

2.4 Wohnbauforschungsprojekt in Dafins

Tobias Hatt

2.4.1 Projektbeschreibung

Das Wohnbauforschungsprojekt in Dafins baut als Nachfolgeprojekt auf die Erkenntnisse der Modellvorhaben KliNaWo (Kap. 2.1) und Wolfurt (Kap. 2.3) auf.

Im Rahmen des Projekts wurden zwei architektonisch sehr ähnliche Gebäude mit je 6 Wohneinheiten in der gleichen Konstruktionsart und Hüllqualität errichtet. Der erste Schwerpunkt des Forschungsprojekts lag auf dem Vergleich einer zentralen, wärmepumpenbasierten Wärmeversorgung mit einem ebenfalls wärmepumpenbasierten System, in dem die Heizung zentral, die Warmwasserbereitung durch wohnungsweise Warmwasser-Wärmepumpenboiler erfolgt. Zweiter Schwerpunkt war der energetische und wirtschaftliche Vergleich von PV-Anlagen in unterschiedlicher Größe und Ausrichtung.

Die von der Alpenländischen Heimstätte- gemeinnützige Wohnungsbau- und SiedlungsgesmbH errichteten Gebäude werden seit Fertigstellung im Herbst 2020 durch das Energieinstitut Vorarlberg messtechnisch begleitet. Die Monitoringergebnisse werden 2022 auf der Internetseite des Energieinstitutes verfügbar sein.



Abbildung 1: Mehrfamilienhäuser in Dafins. Haus A (links), Haus B (rechts); PV-Anlage, E+1, je 6 Wohnungen; Foto: Energieinstitut Vorarlberg

Tabelle 1: Gebäudekenndaten (Haus B in Klammern)

| | | | |
|---|--|--|---|
| Ort / Seehöhe / Mitteltemperatur Okt-März | Dafins | 790 m | 0,4 °C |
| Flächen (Haus B in Klammer) | BGF: 644 m ² (678 m ²) | WNF: 432 m ² (496 m ²) | PHPP: 482 m ² (520 m ²) |
| Überbaute Fläche (PHPP) | 320 m ² (325 m ²) | | |
| Anzahl Geschosse und Wohneinheiten | E + 1 | 6 (6) | |
| Verhältnis A/V und Verhältnis A/EBF | 0,56 (0,56) | 2,55 (2,33) | |
| Anzahl Bewohner und Pro-Kopf-Wohnfläche | 16 (23) | 27,0 m ² (21,6 m ²) | |
| Bauherr | Alpenländischen Heimstätte- gemeinnützige Wohnungsbau- und SiedlungsgesmbH | | |
| Planung | Architektur: drexel architekten ZT OG, Hohenems HSL: Planungsteam E-Plus, Egg | | |

Das vom Energieinstitut Vorarlberg konzipierte und geleitete Modellvorhaben wird als Wohnbauforschungsprojekt vom Land Vorarlberg gefördert.

2.4.2 Konstruktion

Die beiden Baukörper wurden in der gleichen Konstruktionsart (Massivbau mit vorgesetzter, gedämmter Holzfassade) im gleichen, sehr guten Hüllniveau ausgeführt. Die mittleren U-Werte der opaken Bauteile der Gebäudehülle liegen bei 0,127 bzw. 0,129 W/(m²K).

Die Fenster wurden mit IV90 Holzrahmen in Fichte mit einem $U_f=1,03$ W/(m²K) und einer Dreifachverglasung mit $U_g=0,50$ W/(m²K) und einem g-Wert von 0,49 ausgeführt.

Der detailliert ermittelte Wärmebrückenzuschlag der Realisierungsvariante liegt mit 0,005 (A) bzw. 0,011 (B) W/(m²K) bei einem hervorragenden Wert. Der weit überwiegende Teil der Wärmebrücken entsteht - typisch für mineralische Massivbaukonstruktionen - am Übergang von der Kellerdecke zum Mauerwerk der Erdgeschosswände. In Haus A beispielsweise sind die Wärmebrücken gegen Außenluft negativ mit -0,012 W/(mK) und die gegen Bodenplatte/Kellerdecke positiv mit 0,121 W/(mK).

