Aufteilung Stromverbrauch

Stromverbrauch	Mittelwert 2022-2023	
Wärmepumpe	22.503 kWh	37%
Lüftung	9.945 kWh	16%
Warmwasser	6.083 kWh	10%
Allgemeinstrom	22.998 kWh	37%
Summe	61.528 kWh	100%

Tabelle 45: Aufteilung Stromverbrauch

Die größten Anteile am Stromverbrauch haben die Wärmepumpe (37%) sowie der Allgemeinstrom (37%). Der Anteil der Lüftungsanlagen am Stromverbrauch beträgt 16%. Der Anteil der Warmwasserbereitung liegt bei 10%.

Es ergeben sich folgende spezifische Kennwerte für Stromverbrauch und Raumheizung:

Mittelwert 2022-2023	Energiemenge	Fläche	spez. Kennwert IST
Wärme witterungsbereinigt	70.507 kWh	1.410 m ²	50,0 kWh/m ² *a
Wärme	60.052 kWh	1.410 m ²	42,6 kWh/m ² *a
Strom - Allgemeinstrom	22.998 kWh	1.410 m ²	16 kWh/m ² *a
Strom – Warmwasser	6.083 kWh	1.410 m ²	4 kWh/m ² *a
Strom – Lüftung	9.945 kWh	1.410 m ²	7,1 kWh/m ² *a

Tabelle 46: Spezifische Kennwerte für Stromverbrauch und Raumheizung

5.6 Entwicklung Stromverbrauch – ohne Wärmepumpe

Der Gesamtstromverbrauch des Kindergartens – ohne den Stromverbrauch der Wärmepumpe – setzt sich aus dem Allgemeinstromverbrauch sowie dem Verbrauch Lüftung und dem Verbrauch Warmwasserbereitung zusammen. Der Allgemeinstrom muss rechnerisch ermittelt werden, es ist kein separater Zähler vorhanden.

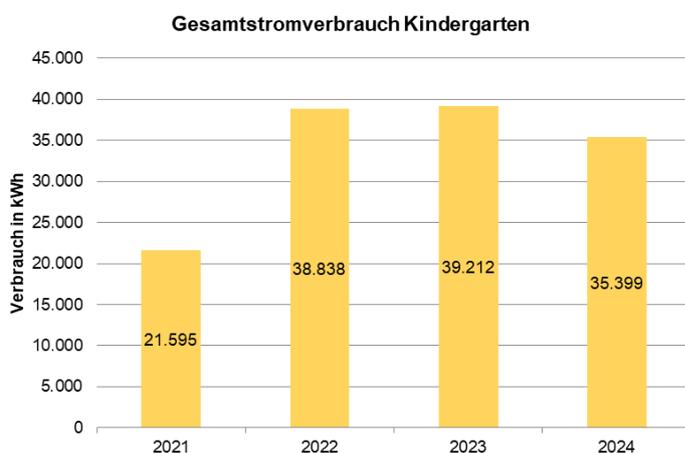


Abbildung 36: Gesamtstromverbrauch Kindergarten ohne Wärmepumpe

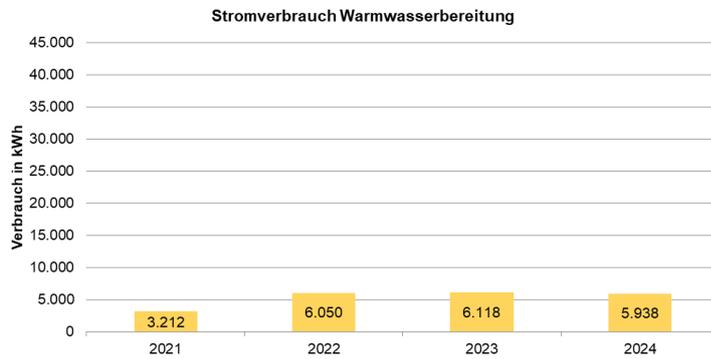


Abbildung 37: Stromverbrauch Warmwasserbereitung

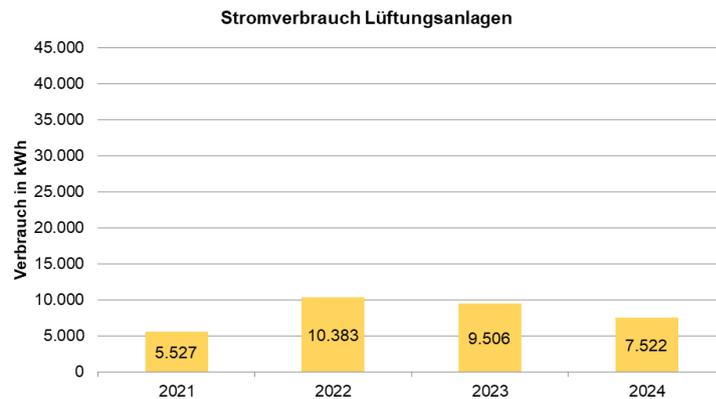


Abbildung 38: Stromverbrauch Lüftungsanlagen

5.7 Bewertung Energieverbrauch

5.7.1 Berechneter Verbrauch zu realem Verbrauch

In der nachfolgenden Tabelle sind die spezifischen Kennwerte des Wärme- und Stromverbrauchs den berechneten Bedarfswerten gegenübergestellt. Die Raumklimamessung hat ergeben, dass die Temperatur im Bereich von 22 °C liegt. Daher werden in der nachfolgenden Tabelle die Bedarfskennwerte für 20 °C und für 22 °C angegeben.

	spez. Kennwert IST	spez. Kennwert SOLL 20 °C	spez. Kennwert SOLL 22 °C
Wärme witterungsbereinigt	50 kWh/m ² *a	15,2 kWh/m ² *a	19,7 kWh/m ² *a
Strom - Allgemeinstrom	16 kWh/m ² *a	13,6 kWh/m ² *a	13,6 kWh/m ² *a
Strom – Warmwasser	4 kWh/m ² *a	21,3 kWh/m ² *a	20,7 kWh/m ² *a
Strom – Lüftung	7 kWh/m ² *a	5,53 kWh/m ² *a	5,53 kWh/m ² *a

Tabelle 47: Soll-Ist-Vergleich

Der Wärmeverbrauchskennwert liegt mit 50 kWh/m²a deutlich über den projektierten Werten von 15,2 bzw. 19,7 kWh/m²a. Eine Überprüfung vor Ort hat Hinweise auf deutliches Optimierungspotenzial gegeben. Insbesondere Betriebszeiten, Heizkurve und die elektrische Nachheizung sollten überprüft werden.

Der Verbrauch an Allgemeinstrom liegt mit 16 kWh/m²a etwas über dem berechneten Wert. Die abweichende Raumtemperatur hat auf den Allgemeinstrom keinen Einfluss.

Der Stromverbrauch für die Warmwasserbereitung liegt den erfassten Werten nach deutlich unter den berechneten Werten. Die Ursache kann in einem geringeren Warmwasserverbrauch als

angenommen liegen. Zwischen berechnetem Bedarf bei 20 °C oder 22 °C Raumtemperatur ergibt sich eine geringe Abweichung. Bei einer höheren Innentemperatur entstehen geringere Verluste, daher ist der Wert für 22 °C niedriger.

Im Bereich der Lüftung ist die Abweichung trotz der noch nicht einregulierten und korrekt programmierten Lüftungsanlage gering.

Weitere Informationen zu den Einstellungen und Optimierungsvorschlägen für die Anlagentechnik finden Sie in Kapitel 5.12.

5.8 Vergleich mit Verbrauchskennwerten

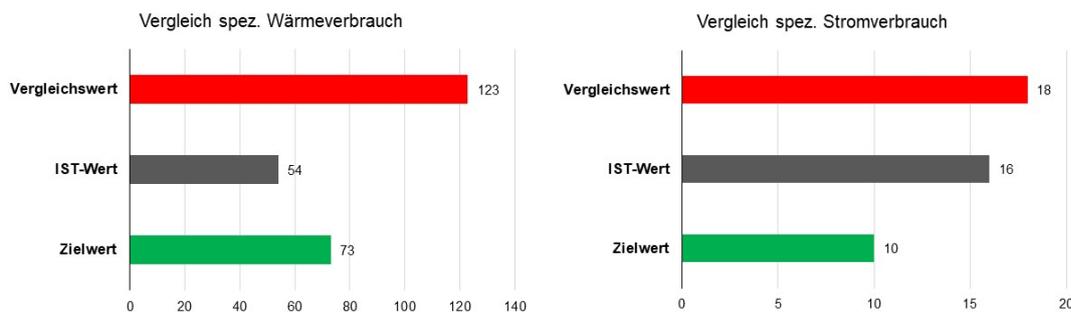


Abbildung 39: Vergleich spezifische Verbrauchswerte

Beim Vergleich der spezifischen Kennwerte (Gebäudekategorie Kindertagesstätten) fällt auf, dass der Wärmeverbrauchskennwert unter dem Zielwert liegt. Der Stromverbrauchskennwert (Allgemeinstrom + Warmwasser + Lüftung) liegt im Bereich über dem Vergleichswert.

5.9 Bewertung Verbrauch Lüftungsanlagen

Die Kita Halde Nord wird mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung belüftet. Die Zuluft wird zentral in den Fluren eingeblasen und in den Gruppenräumen abgesaugt. Der Volumenstrom wurde auf 2.400 m³/h festgelegt. Der Stromverbrauch für die Lüftungsanlage lag im Mittel der Jahre 2022 und 2023 bei 9.945 kWh.

Bei einer Begehung im März 2023 wurde festgestellt, dass in der Steuerung der Lüftungsanlage keine Schaltzeiten programmiert waren. Dies bedeutet, dass die Lüftungsanlage 24/7 durchgelaufen ist. Dadurch ergibt sich rechnerisch eine transportierte Luftmenge von 20,96 Mio m³. Somit ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch von 0,47 Wh/m³ Luft.

Für die Küche ist eine zweite Lüftungsanlage mit Nachheizregister vorhanden. Diese hat im Jahr 2022 eine Energiemenge von 468 kWh verbraucht. Im Jahr 2023 wurden 809 kWh verbraucht. Die Lüftungsanlage in der Küche wird von den Nutzern nur bei Bedarf eingeschaltet.

Obwohl die Lüftungsanlage ohne Zeitprogramm läuft, sind Schwankungen bei den Monatswerten beim Stromverbrauch der Lüftungsanlagen zu verzeichnen. Die Ursache hier (Abschaltung durch Hausmeister während Ferienzeiten?) muss noch geklärt werden.

