Gekoppelte Wärmeversorgung eines Neubau- und Bestandsquartiers (SWIVT-Siedlung) mit Erdreich-Wärmepumpen und BHKW - erste Ergebnisse

Marc Großklos, Anna-Lena Fiedler
Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Rheinstraße 65, D-64295 Darmstadt
Tel.: +49 6151 2904-47, Fax: +49 6151 2904-97
E-Mail: m.grossklos@iwu.de
Internet www.iwu.de

Einleitung

Neubauten und unsanierte Gebäude stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an die Wärmeversorgung bezüglich Temperaturniveau, Leistungsspitzen und Länge der Heizzeit. Daraus können sich unterschiedliche Wärmeversorgungskonzepte ergeben, die die genannten Anforderungen optimal erfüllen. Während Bestandsgebäude hohe Temperaturniveaus erfordern und eine lange Heizperiode besitzen, so dass hier eine Wärmeversorgung auf Basis fossiler Energien die Anforderungen einfacher erfüllen kann, ist bei Neubauten mit Flächenheizungen die Wärmepumpe weit verbreitet.
Soll ein Quartier sowohl mit energieeffizienten Neubauten wie auch mit kaum energetisch sanierten Bestandsgebäuden mit Wärme versorgt werden, so können sich durch die Kopplung unterschiedlicher Wärmeerzeuger für die verschiedenen Gebäudestandards insgesamt Vorteile für das Gesamtkonzept ergeben.

SWIVT-Siedlung in Darmstadt

Ein solcher integrierter Ansatz wurde in dem Vorhaben SWIVT II der bauverein AG in Darmstadt in den Jahren 2021-2023 umgesetzt[1]. Das betrachtete Quartier besteht aus sechs neu errichteten viergeschossigen Mehrfamilienhäusern (Gebäude A-F) mit insgesamt 131 Wohnungen, einer Kita und einer Schulbetreuung (Abb. 1 und Abb. 2). Die gesamte Gebäudenutzfläche A_N nach [EnEV] liegt bei 15.330 m². Die Gebäude wurden als KfW Effizienzhaus 40 Plus errichtet, besitzen einen hochwertigen Wärmeschutz, zentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sowie Fußboden-heizung.
Die Bestandsgebäude aus den 1930er Jahren wurden nach Kriegsbeschädigungen 1953 wiederhergestellt (Abb. 3). Die drei Blöcke mit 12 Treppenhäusern besitzen 96 ähnlich geschnittene Wohnungen mit einer Gebäudenutzfläche A_N von insgesamt 5.730 m². An der Gebäudehülle wurden seit den 1950er-Jahren nur die Fenster erneuert (ältere Isolierverglasung) und im Zuge des SWIVT-Projektes die oberste Geschossdecke sowie die Kellerdecke nachträglich gedämmt. Die Außenwände wurden nicht energetisch verbessert.

1 Siedlungsbausteine für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien (SWIVT), FKZ: 03ET1545, Laufzeit: 01.08.2018 – 30.06.2023 [SWIVT II 2023]

Abb. 1: Neubauten (links) und Bestandsgebäude (rechts) (Bildquelle: [SWIVT II 2023])

Abb. 2: Neubauten

Abb. 3: Bestandsgebäude

Dieses Gesamtquartier wurde im Rahmen des SWIVT-Projekts mit einer gemeinsamen Wärme- und teilweise auch einer verbundenen Stromversorgung ausgestattet, um die Effizienzpotenziale einer gekoppelten Versorgung zu erproben und zu nutzen. Die wesentlichen Projektbeteiligten sind in Tab. 1 aufgelistet.

Bauherr	bauverein AG, Darmstadt
Architektur	PlanungsgruppeDREI, Mühltal
Fachplanung HLSE	Inplan, Pfungstadt
Erdsonden, PV-Anlagen	Entega AG, Darmstadt
Forschung SWIVT I/II	TU Darmstadt, Universität Stuttgart
Evaluation Siedlung (M-SWIVT)	Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
Contractor Wärmeversorgung	HessenEnergie, Wiesbaden

Tab. 1: Wesentliche Beteiligte im SWIVT-Projekte-Verbund

Anlagenkonzept Wärmeversorgung

Die **Neubauten** der Siedlung werden über ein Niedertemperaturnetz von einer gemeinsamen Heizzentrale aus mit Wärme versorgt (Abb. 4). Die Wärme wird von zwei 2-stufigen Wärmepumpen mit je 97,2 kW (bei B10W35) bereitgestellt, als Wärmequelle dient ein Feld mit 23 Erdsonden mit je 120 m Tiefe, das unter der Tiefgarage abgeteuft wurde. Ein Parallelpuffer mit 2,7 m³ dient dem Lastausgleich. Die Auslegungsvorlauftemperatur im Nahwärmenetz zu den Neubauten liegt bei 45 °C.