Beide Gebäude erreichten mit 0,22 bzw. 0,23 h⁻¹ hervorragende Werte der Luftdichtheit n_{50} ; die Werte liegen bei etwa einem Drittel des Grenzwertes für Passivhäuser.

Der Fensterflächenanteil ist mit 29,4 % (Haus A) bzw. 26,1 % (Haus B) der PHPP-Energiebezugsfläche großzügig gewählt, aufgrund der Lage des Projekts in fast 800 m Höhe ist aber auch damit keine sommerliche Überhitzung zu erwarten.

Tabelle 2: Energierrelevante Kennwerte der Gebäudehülle

| | | Haus A | Haus B |
|--|--------------------------|----------------|----------------|
| U-Wert Außenwand | W/(m ² K) | 0,133 | 0,133 |
| U-Wert Flachdach | W/(m ² K) | 0,094 | 0,094 |
| U-Wert Bodenplatte beheizte Räume | W/(m ² K) | 0,133 | 0,133 |
| U-Wert Decke Außenluft (nach unten) | W/(m ² K) | 0,103 | 0,103 |
| Fenster (U_w -Wert / U_g / g-Wert) Normmaßbezug | W/(m ² K) / - | 0,76/0,50/0,49 | 0,76/0,50/0,49 |
| Wärmebrückenzuschlag | W/(m ² K) | 0,005 | 0,011 |
| Mittlerer U-Wert inkl. Fenstern (inkl. Wärmebrücken) | W/(m ² K) | 0,198 | 0,199 |
| Mittlerer U-Wert opak (inkl. Wärmebrücken) | W/(m ² K) | 0,127 | 0,129 |
| Messwert der Luftdichtheit n_{50} | h ⁻¹ | 0,22 | 0,23 |
| Fensterflächenanteil (Fensterfläche/EBF) | % | 29,4 | 26,1 |

2.4.3 Energierelevante Haustechnik – Haus A

Das Gebäude hat dezentrale, wohnungsweise Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Die mittlere Luftwechselrate beträgt $0,3 \text{ h}^{-1}$.

Abbildung 2 zeigt das vereinfachte Haustechnikschema mit modulierender Sole-Erdreichwärmepumpe, 1.000-Liter-Speicher (nur für Warmwasser), 2+2-Leitersystem mit $48^\circ\text{--}50^\circ\text{C}$ Vorlauftemperatur für die Frischwasserstationen und $30^\circ\text{--}35^\circ\text{C}$ für die Fußbodenheizung, welche von der WP direkt versorgt wird. Die Warmwasser Zapftemperatur beträgt etwa 45°C , höhere Temperaturen zur Legionellen-Prävention müssen nicht erreicht werden, da es sich aufgrund der Wohnungsstationen um ein dezentrales System handelt. Das Gebäude verfügt zusätzlich über eine 30 kW_p -PV-Anlage mit Nutzung des PV-Stroms für alle Energieanwendungen im Gebäude inkl. Haushaltsstrom.