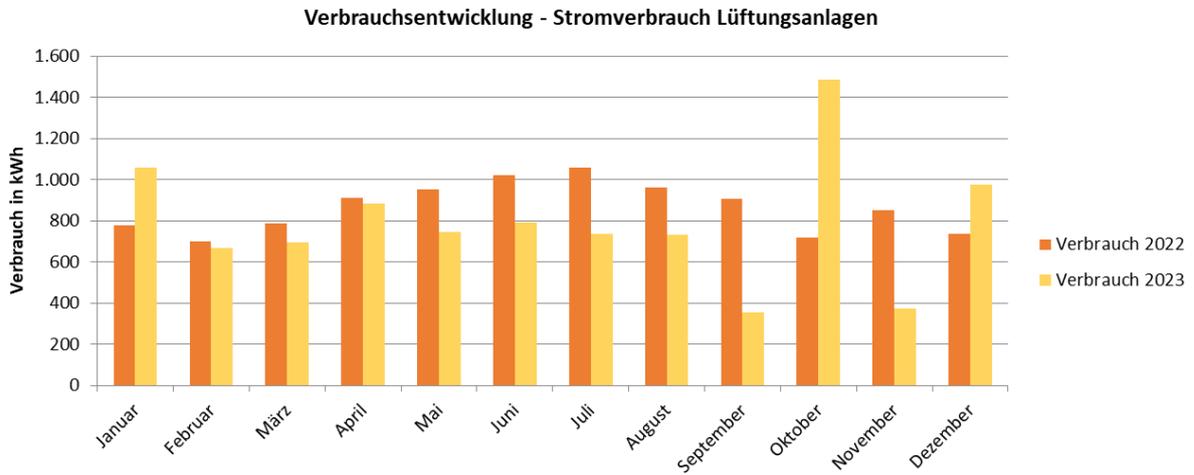


Abbildung 40: Monatswerte Stromverbrauch Lüftung

5.10 Effizienz der Wärmepumpe

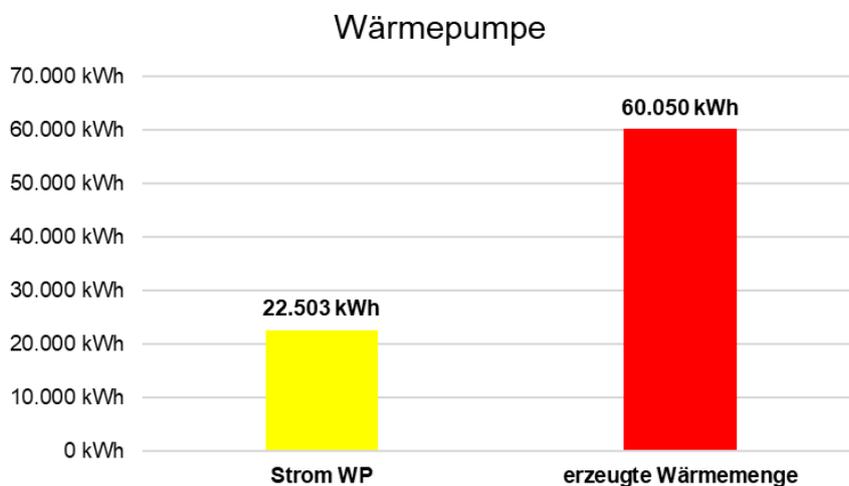


Abbildung 41: Stromverbrauch und erzeugte Wärmemenge Wärmepumpe

Stromverbrauch WP Ø 2022 + 2023	22.503 kWh
erzeugte Wärmemenge (witterungsbereinigt)	60.050 kWh
JAZ	2,67

Tabelle 48: Jahresarbeitszahl Wärmepumpe

Die Wärmepumpe hat in den Jahren 2022 und 2023 im Durchschnitt eine Wärmemenge von 60.050 kWh erzeugt. Dafür war ein Einsatz an elektrischer Energie von 22.503 kWh notwendig. Somit ergibt sich eine Jahresarbeitszahl (COP) von 2,67.

Der COP kann durch eine bessere Hydraulische Einbindung der Wärmepumpe verbessert werden. Durch die Hydraulische Weiche kommt es zu Überströmungen und einem häufigen Takten der Wärmepumpe. Wir empfehlen den Ausbau der Hydraulischen Weiche und Einbau eines Pufferspeichers in den Rücklauf. Zusätzlich wird ein Überströmventil benötigt, das die Pufferbeladung bei geschlossenen Heizflächen ermöglicht.

Eine Verbesserung der Jahresarbeitszahl um 1 (also auf 4,2) bedeutet eine Einsparung von ca. 5.000 kWh bzw. ca. 1.420 € pro Jahr⁶. Die Kosten für den Einbau mit Material liegen bei ca. 4.000 €. Die Maßnahme amortisiert sich in weniger als 3 Jahren.

Wenn der Wärmeverbrauch durch Optimierung der Regelungseinstellungen (u.a. Zeitprogramm Lüftungsanlage zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste) auf den berechneten Wert von ~20 kWh/m²a statt 50 kWh/m²a gesenkt werden kann, amortisiert sich die Maßnahme in unter einem Jahr.

5.11 Behaglichkeit und Raumluftqualität

Im Zeitraum vom 23.03. bis 09.04.2023 wurden Messungen in der Kita durchgeführt:

- CO₂, Temperatur und relative Luftfeuchte in jeweils einem Gruppenraum im Erdgeschoss und im Obergeschoss
- Temperatur und rel. Luftfeuchte im Technikraum (EG) und in den Spielfluren im EG und OG. Die Messgeräte im Flur wurden jeweils in der Nähe des zentralen Luftauslasses und am entfernten Ende des Flures platziert. Die Sensoren wurden auf die Türstöcke gelegt, haben also die Temperatur in ca. 2,10 m Höhe gemessen.
- Messintervall: jeweils 5 Minuten

5.11.1 Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

Für die Auswertung wurde eine typische Woche während der Heizperiode gewählt. Nachfolgend sind die Daten von Montag 27.03.2023 bis Sonntag 02.04.2023 dargestellt.

5.11.1.1 Auswertung Behaglichkeit Gruppenräume

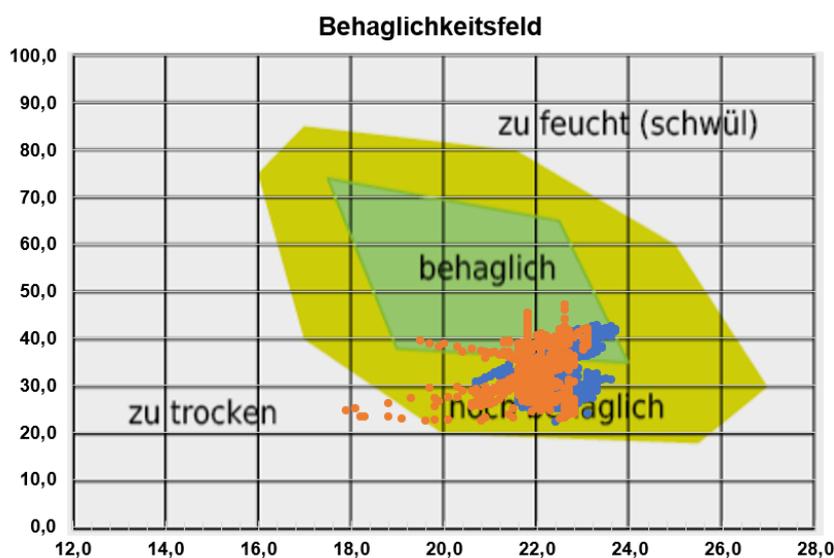


Abbildung 42: Auswertung Behaglichkeit Gruppenräume

Die Messwerte (Temperatur und rel. Feuchte) wurden als Punktwolke dargestellt und in ein Behaglichkeitsfeld eingetragen. Die orange Punktwolke bildet die Messergebnisse des

⁶ Wärmepumpentarif 0,28 €/kWh

Gruppenraumes im Erdgeschoss ab. Die blaue Punktewolke die des Gruppenraumes im Obergeschoss.

Die Raumtemperatur beträgt in beiden Räumen im Mittel 22 °C, die rel. Luftfeuchte 32%. Bei der orangen Punktewolke (Gruppenraum EG) ist eine stärkere Streuung zu beobachten. Hier sind mehr „Ausreißer“ zu verzeichnen, einzelne Werte mit niedrigeren Temperaturen bzw. einzelne Werte mit höherer rel. Luftfeuchtigkeit.

Insgesamt liegt das Raumklima im Bereich „noch behaglich“. Tendenziell ist die rel. Luftfeuchtigkeit - um ca. 10% - zu niedrig.

5.11.1.2 Temperaturen im Wochenverlauf

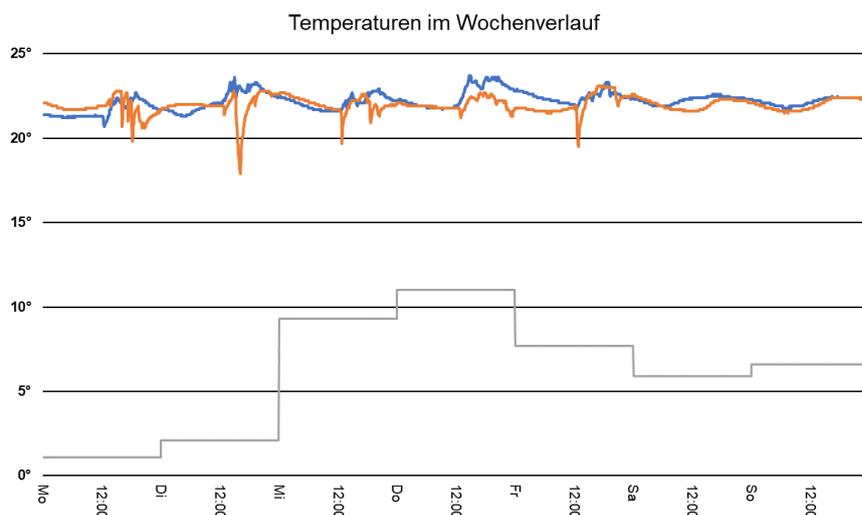


Abbildung 43 Temperaturen im Wochenverlauf

Dargestellt sind die Raumtemperaturen der beiden Gruppenräume (orange: EG, blau: OG) sowie der mittleren Außentemperatur (graue Linie) im Verlauf der Woche vom 27.03. bis 02.04.2023.

Die Raumtemperatur schwankt geringfügig um die 22 °C. Beim Gruppenraum EG sind stärkere Ausschläge zu verzeichnen. Dieser Raum hat einen direkten Zugang zum Garten über Fenstertüren. Die Ausschläge nach unten kommen durch das Öffnen der Fenstertüren – entweder zum Lüften oder wenn die Kinder in den Garten gehen. Die Raumtemperatur normalisiert sich jeweils wieder relativ schnell.

Mit der grauen Linie ist im Diagramm die mittlere Außentemperatur (Wetterstation Kempten) dargestellt. Die Raumtemperatur wird von den Schwankungen der Außentemperatur nicht beeinflusst.

5.11.1.3 Relative Luftfeuchte im Wochenverlauf

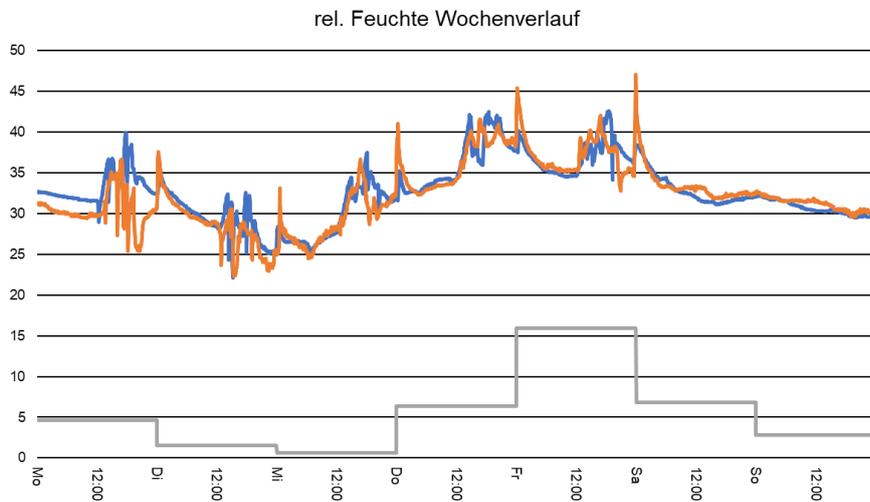


Abbildung 44: Relative Luftfeuchte im Wochenverlauf

Dargestellt ist die relative Luftfeuchte [%] der beiden Gruppenräume (orange: EG, blau: OG) sowie die Niederschlagsmenge [mm] (graue Linie) im Verlauf der Woche vom 27.03. bis 02.04.2023.