Die Neubauten verfügen über Fußbodenheizung mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 35 °C sowie wohnungsweisen Frischwasserstationen für Warmwasserbereitung in den Wohnungen, deren Vorlauftemperatur bei mindestens 41 °C liegt. Dazu wurden die Gebäude mit einer 4-Leiter-Installation ausgestattet und in den Unterzentralen je Gebäude sind Pufferspeicher zur Deckung von Lastspitzen vorhanden. Um die Differenz zwischen dem Ausgang der Frischwasserstation und der Soll-Warmwassertemperatur zu decken, besitzt jede Wohnungsstation einen nachgeschalteten elektrischen Durchlauferhitzer. Die Abwärme des Duschabwassers wird mit einer Duschwasser-Wärmerückgewinnung zur Vorerwärmung des Kaltwasserzulaufs der Dusche genutzt.

Um die Erdsonden im Sommer zu regenerieren und die Arbeitszahl der Wärmepumpen anzuheben, werden Abgas- und Abluftabwärme der BHKW im Hochtemperaturnetz (siehe unten) genutzt und in den Solekreislauf vor der Wärmepumpe eingespeist. Außerdem wird in den Wohnungen von fünf der sechs Gebäude eine passive Temperierung im Sommer über die Fußbodenheizkreise genutzt und ebenfalls in den Solekreis eingekoppelt.