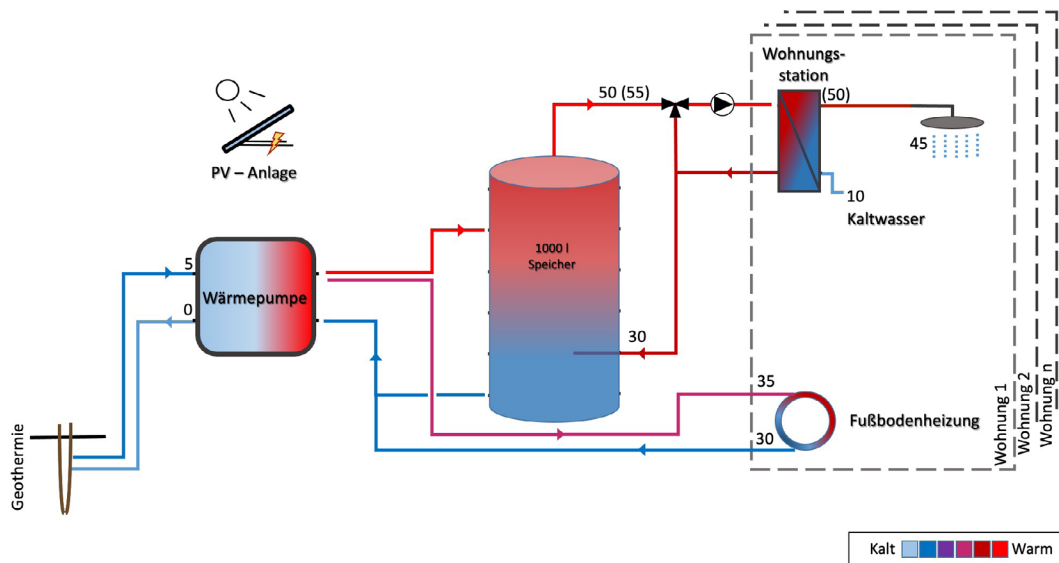


Abb. 2: Vereinfachtes Haustechnikschema des Projekts Dafins – Haus A mit Sole-Wärmepumpe, 1.000 Liter-Speicher, 2+2-Leiter-Verteilssystem und Fußbodenheizung sowie 30 kW_p PV-Anlage

Tabelle 3: Energierelevante Kennwerte der Haustechniksysteme von Haus A

| | | | |
|---|---|--|---|
| Lüftungssystem und Luftwechselrate | Wohnungsweise Komfortlüftung mit WRG | $0,30 \text{ h}^{-1}$ | |
| Heizlast PHPP (20°) | $13,3 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$ | | |
| Wärmeerzeuger Heizung und Warmwasser (Typ, absolute und spez. Leistung) | Sole-WP IDM TERRA SWM 3 - 13 HGL | 3-13 kW | $6,2\text{--}27,0 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$ |
| Wärmespeicher Typ und Größe | Schichtspeicher | 1.000 Liter | $2,1 \text{ Liter/m}^2_{\text{EBF}}$ |
| Wärmeverteilsystem | Vierleiter mit wohnungsweisen Frischwasserstationen (Kapitel 3.8.2.2) | | |
| Wärmeabgabesystem Typ und Temperaturniveau | Fußbodenheizung | $35^\circ\text{C}/28^\circ\text{C}$ | |
| Solarthermie | - | - | |
| PV-Leistung absolut und spezifisch | 30 kW_p | $62 \text{ W}_p/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ | $94 \text{ W}_p/\text{m}^2_{\text{ÜFL}}$ |
| Batteriespeicher | - | - | |

2.4.4 Energierrelevante Haustechnik – Haus B

Das Gebäude hat dezentrale, wohnungsweise Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Die mittlere Luftwechselrate beträgt $0,3 \text{ h}^{-1}$.

Abbildung 3 zeigt das vereinfachte Haustechnikschema mit modulierender Sole-Wärmepumpe, Speicher als hydraulische Weiche, Zweileitersystem mit $30\text{--}35 \text{ °C}$ Vorlauftemperatur für die Fußbodenheizung sowie dezentralen Warmwasser-Wärmepumpenboilern. Diese nutzen als Wärmequelle die Fußbodenheizung, so dass die Wärmepumpen kaskadenartig betrieben werden: Die zentrale Heizungs-Wärmepumpe erwärmt in der Heiz- und Übergangssaison das Wasser im Heizkreis auf $30\text{--}35 \text{ °C}$, die wohnungsweisen Warmwasser-Wärmepumpen müssen nur einen Temperaturhub von dieser Temperatur auf die Speichertemperatur von etwa 55 °C bewältigen. Im Sommer reicht der passive Solarertrag durch die Fenster, der über die Fußbodenheizung für die dezentrale Brauchwasserwärmepumpe nutzbar gemacht wird, als Wärmequelle aus. Zusätzlich kann so eine leichte Raumkühlung erreicht werden. Haus B verfügt wie Haus A über eine 30 kW_p -PV-Anlage mit Nutzung des PV-Stroms für alle Energieanwendungen im Gebäude inkl. Haushaltsstrom.