Die relative Feuchte schwankt zwischen 25% bis 42% mit vereinzelt „Ausschlägen“ bis über 45%. Beim Gruppenraum im EG (orange) weist die Messung stärkere Schwankungen auf. Diese resultieren, auch wie die Schwankungen bei der Temperatur, aus dem häufigeren Öffnen der Fenster.

Mit der grauen Linie ist die Niederschlagsmenge (Wetterstation Kempten) dargestellt. Es ist eine leichte Korrelation zwischen dem Anstieg der rel. Luftfeuchte und dem Niederschlag zu erkennen. Am Wochenende sinkt der Wert langsam ab, obwohl es geregnet hat. Dies lässt auf einen Feuchteintrag durch die Nutzer (nasse Schuhe und Kleidung) während der Nutzung von Montag bis Freitag schließen. Die Feuchte wird über die Lüftungsanlage zuverlässig abgeführt.

5.11.2 Auswertung CO₂-Konzentration

5.11.2.1 CO₂-Konzentration im Wochenverlauf

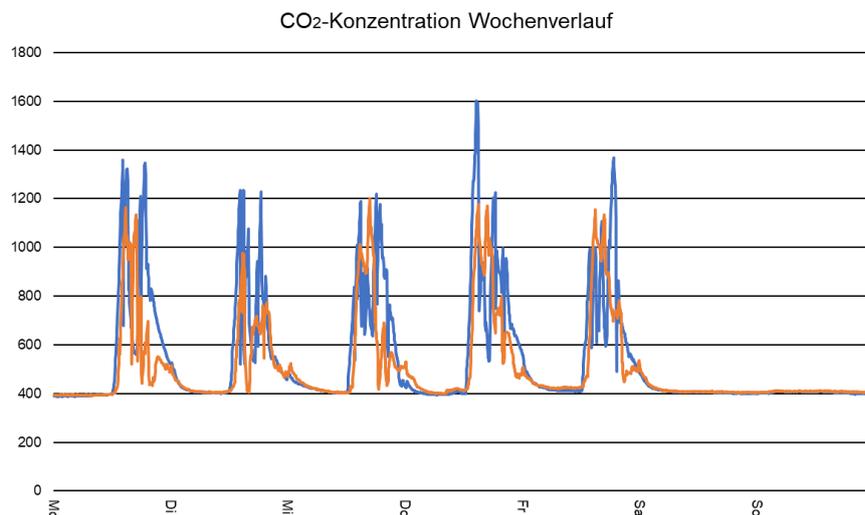


Abbildung 45: CO₂-Konzentration im Wochenverlauf

In der Grafik ist die CO₂-Konzentration der beiden Gruppenräume dargestellt. Die Nutzungszeiten des Kindergartens sind deutlich ablesbar. Außerhalb der Nutzungszeiten liegt die CO₂-Konzentration stabil auf rund 400 ppm. Während der Nutzung von Montag bis Freitag steigt die Kohlendioxidkonzentration bis auf 1.200 ppm an. Sehr vereinzelt sind Werte von über 1.200 ppm bis max. 1.600 ppm zu verzeichnen.

Beim Gruppenraum im OG (blau) fallen eine geringfügig höhere CO₂-Konzentration und stärkere Ausschläge auf. Die maximale CO₂-Konzentration von 1.602 ppm.

5.11.2.2 CO₂-Konzentration Dauerlinie

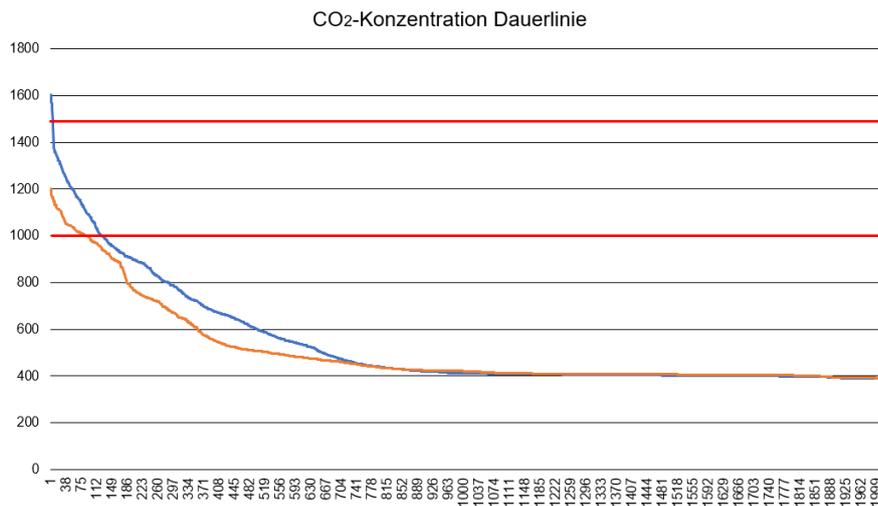


Abbildung 46: CO₂-Konzentration Dauerlinie

Im Diagramm sind die Messwerte absteigend nach Größe sortiert dargestellt. Die CO₂-Konzentration im Messzeitraum lag zu über 90% der Zeit unter 1.000 ppm. Im Gruppenraum im Erdgeschoss (orange) wurden 90 (von gesamt 2.016) Messwerte mit einem CO₂-Gehalt der Raumluft von über 1.000 ppm gemessen. Dies entspricht einem Anteil von 4,5%

Beim Gruppenraum im Obergeschoss (blau) wurden 5 Messwerte mit über 1.500 ppm und 120 Messwerte mit über 1.000 ppm aufgezeichnet.

Insgesamt ist die Raumluft den Kategorien hohe Raumluftqualität (IDA 1) bis mittlere Raumluftqualität (IDA 2) zuzuordnen.

Raum	CO ₂ -Konzentration	Anzahl Werte	%-Anteil
OG (blau)	> 1.500 ppm	5	0,2%
	> 1.000 ppm	120	6,0%
	< 1.000 ppm	1891	93,8%
EG (orange)	> 1.000 ppm	90	4,5%

Tabelle 49: CO₂-Konzentration nach Kategorie

Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779: 2007–09 (DIN 2007–09). Die Tabelle enthält in den Spalten 1–3 und 5 die Vorgaben der DIN EN 13779. Spalte 4 stellt beispielhaft für eine CO ₂ -Außenluftkonzentration von 400 ppm absolute CO ₂ -Konzentrationen in der Innenraumluft vor				
Raumluft-Kategorie (Indoor Air)	Beschreibung	Erhöhung der CO ₂ -Konzentration gegenüber der Außenluft [ppm]	Absolute CO ₂ -Konzentration in der Innenraumluft [ppm]	Lüftungsrate/Außenluftvolumenstrom [l/s Person] ([m ³ /h Person])
IDA 1	Hohe Raumluftqualität	≤ 400	≤ 800	> 15 (> 54)
IDA 2	Mittlere Raumluftqualität	> 400–600	> 800–1000	10–15 (> 36–54)
IDA 3	Mäßige Raumluftqualität	> 600–1000	> 1000–1400	6–10 (> 22–36)
IDA 4	Niedrige Raumluftqualität	> 1000	> 1400	< 6 (< 22)

Abbildung 47: Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779:2007-09 (Quelle Umweltbundesamt)

5.12 Dokumentation der Vor-Ort Begehungen

Vor-Ort Begehungen am 23.03.2023 und 16.05.2023:

- Überprüfung der Anlagentechnik
- Identifizieren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz
- Überprüfung und Optimierung der Heizungsparameter

5.12.1 Einstellungen der Heizungsparameter

Heizkreis FBH Heizen		
Soilwerte	ALT	NEU
Abschaltung ab AT [°C]	21	Vorschlag 16
Zeit- & Wochenprogramm	ALT	NEU
Start Tagbetrieb MO-FR	Kein Programm aktiv	PRÜFEN
Start Nachtbetrieb MO-FR	Kein Programm aktiv	PRÜFEN
Start Tagbetrieb SA-SO	Kein Programm aktiv	PRÜFEN
Start Nachtbetrieb SA-SO	Kein Programm aktiv	PRÜFEN
Ein Tag- Nachtbetrieb führt nicht zwingend zu einer Steigerung der Effizienz. Ein Dauerheizbetrieb mit einer flach gewählten Heizkennlinie erhöht die Laufzeiten der Wärmepumpe und ist aus diesem Grund effizienter.		
Heizkennlinie	ALT	NEU
VL Temp. bei AT -10	40	Vorschlag 35-38
VL Temp. bei AT 21	21	OK
Wir empfehlen die Auslegungstemperaturen der Heizflächen zu prüfen (Unterlagen Planer) und diese entsprechend einzustellen.		

Tabelle 50: Einstellung der Heizungsparameter

Heizkreispumpe		
Modell	Wilco Stratos Maxo 0,5-10	
Einstellungen	ALT	NEU
Regelungsart	Druckkonstant	OK
Förderhöhe	9,8m	OK*

*lt. Heizungsbauer notwendig um die Beheizung aller Räume zu gewährleisten

Tabelle 51: Einstellungen der Heizkreispumpen

Lüftung		
Zeit- & Wochenprogramm	ALT	NEU
Start Tagbetrieb MO-FR	Dauerbetrieb	Vorschlag 07:00
Start Nachtbetrieb MO-FR	Dauerbetrieb	Vorschlag 18:00
Start Tagbetrieb SA-SO	Dauerbetrieb	Vorschlag AUS
Start Nachtbetrieb SA-SO	Dauerbetrieb	Vorschlag AUS

Wir empfehlen die Einstellung eines Programmes nach den Nutzungszeiten

Tabelle 52: Einstellungen der Lüftung

5.12.2 Hydraulische Weiche - Pufferspeicher

Die Einbindung der Hydraulischen Weiche führt zum Takten der Wärmepumpe, dies wirkt sich negativ auf die Effizienz der Anlage und Lebensdauer der Wärmepumpe aus. Für die Steigerung der Effizienz empfehlen wir die Weiche auszubauen (direkter Anschluss an die Heizkreise), den Einbau eines Pufferspeichers in den Hauptrücklauf der Wärmepumpe und den Einbau eines Überströmventils in den Verteiler (Siehe Schaubild).

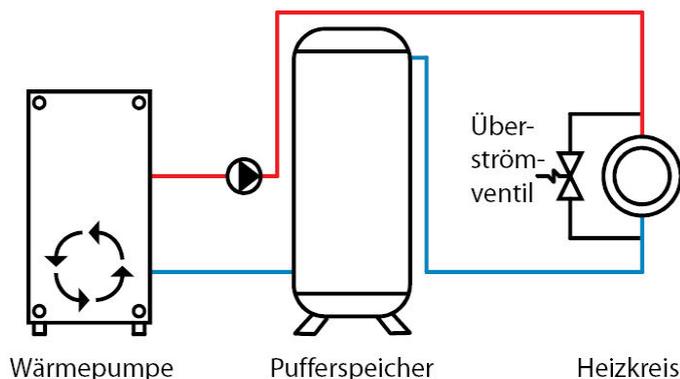


Abbildung 48: Schaubild

5.12.3 Kühlung

Die Kühlung ist inaktiv.

5.12.4 Zubringerkreis Lüftung Küche

Im Bereich der Küche beklagen sich die Mitarbeiter über eine zu geringe Zulufttemperatur. Dies hat teilweise schon zu krankheitsbedingten Ausfällen einiger Mitarbeiter geführt.

Fraglich ist ob die eingestellten Vorlauftemperaturen für eine Beheizung der Zuluft ausreichend sind (Auslegungstemperatur Heizregister prüfen).

In der Anlage ist keine Zubringerpumpe vorgesehen, hier sollte mit dem Planer geklärt werden wie die Versorgung des Heizregisters geplant wurde.

Über eine externe Anforderung können die notwendigen Temperaturen von der Wärmepumpe angefordert werden.

5.13 Soll-Ist-Vergleich

	Einheit	Soll (22 °C)	Ist (nicht witterungsbereinigt)			
			MP 1	2022	2023	2024
Heizwärme	kWh/(m ² _{NF} *a)	18,3	54,4	40,6	44,6	29,0
Endenergie Heizung inkl. Hilfsstrom	kWh/(m ² _{NF} *a)	4,7	19,3	15,2	16,7	12,1
Endenergie WW inkl. Hilfsstrom	kWh/(m ² _{NF} *a)	19,2	4,3	4,3	4,3	4,2
Hilfsstrom Lüftung	kWh/(m ² _{NF} *a)	5,1	7,0	7,4	6,7	5,3
Betriebs- und Allgemeinstrom	kWh/(m ² _{NF} *a)	7,2	15,8	15,9	16,8	15,6

Tabelle 53: Endenergieverbrauch Gebäude – Soll-Ist-Vergleich Messperiode 1 (MP1: 01.07.2021 bis 30.06.2022), 2022, 2023 und 2024 (01.01.2024 bis 30.11.2024, kein vollständiges Jahr)

Unterschied zwischen prognostizierten Werten (PHPP-Berechnung) und gemessenen Werten:

- Der Heizwärmeverbrauch liegt deutlich über dem berechneten Wert. Mögliche Gründe hierfür sind: In der PHPP-Berechnung des Gebäudes war die Nachheizung der Lüftungsanlage der Küche nicht berücksichtigt. Die Lüftungsanlage lief dauerhaft, ohne Zeitprogramm. Trotz Wärmerückgewinnung entstehen so hohe, außerhalb der Nutzungszeit vermeidbare Lüftungswärmeverluste.
- Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage liegt über dem berechneten Wert. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich das fehlende Zeitprogramm und der damit verbundene „Dauerlauf“ der Lüftungsmotoren.
- Der Stromverbrauch der Warmwasserbereitung liegt deutlich unter dem projektierten Wert, obwohl der Kaltwasserbezug des Kindergartens in einem – für Kindertagesstätten – üblichen Bereich liegt. Möglicherweise wurden bei der Berechnung andere Randbedingungen angenommen oder es wurden bei der Installation der zusätzlichen Unterzähler nicht alle Boiler und Durchlauferhitzer korrekt aufgelegt.

5.14 Bewertung der Low-Tech Komponenten

5.14.1 Gebäudehülle

Der Kindergarten wurde im Passivhaus-Standard realisiert. Der reale Verbrauch liegt deutlich über dem prognostizierten Wert. Mit einem spezifischen Verbrauch von 40-45 kWh/(m²a) aber immer noch in einem sehr guten Bereich – verglichen mit üblichen Neubauten nach GEG-Standard. Je geringer die Transmissionswärmeverluste durch eine sehr gut gedämmte Gebäudehülle werden, umso höher wird der Einfluss der Lüftungswärmeverluste. Durch die nicht eingestellte Lüftungsanlage verschlechtert sich die Gesamteffizienz des Gebäudes deutlich.

Zusätzlich zur Wärmepumpe wurde eine Hydraulische Weiche eingebaut. Diese sorgt für eine Durchmischung von Vor- und Rücklauf und erzeugt somit eine höhere Rücklauftemperatur. Dadurch taktet die Wärmepumpe und die Effizienz der Wärmepumpe wird deutlich reduziert. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe lag im Jahr 2023 nur bei 2,7. Zu erwarten wäre eine Jahresarbeitszahl von > 4. Hinweise auf Optimierungen – Ausbau der Hydraulischen Weiche und

Einbau eines Pufferspeichers in den Rücklauf – zur Verbesserung der Effizienz der Wärmepumpe wurden vom Bauherr / Eigentümer bisher leider noch nicht umgesetzt.

Fazit: Eine (unabhängige) Kontrolle der fertiggestellten Anlage sowie eine Einregulierung über 2-3 Heizperioden sind immer empfehlenswert. Durch einen optimierten Anlagenbetrieb wären bei der Kita St. Martin deutliche Einsparungen möglich.

5.14.2 Reduzierte Lüftungsanlage

Das Kanalnetz konnte durch die zentrale Einbringung der Zuluft in den Fluren um die Hälfte reduziert werden. Es konnte auch auf eine Nachheizung der Zuluft verzichtet werden. Dadurch haben sich die Investitionskosten für die TGA reduziert.

Messungen während der Heizperiode 2022/2023 haben gezeigt, dass eine sehr gute Raumlufthfeuchte vorhanden ist. Durch die dauerhaft laufende Lüftungsanlage ist die Raumlufthfeuchte aber tendenziell zu niedrig. Befragungen der Nutzer haben ergeben, dass sich der Flur nicht zum längeren Aufenthalt (Spielflur) eignet.

Fazit: Die Lüftungsanlage mit dem reduzierten Kanalnetz funktioniert in der Praxis sehr gut. Eine Einregulierung und Anpassung der Regelungseinstellungen ist bei jeder Art von Lüftungsanlage notwendig. Die Anforderungen an die Nutzung – z.B. als Spielflur im Kindergarten – muss im Vorfeld genau mit Bauherr und Nutzern kommuniziert und geklärt werden.

5.14.3 Feststehender Sonnenschutz

Auf der Südseite sind ein großer Dachüberstand (über OG) sowie ein breiter Balkon (über EG) vorhanden. Neben der Funktion als feststehender Sonnenschutz bieten die Auskragungen wettergeschützte Außenbereiche als Spielmöglichkeiten für die Kinder.

Fazit: Durch den feststehenden Sonnenschutz wird eine Überhitzung des Gebäudes vermieden. Weder die Raumtemperaturmessungen noch Beschwerden der Nutzer weisen auf eine - über das übliche Maß hinausgehende – Aufheizung des Gebäudes hin.

6 Anhang

6.1 Verbrauchsdatenerfassung Wien Süd VierHochZwei (EIV) 2021 – 2024

Wien Süd VierHochZwei

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Grundeingaben und Systemauswahl

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

		Eingabefelder	Auswahlfelder
Adresse			
Objektname		Wien Süd VierHochZwei	✓
Staat		Österreich	✓
Bundesland		Niederösterreich	✓
PLZ		2604	✓
Ort		Theresienfeld	✓
Adresse		Tonpfeifengasse	✓
Gebäudedaten			
Nutzungsart		Wohngebäude mit 3 bis 9 Nutzungseinheiten	✓
Gebäudetyp		Neubau	✓
Baujahr		2020	✓
Beheizte Wohnnutzfläche in m ² WNF		547	✓
Anzahl Wohneinheiten		6	✓
Anzahl Bewohner		16	✓
Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V in 1/m			
Luftdichtheitsergebnis n ₅₀ in 1/h			
Kontaktdaten			
Kontakt/Bauherr			
Telefon (z.B. +43 5572 31202 0)			
Mail			
Weiterer Kontakt			
Telefon			
Mail			
Verweise			
Link			
Link			
Energiekennwerte PHPP			
PHPP vorhanden?		ja	✓
Energiebezugsfläche in m ² EBF		558,98	✓
Heizwärmebedarf in kWh/(m ² EBF*a)		29,91	✓
Primärenergie/PE-Bedarf in kWh/(m ² EBF*a)		84,63	✓
PER-Bedarf in kWh/(m ² EBF*a)		67,4	✓
Wärmeerzeugung			
Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser		getrennt	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Heizung vorhanden?		nein	✓
Wärmeerzeuger Heizung		Wärmepumpe Luft	✓
Wärmeerzeuger Warmwasser		Wärmepumpenboiler	✓
Solarthermische Anlage			
Solarthermische Anlage vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Anlage vorhanden?		ja	✓
Nennleistung in kWp		10,0	✓
Batteriespeicher vorhanden?		nein	✓
Art der Verbrauchserfassung			
Anzahl Stromzähler		12	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr bekannt?		ja	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr		23,5	✓
Gesamter Stromverbrauch erfasst?		nein	✓
Wärmepumpe Luft	Verbrauch erfasst?	ja	✓
Wärmepumpenboiler	Verbrauch erfasst?	ja	✓
Hilfsstrom	Lüftungsanlage vorhanden?	ja	✓
	Verbrauch erfasst?	nein	✓
Zusätzliche Stromverbraucher	Vorhanden?	nein	✓
PV-Anlage	PV-Erzeugung erfasst?	ja	✓
	PV-Einspeisung erfasst?	ja	✓
	Netzbezug erfasst?	nein	✓
Haben Sie noch detailliertere Verbrauchsdaten, die Sie uns zur Verfügung stellen wollen?		nein	✓

Wien Süd VierHochzwei 2021

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	6.414	3.936	3.801	3.237	2.713	2.312	2.382	2.085	2.156	2.812	3.570	3.895
Wärmepumpe Luft für Heizung in kWh pro Jahr	1.970	1.676	1.276	811	317	38	21	40	53	584	1.158	1.487

Wärmepumpenboiler für Warmwasser	1.635	1.244	1.397	1.268	1.242	1.192	1.156	943	991	1.058	1.216	1.220
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-----	-------	-------	-------

PV-Anlage	128	348	840	1.166	1.276	1.755	1.623	1.188	1.000	673	262	190
PV-Einspeisung	31	139	508	896	1.100	1.439	1.232	930	832	509	134	56
Netzbezug	6.318	3.727	3.469	2.367	2.537	1.996	1.991	1.827	1.988	2.647	3.442	3.760

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Luft

Wärmepumpenboiler

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

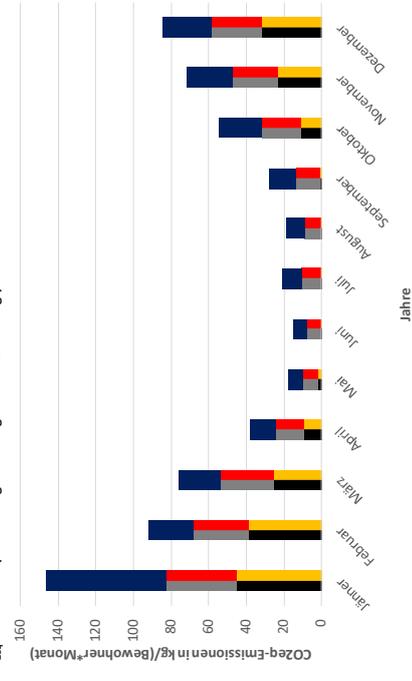
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