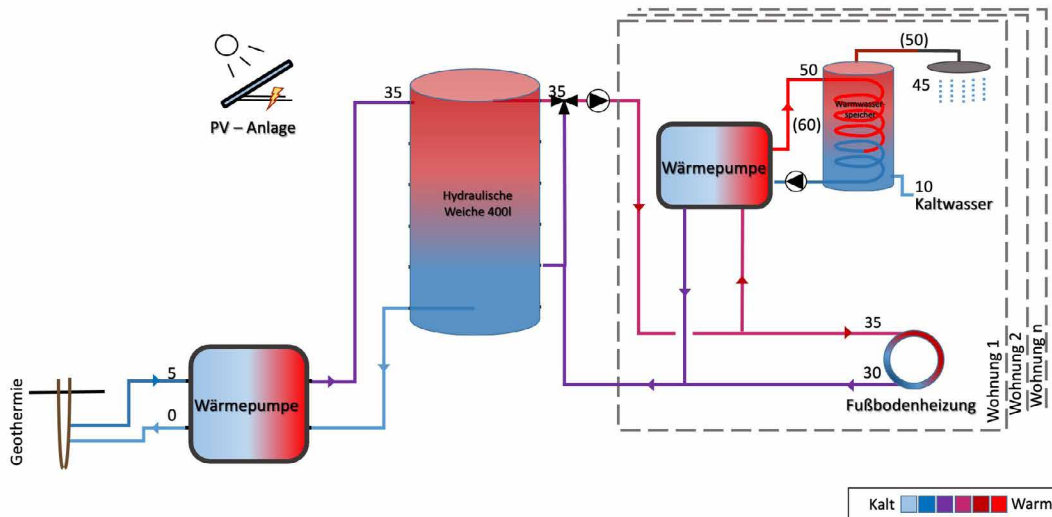


Abb. 3: Vereinfachtes Haustechnikschema des Projekts Dafins – Haus B mit zentraler Sole-Wärmepumpe für die Heizung, 400 Liter Speicher als hydraulische Weiche, Zweileitersystem und Fußbodenheizung sowie wohnungsweisen Warmwasser-Wärmepumpenboilern und 30 kW_p PV-Anlage

Tabelle 4: Energierrelevante Kennwerte der Haustechniksysteme von Haus B

| | | | |
|---|--|--|---|
| Lüftungssystem und Luftwechselrate | Wohnungsweise Komfortlüftung mit WRG | $0,3 \text{ h}^{-1}$ | |
| Heizlast PHPP (20°) | $12,3 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$ | | |
| Wärmeerzeuger Heizung (Typ, absolute und spez. Leistung) | Sole-WP IDM TERRA SWM 3 - 13 | 3-13 kW | $5,7\text{--}25,0 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$ |
| Wärmeerzeuger Warmwasser (Typ, absolute und spez. Leistung) | Wärmepumpenboiler OVUM XR150 (2021) OPW170 (ab 2022) | 1,2 kW | $13,8 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$ |
| Wärmespeicher Typ und Größe | Schichtspeicher als hydraulische Weiche | 400 Liter | $0,77 \text{ Liter/m}^2_{\text{EBF}}$ |
| Wärmeverteilsystem | Zweileitersystem (Kapitel 3.8) für FBH | | |
| Wärmeabgabesystem Typ und Temperaturniveau | Fußbodenheizung | $35 \text{ °C}/28 \text{ °C}$ | |
| Solarthermie | - | - | |
| PV-Leistung absolut und spezifisch | 30 kW_p | $58 \text{ W}_p/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ | $92 \text{ W}_p/\text{m}^2_{\text{ÜFL}}$ |
| Batteriespeicher | - | - | |

2.4.5 Energetische Performance – Haus A

Die Gebäude in Dafins wurden Ende 2020 bezogen, somit ist das dargestellte Messjahr 2021 das erste Betriebsjahr. Wie andere Messprojekte zeigen, ist das erste Messjahr nicht immer repräsentativ, da oft noch, wie auch in Dafins, nachgeregelt oder nachgebessert wird oder auch andere Effekte wie die Restfeuchte aus der Bauphase noch einen Einfluss haben. Für das Jahr 2022 wird deshalb von einer weiteren Verbesserung der Effizienz ausgegangen.