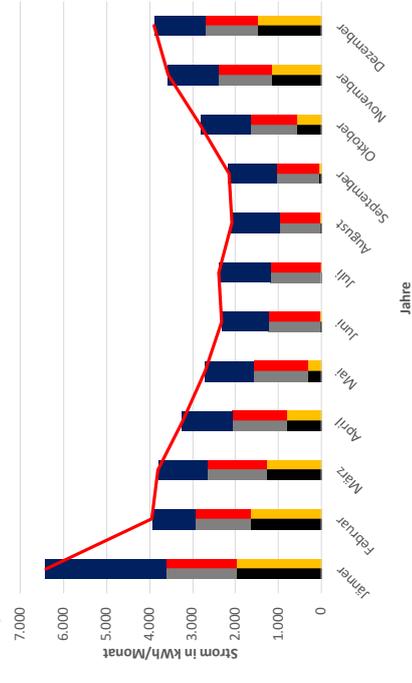
für Lüftung

Nutzungskombinatione

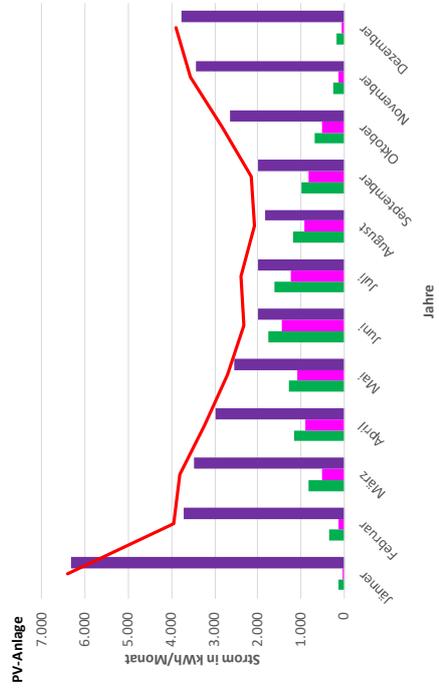
CO₂emissionen (evtl. PV-Eigenutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



- PV-Anlage
- PV-Erzeugung
- PV-Einspeisung
- Netzbezug
- Sonstiges
- Sonstiger Stromverbrauch
- Gesamter Stromverbrauch



Wien Süd VierHochzwei 2022

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	4.132	3.200	3.287	2.905	2.313	1.920	2.203	2.058	1.879	2.165	2.957	3.756
Wärmepumpe Luft in kWh pro Jahr	1.675	977	1.044	600	30	1	37	8	109	109	824	1.370

Wärmepumpenboiler für Warmwasser	1.460	1.387	1.372	1.275	1.164	884	1.086	1.060	752	898	1.033	1.282
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-----	-----	-------	-------

PV-Anlage	255	498	947	1.058	1.469	1.608	1.535	1.213	854	566	255	183
PV-Einspeisung	51	265	453	696	1.312	1.472	1.132	871	666	435	82	11
Netzbezug	3.928	2.967	2.792	2.243	2.156	1.784	1.800	1.716	1.691	2.033	2.784	3.584

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Luft

Wärmepumpenboiler

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

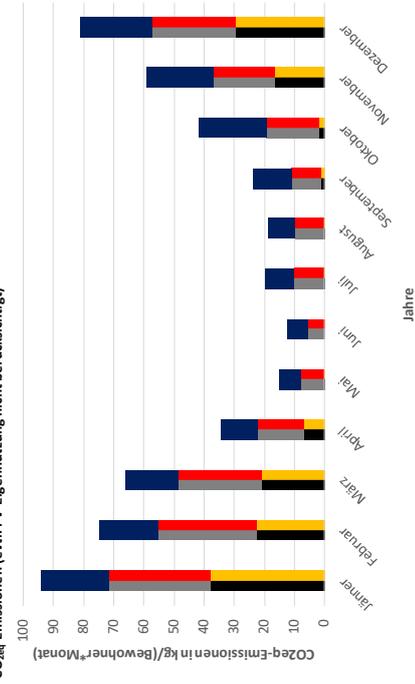
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

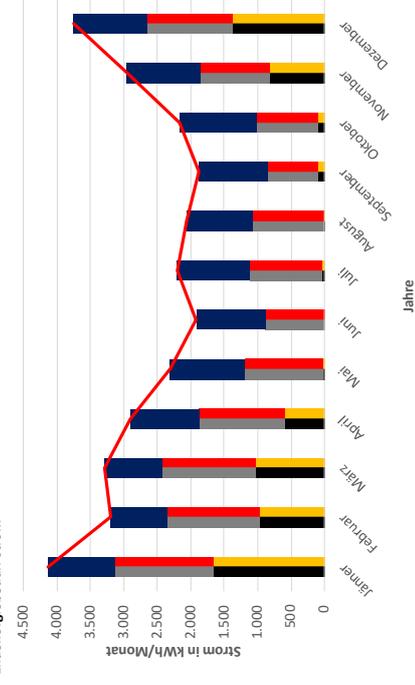
für Lüftung

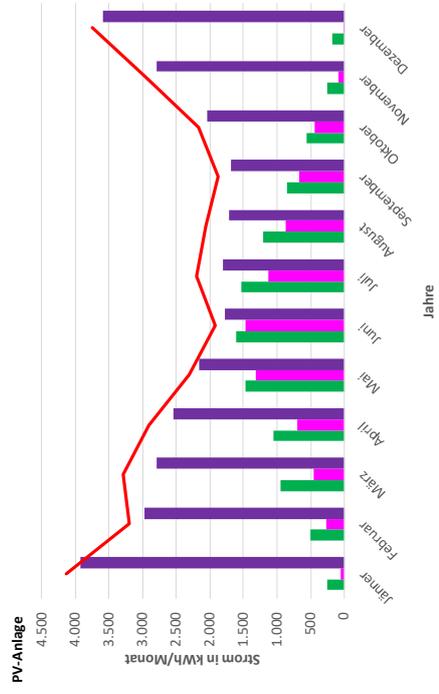
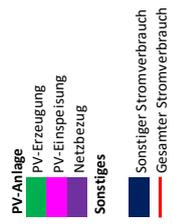
Nutzungskombinatione

CO₂emissionen (evtl. PV-Eigenutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom





Wien Süd VierHochzwei 2023

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	3.638	3.001	3.045	2.748	2.429	2.060	2.154	1.952	1.978	2.393	2.820	3.184
Wärmepumpe Luft in kWh pro Jahr	1.246	790	690	413	86	10	25	20	33	213	635	901

Wärmepumpenboiler in kWh pro Jahr	1.242	1.195	1.258	1.162	1.122	933	938	846	821	927	1.011	1.125
--------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------

PV-Anlage in kWh pro Jahr	188	400	847	1.054	1.300	1.593	1.496	1.137	878	587	319	229
PV-Einspeisung in kWh pro Jahr	28	201	479	795	1.204	1.453	1.180	899	748	498	108	33
Netzbezug in kWh pro Jahr	3.478	2.802	2.678	2.489	2.332	1.921	1.838	1.714	1.847	2.304	2.608	2.989

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Luft

Wärmepumpenboiler

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

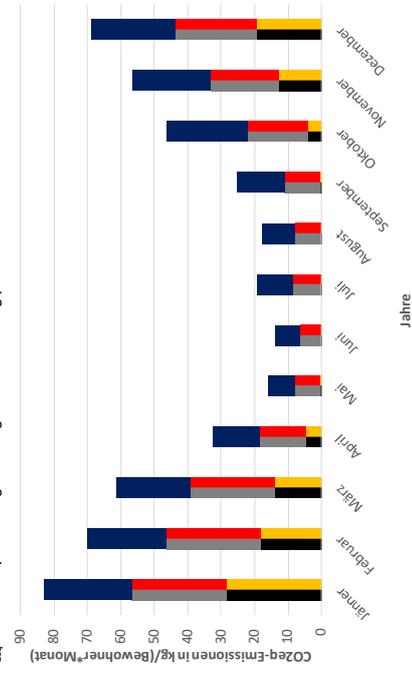
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

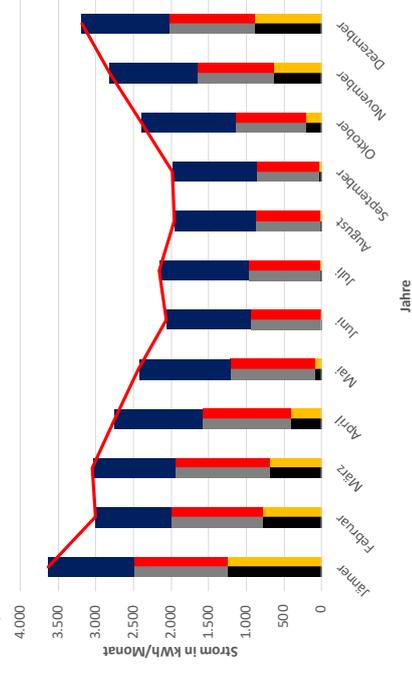
für Lüftung

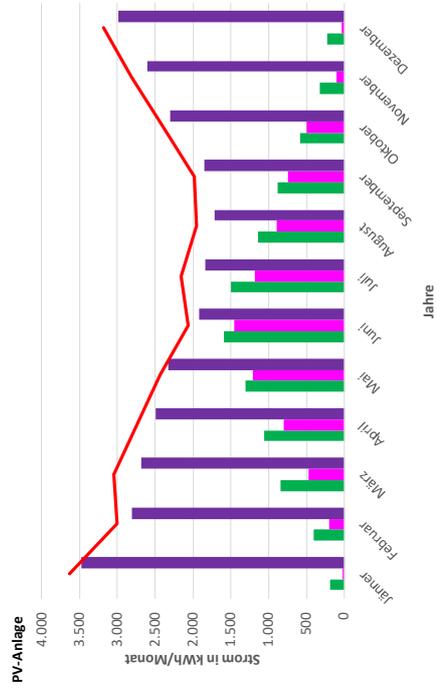
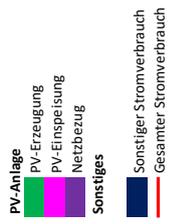
Nutzungskombinatione

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom





Wien Süd VierHochzwei 2024

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	3.462	430	564	361	109	211	186	301	282	409	1.232	1.566
Wärmepumpe Luft für Heizung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	1.446	1.275	1.342	1.235	1.176	1.003	1.060	950	855	961	1.086	1.209
Wärmepumpenboiler für Warmwasser	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	216	457	823	1.212	1.371	1.446	1.533	1.258	872	552	288	294
PV-Erzeugung	203	443	807	1.198	1.354	1.428	1.516	1.241	855	535	270	220
PV-Einspeisung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Luft

Wärmepumpenboiler

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

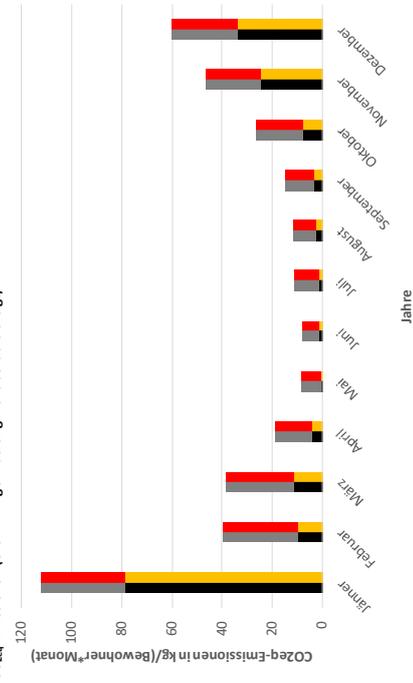
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

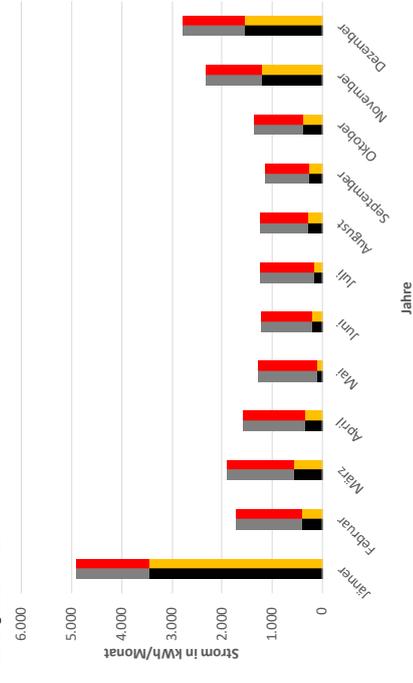
für Lüftung

Nutzungskombinationen

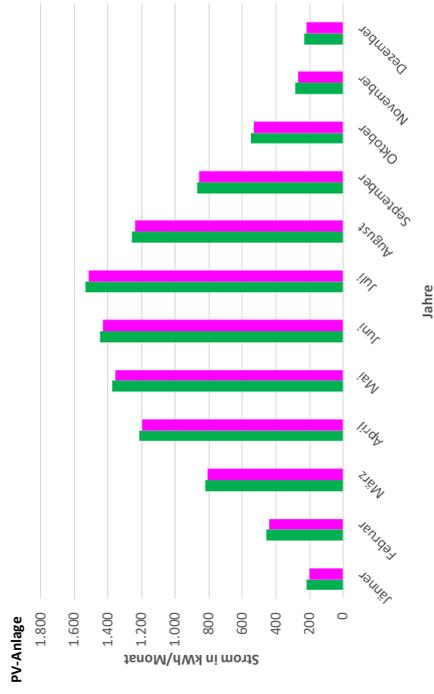
CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigenutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



- PV-Anlage
- PV-Erzeugung
- PV-Einspeisung
- Sonstiges



6.2 Verbrauchsdatenerfassung Stallumnutzung Bechter (EIV) 2021 – 2024

Stallumnutzung Bechter

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Grundeingaben und Systemauswahl

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

		Eingabefelder	Auswahlfelder
Adresse			
Objektname		Stallumnutzung Bechter	✓
Staat		Österreich	✓
Bundesland		Vorarlberg	✓
PLZ		6952	✓
Ort		Hittisau	✓
Adresse		Dorf 135a	✓
Gebäudedaten			
Nutzungsart		Bürogebäude	✓
Gebäudetyp		Sanierung	✓
Baujahr		1980	✓
Jahr der Sanierung		2020	✓
Beheizte Nutzfläche in m²NF		623	✓
Anzahl Nutzeinheiten		1	✓
Anzahl Nutzer		19	✓
Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V in 1/m			
Luftdichtheitsergebnis n ₅₀ in 1/h			
Kontaktdaten			
Kontakt/Bauherr			
Telefon (z. B. +43 5572 31202 0)			
Mail			
Weiterer Kontakt			
Telefon			
Mail			
Verweise			
Link			
Link			
Energiekennwerte PHPP			
PHPP vorhanden?		ja	✓
Energiebezugsfläche in m²EBF		629	✓
Heizwärmebedarf in kWh/(m²EBF*a)		32,1	✓
Primärenergie/PE-Bedarf in kWh/(m²EBF*a)		56,1	✓
PER-Bedarf in kWh/(m²EBF*a)		39,2	✓
Wärmeerzeugung			
Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser		getrennt	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Heizung vorhanden?		nein	✓
Wärmeerzeuger Heizung		Wärmepumpe Eisspeicher	✓
Wärmeerzeuger Warmwasser		Elektroboiler	✓
Kälteerzeuger			
Gebäudekühlung vorhanden?		ja	✓
Kälteerzeuger		Passive oder freie Kühlung	✓
Solarthermische Anlage			
Solarthermische Anlage vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Anlage vorhanden?		ja	✓
Nennleistung in kWp		30,0	✓
Batteriespeicher vorhanden?		nein	✓
Art der Verbrauchserfassung			
Anzahl Stromzähler		2	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr bekannt?		ja	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr		20,1	✓
Gesamter Stromverbrauch erfasst?		nein	✓
Wärmepumpe Eisspeicher			
Verbrauch erfasst?		ja	✓
Elektroboiler			
Verbrauch erfasst?		nein	✓
Hilfsstrom			
Lüftungsanlage vorhanden?		nein	✓
Verbrauch erfasst?		Hilfsstrom für Heizung, Warmwasser und Kühlung zusammen	✓
Zusätzliche Stromverbraucher			
Vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Erzeugung erfasst?		nein	✓
PV-Einspeisung erfasst?		nein	✓
Netzbezug erfasst?		nein	✓
Haben Sie noch detailliertere Verbrauchsdaten, die Sie uns zur Verfügung stellen wollen?		nein	✓

Stallumnutzung Bechter 2021

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	823	336	399	114	62	0	0	20	30	83	361	543

Wärmepumpe

Eisspeicher



Hilfsstrom



für Heizung, Warmwasser und Kühlung in kWh pro Jahr

85	55	59	30	26	21	14	19	17	31	48	74
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

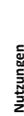
Anlagen



Wärmepumpe Eisspeicher



Hilfsstrom



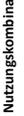
Nutzungen



für Heizung



für Warmwasser



für Heizung und Warmwasser



für Kühlung



für Lüftung

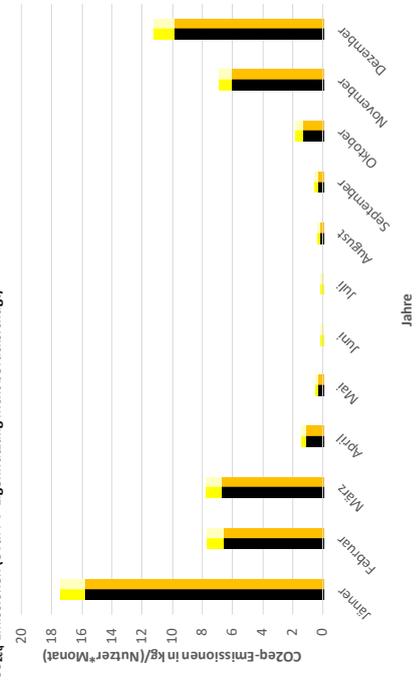


Nutzungskombinationen

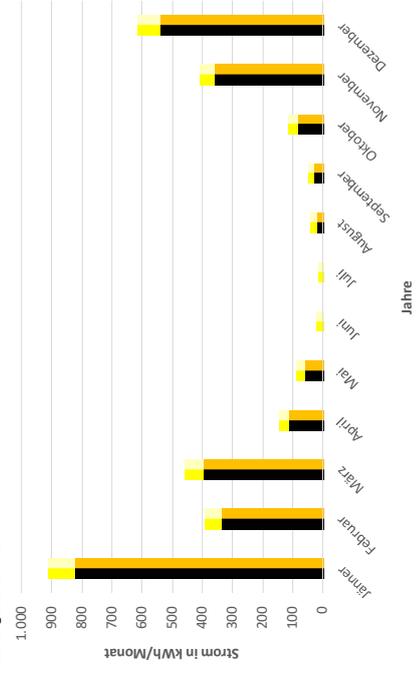


für Heizung, Warmwasser und Kühlung

CO₂-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Stallumnutzung Bechter 2022

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	538	341	117	133	33	9	0	0	77	22	228	506

für Heizung

Wärmepumpe

Eisspeicher



Hilfsstrom

für Heizung, Warmwasser und Kühlung in kWh pro Jahr	69	44	23	36	20	8	1	11	18	15	35	63
-----------------------------------------------------	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe

Eisspeicher

Hilfsstrom

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

für Heizung und Warmwasser

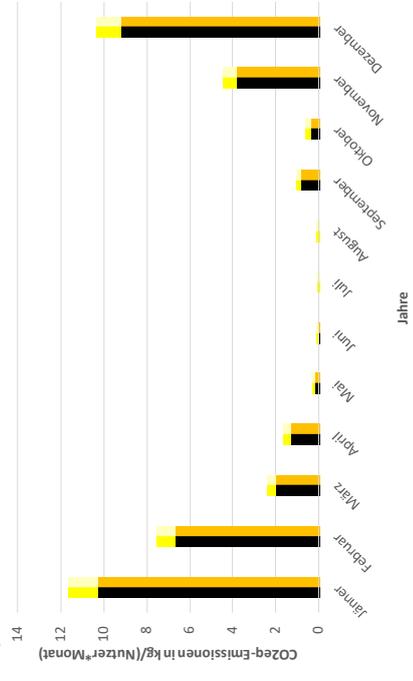
für Kühlung

für Lüftung

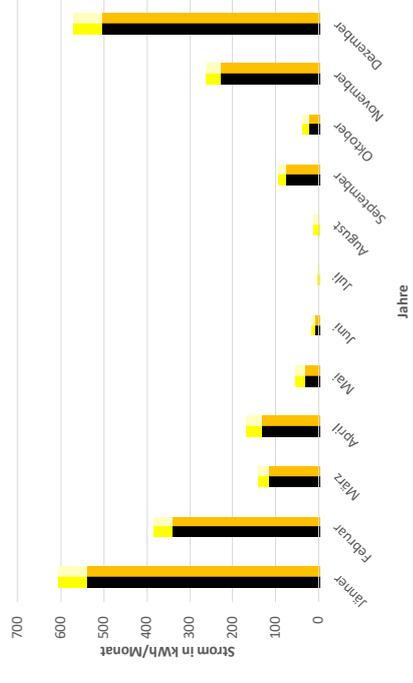
Nutzungskombinationen

für Heizung, Warmwasser und Kühlung

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Stallumnutzung Bechter 2023

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	614	379	234	115	62	5	18	14	9	44	298	464

Wärmepumpe

Eisspeicher



Hilfsstrom

in kWh pro Jahr	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
für Heizung, Warmwasser und Kühlung	75	58	42	29	18	19	15	30	21	23	48	69

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen



Wärmepumpe Eisspeicher

Hilfsstrom

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

für Heizung und Warmwasser

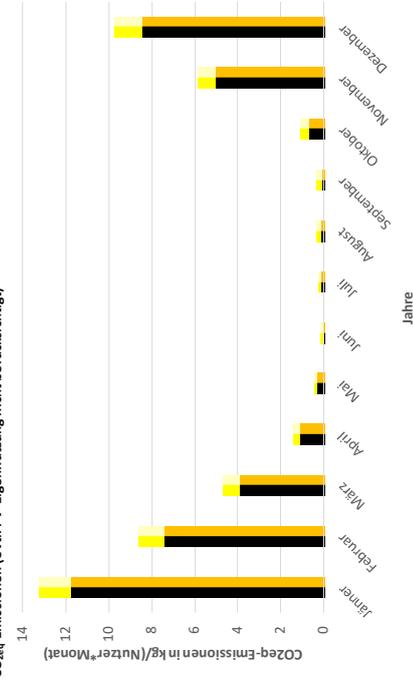
für Kühlung

für Lüftung

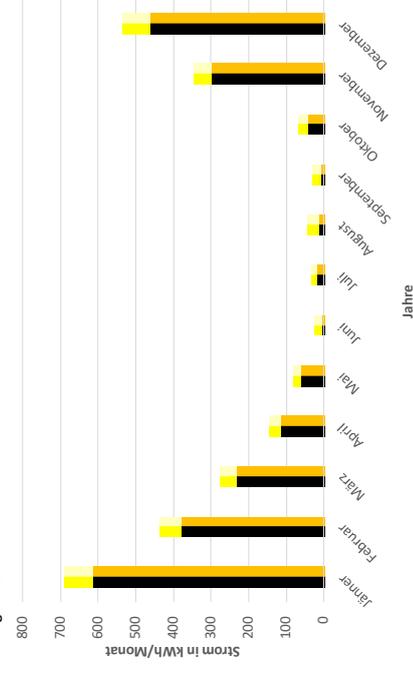
Nutzungskombinationen

für Heizung, Warmwasser und Kühlung

CO₂-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Stallumnutzung Bechter 2024