Die energetische Performance von Haus A im Jahr 2021 ist in Abb. 4 in einem Energieflussdiagramm (Sankey) dargestellt. Es sind die auf die Wohnnutzfläche von 432 m² bezogenen spezifische Werte angegeben. Die Wärmeströme sind in einem Farbschema von gelb (hohe Temperatur) bis blau (niedrige Temperatur), die Stromverbräuche der einzelnen Anwendungen in grau dargestellt. Die mittlere Raumlufttemperatur während der Heizperiode lag bei 22,5 °C.

Der gesamte Strombezug aus dem Netz für alle Anwendungen wie Heizung, Warmwasser, Hilfsstrom, Allgemiestrom und Haushaltsstrom ist in der Jahresbilanz mit 43,1 kWh/(m²_{WNF}a) niedriger als die Netzeinspeisung mit 45,1 kWh/(m²_{WNF}a).

Das Gebäude ist durch die Effizienzmaßnahmen und die relativ große PV-Anlage somit ein jahresbilanzielles Plusenergiegebäude.

Der Stromverbrauch der Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser lag bei 22,9 kWh/(m²_{WNF}a), in dem Wert ist der Verbrauch der Sole- und der Heizkreispumpe enthalten, da diese in der Wärmepumpe verbaut sind. Auch die übrigen Verbräuche wie Hilfsstrom für Lüftung (2,6 kWh/(m²_{WNF}a)) Allgemiestrom (5,2 kWh/(m²_{WNF}a)) und Haushaltsstrom (22,2 kWh/(m²_{WNF}a)) sind sehr niedrig. Der gesamte Hilfsstrom inkl. Lüftung ist mit 9,9 kWh/(m²_{WNF}a) relativ hoch, hauptsächlich durch die WW-Umwälzpumpe bedingt.

Durch eine Optimierung der Einstellung im Januar 2022 konnte der Pumpenstromverbrauch um 30 % gesenkt werden, was sich aber erst auf das Messjahr 2022 auswirken wird.

Die Verluste der Warmwasserverteilung sind mit 21,7 kWh/(m²_{WNF}a) im ersten Messjahr noch bedeutend zu hoch, es wurden – ähnlich wie auch in Kapitel 3.8.2.2 beschrieben - Werte unter 10 erwartet.

Die Änderung der Pumpeneinstellung im Januar 2022 wirkt sich auch hier positiv aus. Es werden noch weitere Optimierungsschritte unternommen.

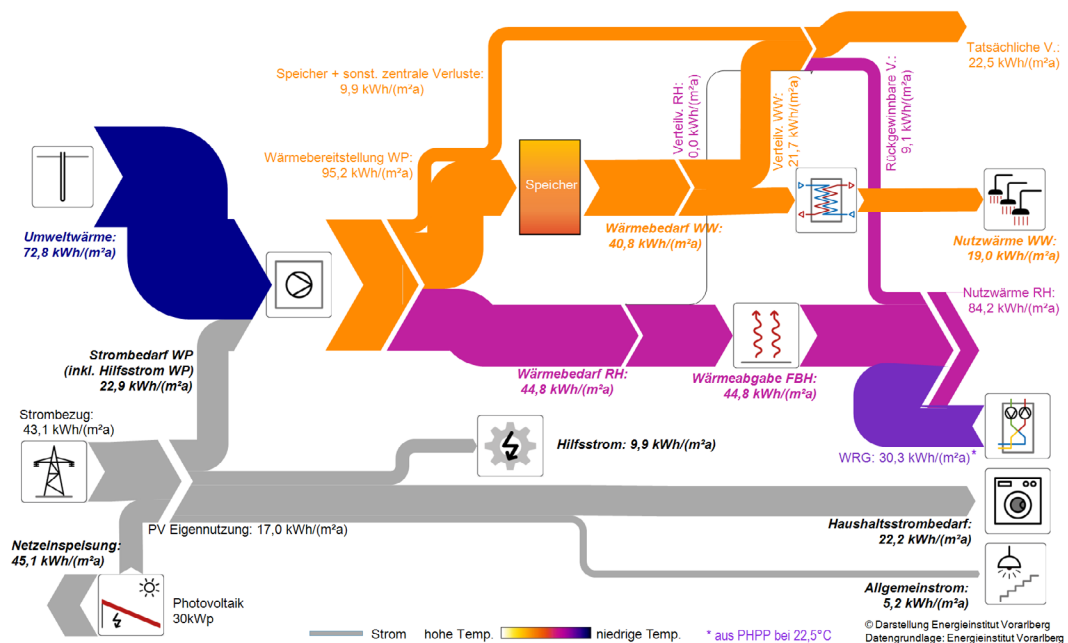


Abbildung 4: Sankey Diagramm: gemessenen Energieflüsse Haus A im Jahr 2021 – spezifische Werte mit Bezug auf die Wohnnutzfläche von 432 m² (Quelle: Energieinstitut Vorarlberg).

Die wichtigsten berechneten und gemessenen Energiekennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt, die Werte sind auf die Wohnnutzfläche von 432 m² bezogen.

Tabelle 5: Kennwerte Energiebedarf und -verbrauch von Haus A

| | | |
|---|---------------------------------------|------|
| Heizwärmebedarf PHPP-Standard (20 °C) | kWh/(m ² _{WNF} a) | 32,1 |
| Heizwärmebedarf PHPP -Verbrauchsprognose (22,5 °C) | kWh/(m ² _{WNF} a) | 42,4 |
| Heizwärme verbrauch gemessen 22,5 °C) | kWh/(m ² _{WNF} a) | 44,8 |
| Warmwasserbedarf (PHPP Standard +30 %) | l/(Pers.d) (60°) | 32,5 |
| Endenergiebedarf _{Heiz+WW} PHPP-Verbrauchsprognose (22,5° und 32,5 l/Person pro Tag, 10 % Zusatzverschattung Winter) | kWh/(m ² _{WNF} a) | 17,2 |
| Endenergie verbrauch _{Heiz+WW} gemessen | kWh/(m ² _{WNF} a) | 22,9 |
| PV-Stromerzeugung (PHPP) | kWh/(m ² _{ÜFL} a) | 86,0 |
| PV-Stromerzeugung (gemessen) | kWh/(m ² _{ÜFL} a) | 83,9 |

2.4.6 Energetische Performance – Haus B

Die energetische Performance von Haus B im Jahr 2021 ist in Abb. 5 in einem Energieflussdiagramm (Sankey) dargestellt. Es sind die auf die Wohnnutzfläche von 496 m² bezogenen spezifische Werte angegeben. Die Wärmeströme sind in einem Farbschema von gelb (hohe Temperatur) bis blau (niedrige Temperatur), die Stromverbräuche der einzelnen Anwendungen in grau dargestellt.

Die mittlere Raumlufttemperatur während der Heizperiode lag bei 23,4 °C.

Der gesamte Strombezug aus dem Netz für alle Anwendungen wie Heizung, Warmwasser, Hilfs-, Allgemein- und Haushaltsstrom ist in der Jahresbilanz mit 56,9 kWh/(m²_{WNF}a) höher als die Netzeinspeisung mit 33,6 kWh/(m²_{WNF}a). Das Gebäude benötigt also trotz Effizienzmaßnahmen und der relativ großen PV-Anlage jahresbilanziell mehr Strom als es erzeugt.

Hauptgrund für den vergleichsweise hohen Verbrauch ist der sehr hohe Haushaltsstromverbrauch einzelner Wohnungen, dieser ist fast doppelt so hoch wie in Haus A. Eine Ursache des hohen flächenspezifischen Haushaltsstromverbrauchs ist die im Vergleich zu den anderen Beispielgebäuden deutlich höhere Bewohnerdichte: Haus B wird von 23 Personen bewohnt, Haus A von 16. Die Pro-Kopf-Wohnfläche beträgt damit in Haus A 27 m², im Haus B sogar nur 21,6 m². Dies führt zu einer Erhöhung des Verbrauchs im Vergleich zu weniger dicht bewohnten Gebäuden. Der hohe Haushaltsstromverbrauch ist aber auch durch ineffiziente Geräte/intensive Nutzung bedingt und könnte durch effizientere Geräte deutlich verringert werden.