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	526	279	228	138	3	34	35	0	0	0	0	0

für Heizung

Wärmepumpe

Eisspeicher



Hilfsstrom

für Heizung, Warmwasser und Kühlung in kWh pro Jahr

71	45	40	31	10	24	37	33	0	0	0	0
----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen



Wärmepumpe Eisspeicher



Hilfsstrom



Nutzungen



für Heizung



für Warmwasser



für Heizung und Warmwasser



für Kühlung



für Lüftung

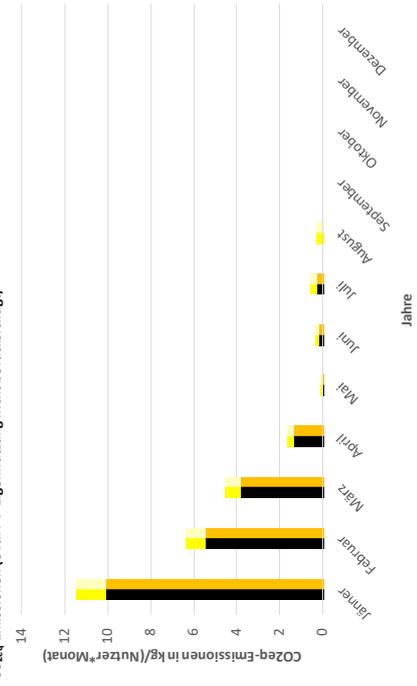


Nutzungskombinationen

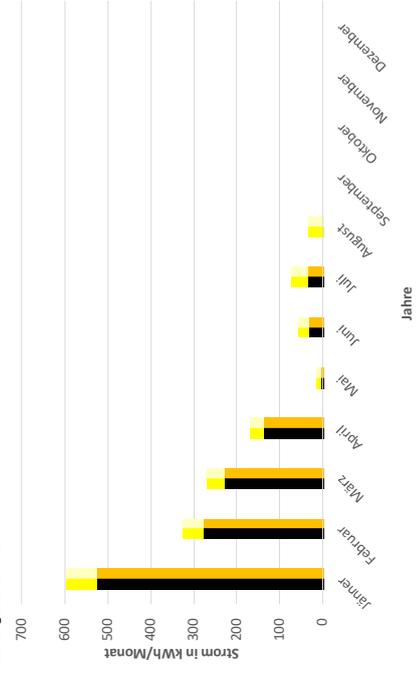


für Heizung, Warmwasser und Kühlung

CO₂-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



6.3 Verbrauchsdatenerfassung Schulen Hittisau (EIV)

Messperiode 2 (01.12.2023 – 30.11.2024)

Schulen Hittisau Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Grundeingaben und Systemauswahl

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

		Eingabefelder	Auswahlfelder
Adresse			
Objektname		Schulen Hittisau Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)	✓
Staat		Österreich	✓
Bundesland		Vorarlberg	✓
PLZ		6952	✓
Ort		Hittisau	✓
Adresse		Platz 406a	✓
Gebäudedaten			
Nutzungsart		Bildungseinrichtungen	✓
Gebäudetyp		Neubau	✓
Baujahr		2023	✓
Beheizte Nutzfläche in m²NF		7.688	✓
Anzahl Nutzeinheiten		5	✓
Anzahl Nutzer		564	✓
Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V in 1/m			
Luftdichtheitsergebnis n ₅₀ in 1/h			
Kontaktdaten			
Kontakt/Bauherr			
Telefon (z. B. +43 5572 31202 0)			
Mail			
Weiterer Kontakt			
Telefon			
Mail			
Verweise			
Link			
Link			
Energiekennwerte PHPP			
PHPP vorhanden?		ja	✓
Energiebezugsfläche in m²EBF		7688	✓
Heizwärmebedarf in kWh/(m²EBF*a)		17,6	✓
Primärenergie/PE-Bedarf in kWh/(m²EBF*a)		85,4	✓
PER-Bedarf in kWh/(m²EBF*a)			
Wärmeerzeugung			
Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser		kombiniert	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Heizung vorhanden?		nein	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Warmwasser vorhanden?		ja	✓
Wärmeerzeuger Heizung und Warmwasser		Fernwärme	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Warmwasser		Elektroboiler	✓
Kälteerzeuger			
Gebäudekühlung vorhanden?		nein	✓
Solarthermische Anlage			
Solarthermische Anlage vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Anlage vorhanden?		ja	✓
Nennleistung in kWp		170,5	✓
Batteriespeicher vorhanden?		nein	✓
Art der Verbrauchserfassung			
Anzahl Stromzähler		3	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr bekannt?		nein	✓
Fernwärme			
Gesamter Stromverbrauch erfasst?		ja	✓
Verbrauch erfasst?		ja	✓
Für Warmwasser getrennt erfasst?		ja	✓
Elektroboiler			
Verbrauch erfasst?		nein	✓
Hilfsstrom			
Lüftungsanlage vorhanden?		ja	✓
Verbrauch erfasst?		nein	✓
Zusätzliche Stromverbraucher			
Vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Erzeugung erfasst?		ja	✓
PV-Einspeisung erfasst?		ja	✓
Netzbezug erfasst?		nein	✓
Haben Sie noch detailliertere Verbrauchsdaten, die Sie uns zur Verfügung stellen wollen?		nein	✓

Schulen Hittisau Messperiode 2 (01.12.2023 bis 30.11.2024)

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	12.343	11.166	11.099	13.823	11.699	11.822	8.114	16.166	12.197	9.607	10.819	11.388
Für Heizung und Warmwasser in kWh pro Jahr	35.318	24.898	18.004	9.558	4.265	2.399	1.564	1.327	4.475	7.325	19.181	34.496
davon für Heizung in kWh pro Jahr	1.481	1.732	1.765	1.578	1.330	1.333	1.275	1.118	1.222	1.459	1.492	1.831
davon für Warmwasser in kWh pro Jahr	33.837	23.166	16.239	7.980	2.935	1.067	290	208	3.253	5.866	17.689	32.666

▶

▶

▶

PV-Anlage	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
PV-Erzeugung in kWh pro Jahr	2.976	7.853	11.444	8.680	15.248	21.054	24.035	21.402	14.016	9.712	16.392	2.142
PV-Einspeisung in kWh pro Jahr	1.223	3.934	7.029	3.742	8.483	12.654	18.677	17.529	7.079	6.135	3.269	1.068

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

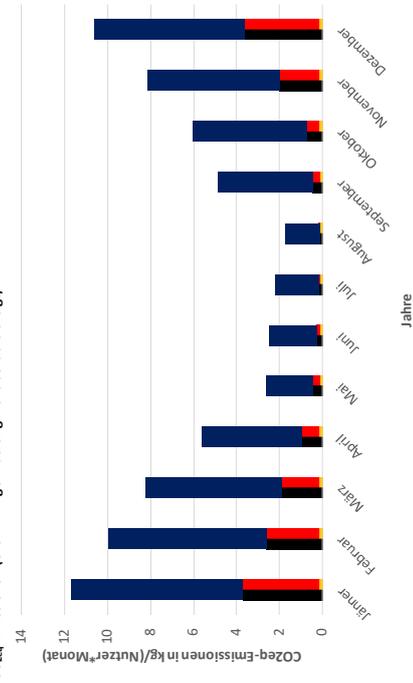
Art der Darstellung

Absolutwerte

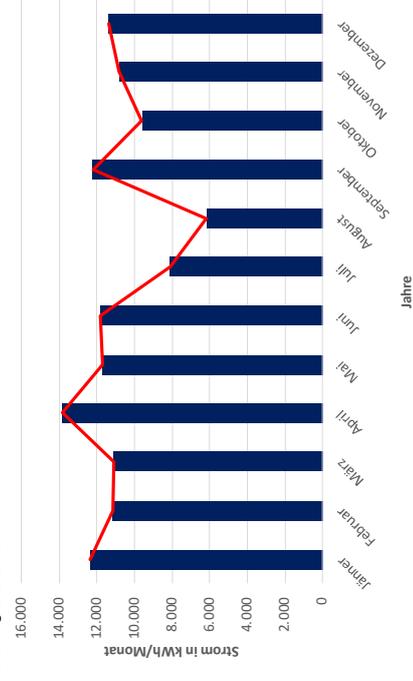
Anlagen
▶ Fernwärme

Nutzungen
 ▶ für Heizung
 ▶ für Warmwasser
 ▶ für Heizung und Warmwasser
 ▶ für Kühlung
 ▶ für Lüftung
 ▶ Nutzungskombinatione

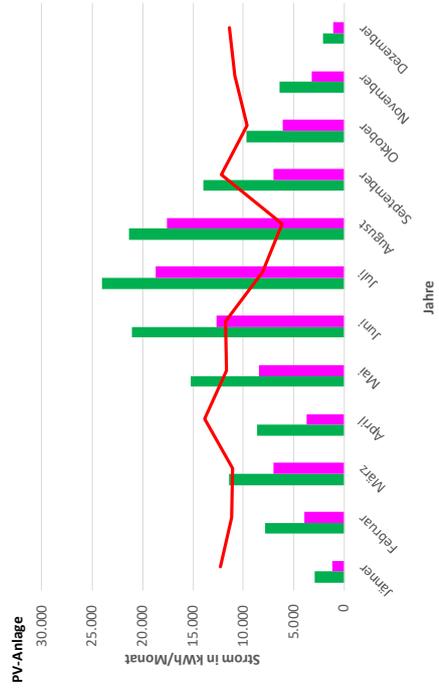
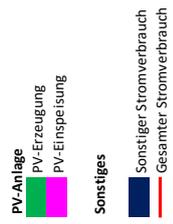
CO₂emissionen (evtl. PV-Eigenutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Jänner bis November: 01.01.2024 bis 30.11.2024, Dezember: 01.12.2023 bis 01.01.2024



6.4 Verbrauchsdatenerfassung Kita Halde Nord / Kita St. Martin (eza!) Messperiode 1 (01.07.2021 - 30.06.2022), 2022 – 2024

Kita St. Martin

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Grundeingaben und Systemauswahl

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

		Eingabefelder	Auswahlfelder
Adresse			
Objektname		Kita St. Martin	✓
Staat		Deutschland	✓
Bundesland		Bayern	✓
PLZ		87435	✓
Ort		Kempten	✓
Adresse		Tobias-Dannheimer Str.	✓
Gebäudedaten			
Nutzungsart		Bildungseinrichtungen	✓
Gebäudetyp		Neubau	✓
Baujahr		2021	✓
Beheizte Nutzfläche in m²NF		1.410	✓
Anzahl Nutzeinheiten		1	✓
Anzahl Nutzer		100	✓
Oberflächen/Volumen-Verhältnis A/V in 1/m		0,6	✓
Luftdichtheitsergebnis n ₅₀ in 1/h		0,65	✓
Kontaktdaten			
Kontakt/Bauherr		Stadt Kempten	
Telefon (z. B. +43 5572 31202 0)			
Mail			
Weiterer Kontakt			
Telefon			
Mail			
Verweise			
Link			
Link			
Energiekennwerte PHPP			
PHPP vorhanden?		nein	✓
Wärmeerzeugung			
Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser		getrennt	✓
zusätzlicher Wärmeerzeuger Heizung vorhanden?		nein	✓
Wärmeerzeuger Heizung		Wärmepumpe Erdsonde	✓
Wärmeerzeuger Warmwasser		Elektroboiler	✓
Kälteerzeuger			
Gebäudekühlung vorhanden?		nein	✓
Solarthermische Anlage			
Solarthermische Anlage vorhanden?		nein	✓
PV-Anlage			
PV-Anlage vorhanden?		nein	✓
Art der Verbrauchserfassung			
Anzahl Stromzähler		4	✓
Mittlere Raumtemperatur im Winterhalbjahr bekannt?		nein	✓
Wärmepumpe Erdsonde			
Gesamter Stromverbrauch erfasst?		ja	✓
Verbrauch erfasst?		ja	✓
Elektroboiler			
Verbrauch erfasst?		ja	✓
Hilfsstrom			
Lüftungsanlage vorhanden?		ja	✓
Verbrauch erfasst?		Hilfsstrom für Lüftung	✓
Zusätzliche Stromverbraucher Vorhanden?		nein	✓