Der Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser lag in Summe der zentralen sowie der dezentralen Wärmepumpen, bei 24,9 kWh/(m²_{WNF}a) und somit ähnlich wie in Haus A. Die hohe Personenbelegung wirkte sich im ersten Messjahr stark erhöhend auf den Strombedarf für die Warmwasserbereitung aus: Bei den dezentralen Wärmepumpenboilern kam im Messjahr 2021 zum einen bauart- und regelungstechnisch, zum anderen durch den höheren Warmwasserverbrauch aufgrund dichter Belegung der el. Heizstab häufiger zum Einsatz. Dieser hat einen Anteil von 3,0 kWh/(m²_{WNF}a) am Gesamtverbrauch für Warmwasser von 12,5 kWh/(m²_{WNF}a). Im April 2021 wurden die ersten drei Geräte getauscht, worauf bei diesen der Heizstab nicht mehr in Betrieb ging, deshalb wurden im Dezember 2021 die restlichen drei ebenfalls gegen Geräte der zweiten Generation getauscht.

Die übrigen Verbräuche wie Hilfsstrom (Pumpen, Lüftung) sind mit 6,6 kWh/(m²_{WNF} a) und 4,3 kWh/(m²_{WNF} a) für Allgemiestrom sehr niedrig.

Es wurden „sonstige“ Verluste von etwa $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}}\text{a})$ festgestellt, welche hauptsächlich auf eine falsche Einstellung der Regelung, im speziellen der Heizgrenztemperatur zurückzuführen sind. Somit wurde dem Gebäude auch bei sommerlichen Temperaturen Heizenergie zugeführt. Die Regelung wurde im Dezember 2021 angepasst.

Insgesamt hatte Haus B etwas höhere flächenspezifische Energieverbräuche als die meisten übrigen Beispielprojekte. Berücksichtigt man den deutlich kälteren Projektstandort auf knapp 800 m Höhe, die zwangsläufig schlechtere Kompaktheit des mit 6 Wohneinheiten keinen Gebäudes und die sehr hohe Personenbelegung, sind auch schon die Verbrauchswerte des ersten Jahres gut. Der personenspezifische Verbrauch ist sogar einer der besten aller untersuchten Projekte.

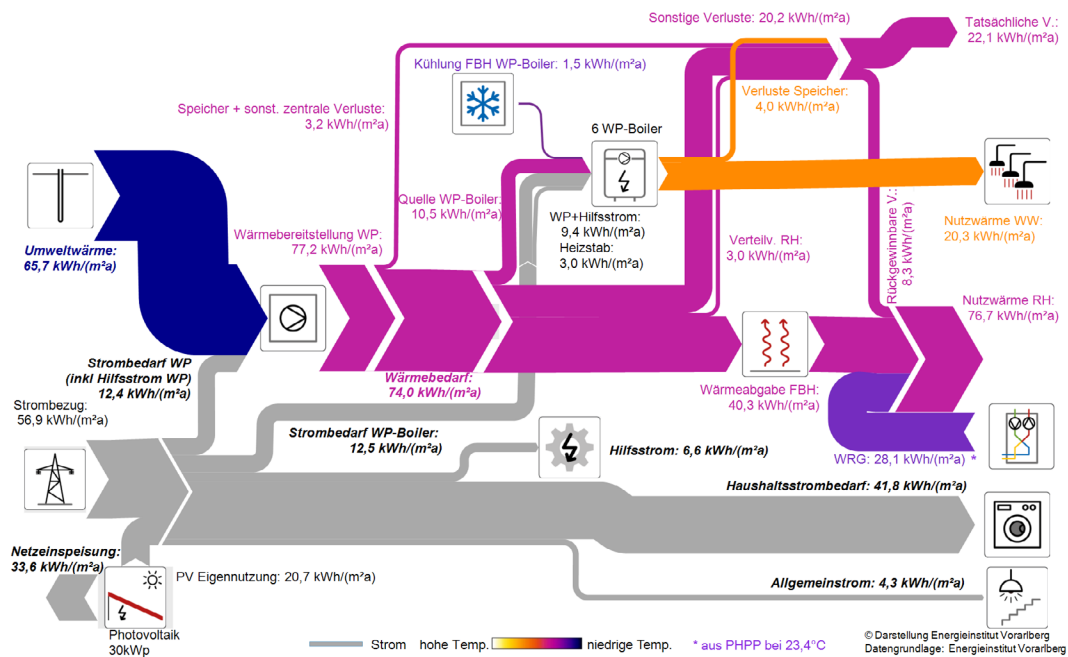


Abbildung 5: Sankey Diagramm: gemessenen Energieflüsse Haus B im Jahr 2021 – spezifische Werte mit Bezug auf die Wohnnutzfläche von 496 m² (Quelle: Energieinstitut Vorarlberg).