Kita St. Martin Messperiode 1 (01.07.2021 - 30.06.2022)

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	8.474	10.571	5.369	3.363	3.358	3.107	3.534	2.033	4.655	4.969	9.129	6.916
Wärmepumpe Erdsonde in kWh pro Jahr	5.209	7.149	1.922	85	1.18	39	454	952	901	1.926	4.856	4.290



Elektroboiler	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	572	838	429	525	498	381	610	125	599	347	654	421

Hilfsstrom	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	776	700	786	912	954	1.003	1.006	218	856	594	1.445	1.660

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

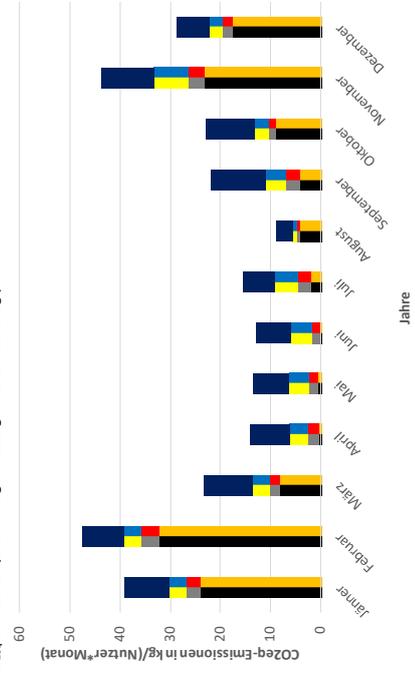
Graphische Darstellung

Art der Darstellung

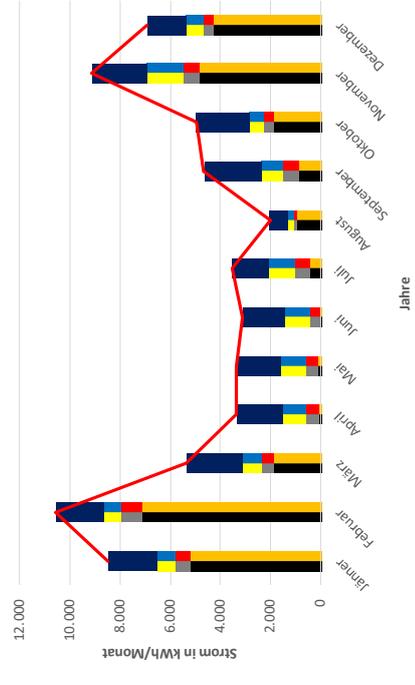
Absolutwerte

- Anlagen**
- Wärmepumpe Erdsonde
- Elektroboiler
- Hilfsstrom
- Nutzungen**
- für Heizung
- für Warmwasser
- für Heizung und Warmwasser
- für Kühlung
- für Lüftung
- Nutzungskombinationen

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Kita St. Martin 2022

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	8.474	10.571	5.369	3.363	3.358	3.165	3.576	2.159	4.387	3.831	5.532	6.518
Wärmepumpe Erdsonde in kWh pro Jahr	5.209	7.149	1.922	85	1.18	41	80	88	561	697	1.747	3.497

Elektroboiler	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	572	838	429	525	498	389	484	143	595	500	599	473

Hilfsstrom	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
in kWh pro Jahr	776	700	786	912	954	1.020	1.056	961	906	719	850	737

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Erdsonde

Elektroboiler

Hilfsstrom

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

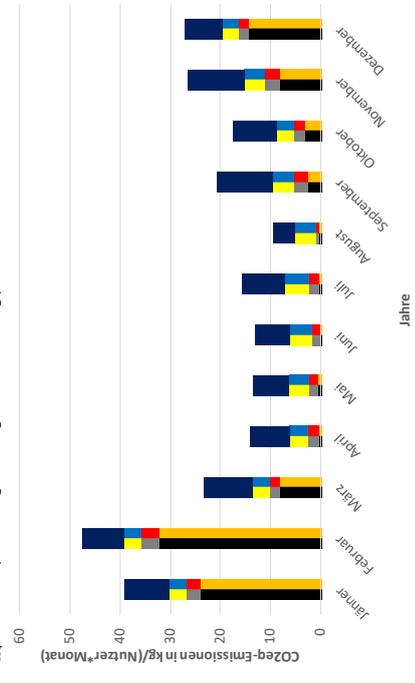
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

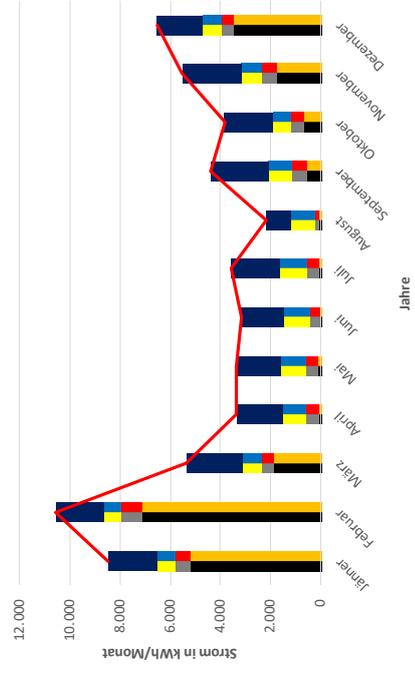
für Lüftung

Nutzungskombinationen

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Kita St. Martin 2023

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	8.795	5.459	4.770	5.177	3.910	3.196	3.060	3.080	4.233	8.717	3.642	8.710
Wärmepumpe Erdsonde in kWh pro Jahr	4.534	2.658	1.601	1.584	671	123	340	359	1.477	3.726	1.651	4.813



Elektroboiler in kWh pro Jahr	679	479	623	521	530	431	335	337	444	794	333	614
----------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Hilfsstrom in kWh pro Jahr	1.059	667	696	885	746	793	738	731	356	1.486	374	976
-------------------------------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----

Feedback, sonstige Anmerkungen

Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung

Absolutwerte

Anlagen

Wärmepumpe Erdsonde

Elektroboiler

Hilfsstrom

Nutzungen

für Heizung

für Warmwasser

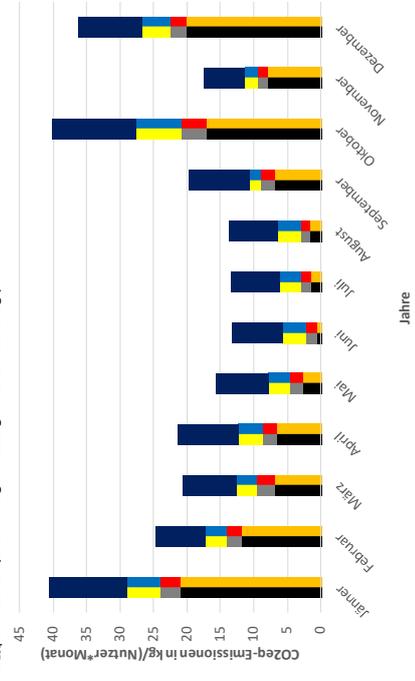
für Heizung und Warmwasser

für Kühlung

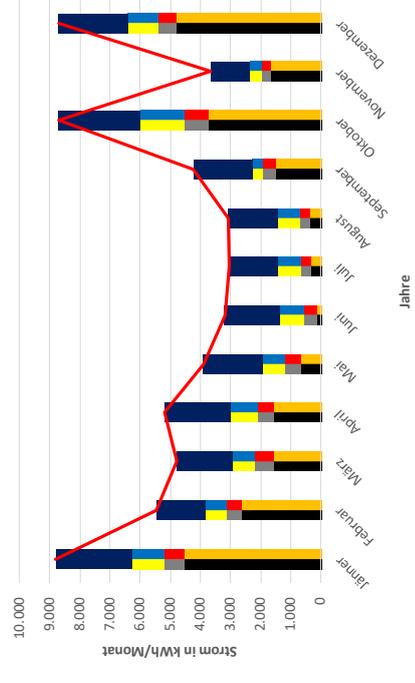
für Lüftung

Nutzungskombinationen

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom



Kita St. Martin 2024

Verbrauchsdatenerfassung Pilotgebäude IBK - Eingabe Energieverbrauch

Ihre Eingaben sind vollständig. Vielen Dank!

Energieverbrauch

Einheiten	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Gesamter Stromverbrauch in kWh pro Jahr	5.691	5.991	7.659	4.303	3.446	3.716	3.405	1.581	4.874	4.833	6.638	5.146
Wärmepumpe Erdsonde in kWh pro Jahr	3.150	2.354	2.351	1.504	557	348	48	201	1.657	1.316	3.412	2.651

Elektroboiler für Warmwasser in kWh pro Jahr	476	642	854	531	448	594	511	141	550	618	547	419
----------------------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Hilfsstrom für Lüftung in kWh pro Jahr	516	896	1.778	496	705	680	639	220	507	561	498	388
----------------------------------------------	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Feedback, sonstige Anmerkungen

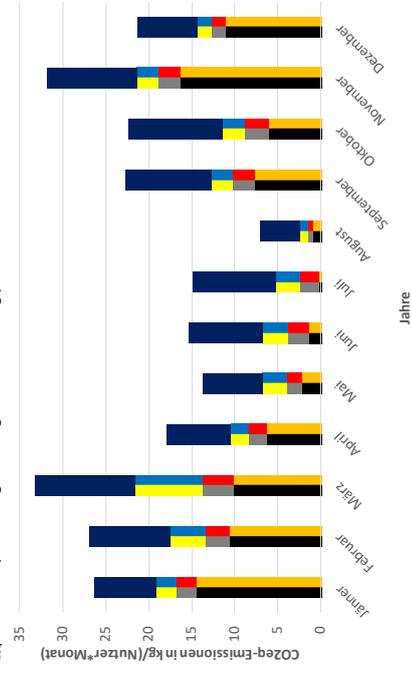
Wenn Sie uns gerne ein Feedback zur Verbrauchsdatenerfassung geben würden oder noch sonstige Anmerkungen haben, können Sie diese gerne hier ergänzen. Vielen Dank!

Graphische Darstellung

Art der Darstellung **Absolutwerte**

- Anlagen**
 - Wärmepumpe Erdsonde
 - Elektroboiler
 - Hilfsstrom
- Nutzungen**
 - für Heizung
 - für Warmwasser
 - für Heizung und Warmwasser
 - für Kühlung
 - für Lüftung
 - Nutzungskombinationen

CO₂eq-Emissionen (evtl. PV-Eigennutzung nicht berücksichtigt)



Endenergiebedarf Strom