Die wichtigsten berechneten und gemessenen Energiekennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 6: Kennwerte Energiebedarf und -verbrauch von Haus B

| | | |
|---|---|------|
| Heizwärmebedarf PHPP-Standard (20 °C) | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \text{a})$ | 26,7 |
| Heizwärmebedarf PHPP -Verbrauchsprognose (22,5 °C) | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \text{a})$ | 35,3 |
| Heizwärmeverbrauch gemessen (23,4 °C) | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \text{a})$ | 40,3 |
| Warmwasserbedarf (PHPP Standard +30 %) | $\text{l}/(\text{Pers.d}) (60^\circ)$ | 32,5 |
| Endenergiebedarf _{Heiz+WW} PHPP-Verbrauchsprognose (22,5° und 32,5 l/Person pro Tag, 10 % Zusatzverschattung Winter) | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \text{a})$ | 17,8 |
| Endenergieverbrauch _{Heiz+WW} gemessen | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}} \text{a})$ | 24,9 |
| PV-Stromerzeugung (PHPP) | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{ÜFL}} \text{a})$ | 84,7 |
| PV-Stromerzeugung gemessen | $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{ÜFL}} \text{a})$ | 82,9 |

2.4.7 PV-Anlage und Mieterstrom

Eine Besonderheit bei den beiden Gebäuden in Dafins sind die in Abbildung 6 dargestellten, relativ großen PV-Anlagen auf den Flachdächern. Der Strom, welcher mit diesen erzeugt wird, wird zuerst allen Anwendungen im Gebäude zur Verfügung gestellt, der restliche Überschussstrom wird ins Netz eingespeist. Zu den Anwendungen im Gebäude gehört neben der Wärmepumpe auch der Haushaltsstrom der einzelnen Wohnungen. Dieser wird den Mietern durch die Alpenländische Gemeinnützige WohnbauGmbH kostenlos zur Verfügung gestellt¹. Dies ist im Rahmen einer gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage nach § 16a ElWOG (2010) seit einigen Jahren auch in Österreich rechtlich möglich, wobei die Umsetzung in der Praxis für den Anlagenbetreiber durchaus noch mit einigen bürokratischen Hürden verbunden ist.



Abbildung 6: PV-Anlagen mit jeweils 30 kW_p auf beiden Gebäuden in Dafins
Foto: Energieinstitut Vorarlberg

Haus A erzeugt wie beschrieben über das Jahr gesehen mehr Strom als es verbraucht, ist also ein jahresbilanzielles Plusenergiegebäude. Das Gebäude ist aber nicht autark, denn es bezieht nachts und vor allem im Winter, wenn die PV-Anlage keinen bzw. weniger Strom erzeugt, aber z.B. die Wärmepumpe in Betrieb ist, Strom aus dem Netz. An schönen Sommertagen erzeugt die PV-Anlage weitaus mehr Strom als benötigt und speist diesen ins Netz ein. Die Anlage erzeugt 26.830 kWh/a Strom, also 894 kWh/(kW_pa), davon werden 7.340 kWh/a, also 27 %, direkt im Gebäude eigengenutzt. Die restlichen 19.490 kWh/a werden ins Netz eingespeist. Der Eigenverbrauch könnte durch optimierte Regelstrategien der Wärmepumpe oder durch smarte Haushaltsgeräte etwas erhöht werden. Es zeigt sich aber auch, dass der Eigennutzungsgrad vom Nutzerverhalten und noch stärker davon abhängt, wie lange und wann die Bewohner anwesend sind und Stromanwendungen nutzen. In beiden Gebäuden ist der jahresdurchschnittlich höchste Stromverbrauch in den Abendstunden gegen 19:00 Uhr. Zu dieser Uhrzeit ist am Standort der PV Ertrag aber sogar im Sommer nur noch sehr gering.

¹ Standardfall bei gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen ist, dass der Strom den Bewohnern verrechnet wird.