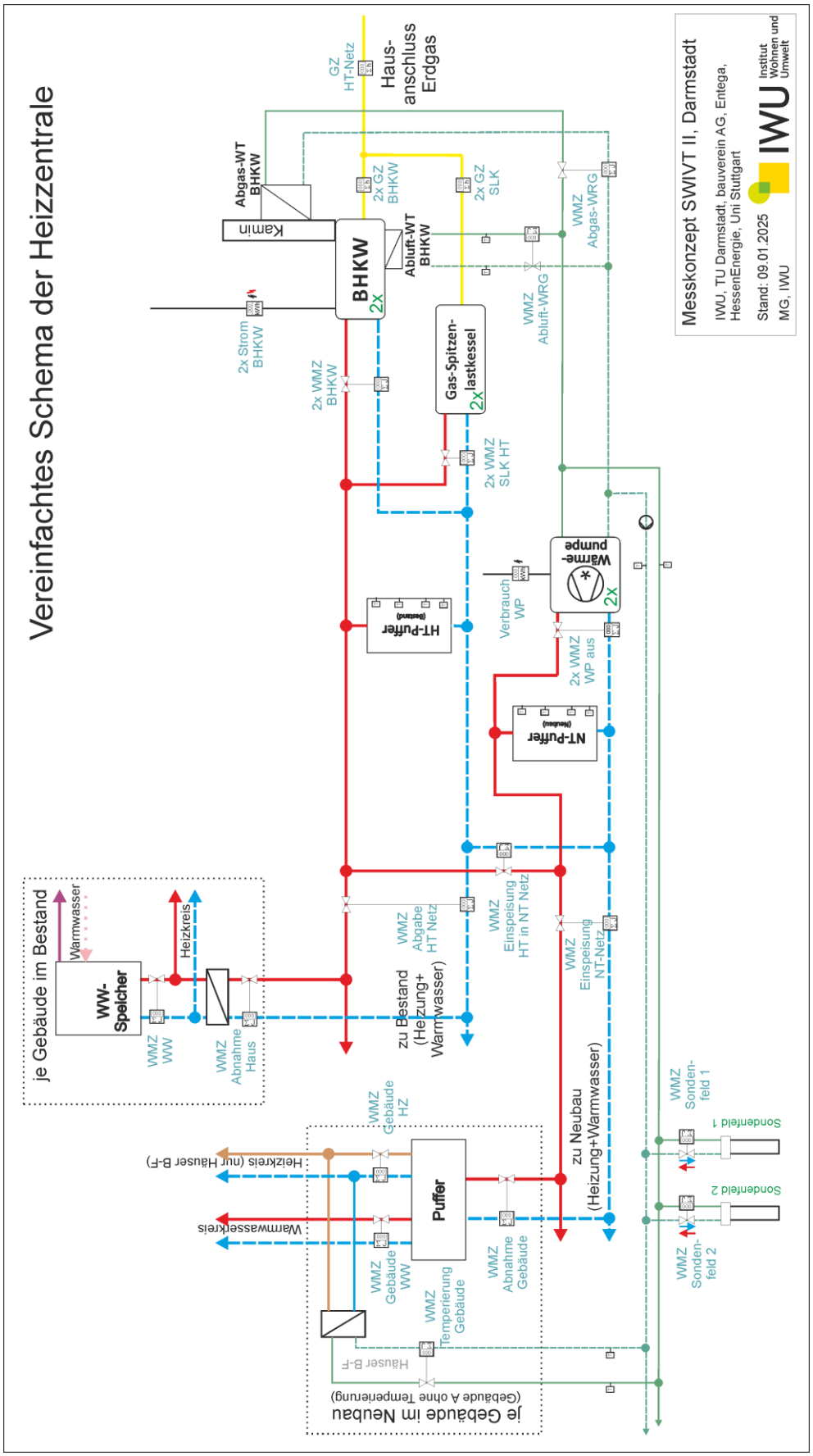

Abb. 4: Übersicht über das Anlagenkonzept der SWIVT-Siedlung

Die **Bestandsgebäude** werden über die bestehenden Heizkörper mit Wärme versorgt. Dazu wurde ein Hochtemperatur-Netz mit einer Vorlauftemperatur von 70 °C zu den drei Unterzentralen der Gebäude verlegt. Dort wird die Nahwärme in die bestehenden Heizkreise eingespeist. Gleichzeitig erfolgt die Warmwasserbereitung in den Unterzentralen in Trinkwasserspeichern, von denen aus das Trinkwarmwasser mit einer Temperatur von ca. 61 °C in den Gebäuden verteilt wird. Die Gebäude nutzen die bestehenden Zirkulationsleitungen.
Die Wärmeerzeugung für die Bestandsgebäude erfolgt ebenfalls in der Heizzentrale mit zwei Erdgas-Blockheizkraftwerke (BHKW) mit je 90 kW_{th} sowie zwei Erdgas-Spitzenlastkesseln (je 230 kW_{th}). Zum Lastausgleich ist ein Pufferspeicher mit 5,8 m^3 vorhanden.
Wenn die Leistung der Wärmepumpen im NT-Netz nicht ausreicht, kann aus dem HT-Netz Wärme aus den BHKW für die Neubauten genutzt werden. Dadurch kann die begrenzte Entzugsleistung der Erdsonden abgepuffert werden.

Anlagentechnik Stromerzeugung

Die Stromerzeugung der BHKW wird bevorzugt für den Betrieb der Wärmepumpen eingesetzt, Überschüsse werden in das öffentliche Netz eingespeist. Weiterhin sind sowohl die Neubauten (241,9 kWp) wie auch die Bestandsgebäude (115,9 kWp) mit PV-Anlagen auf den Dächern ausgestattet, deren Erzeugung für ein Mieterstrom-angebot in den Gebäuden genutzt wird. Außerdem besitzen die Neubauten 83,5 kWp Fassade-PV. Die Neubauten verfügen über einen gemeinsamen Netzanschluss, so dass Elektroenergie zwischen den Neubauten ohne Nutzung des öffentlichen Netzes ausgetauscht werden kann. Aus diesem Grund konnten die Batteriespeicher mit insgesamt 240 kWh Kapazität in vier Gebäuden verteilt werden. Sie werden abhängig von der Energiebilanz des Neubauquartiers gemeinsam geregelt.
Die Bestandsgebäude besitzen (treppen-)hausweise Kundenanlagen für den Mieter-strom, hier ist keine Kopplung zwischen den Treppenhäusern vorhanden.

Eine Besonderheit der SWIVT-Siedlung ist der SWIVT-Controller – ein Energie-managementsystem, das bereits für die Optimierung der Anlagentechnik in der Planungsphase verwendet wurde und der die Wärme- und Elektroenergieströme im Quartier auch in der Betriebsphase mit optimierten Prognosen für eine kosten- und CO_2-arme Betriebsweise der Anlagentechnik versorgen soll [SWIVT II 2023]. Die Implementierung ist jedoch noch nicht abgeschlossen, so dass im Folgenden die Erzeugungs-, Verbrauchs- und Nutzungsdaten der Heizzentrale sowie der Gebäude für den Zeitraum April 2024 bis Ende März 2025 ohne SWIVT-Controller dargestellt werden.

Verbrauchsdaten der Gebäude

Der Gesamtenergieverbrauch der **Bestandsgebäude** vor Beginn der Maßnahme zwischen 120 und 142 kWh/(m^2A_N*a). Nach Abschluss von SWIVT II lag er im Auswertezeitraum zwischen 88,6 und 101,1 kWh/(m^2A_N*a) und damit 24 bis 29 % unter dem Verbrauch vor der Umstellung von Energieversorgung sowie Dämmung von oberster Geschossdecke und Kellerdecke (Abb. 5). Wie sich diese Einsparung

zwischen der Wärmedämmung und Ersatz der alten Gaskessel verteilt, kann auf Basis der Messdaten nicht aufgeschlüsselt werden. Von dem Gesamtverbrauch wurden zwischen 20,9 und 24,7 kWh/(m²A_N*a) für die Warmwasserbereitung aufgewendet und 67,6 bis 76,4 kWh/(m²A_N*a) für die Beheizung.

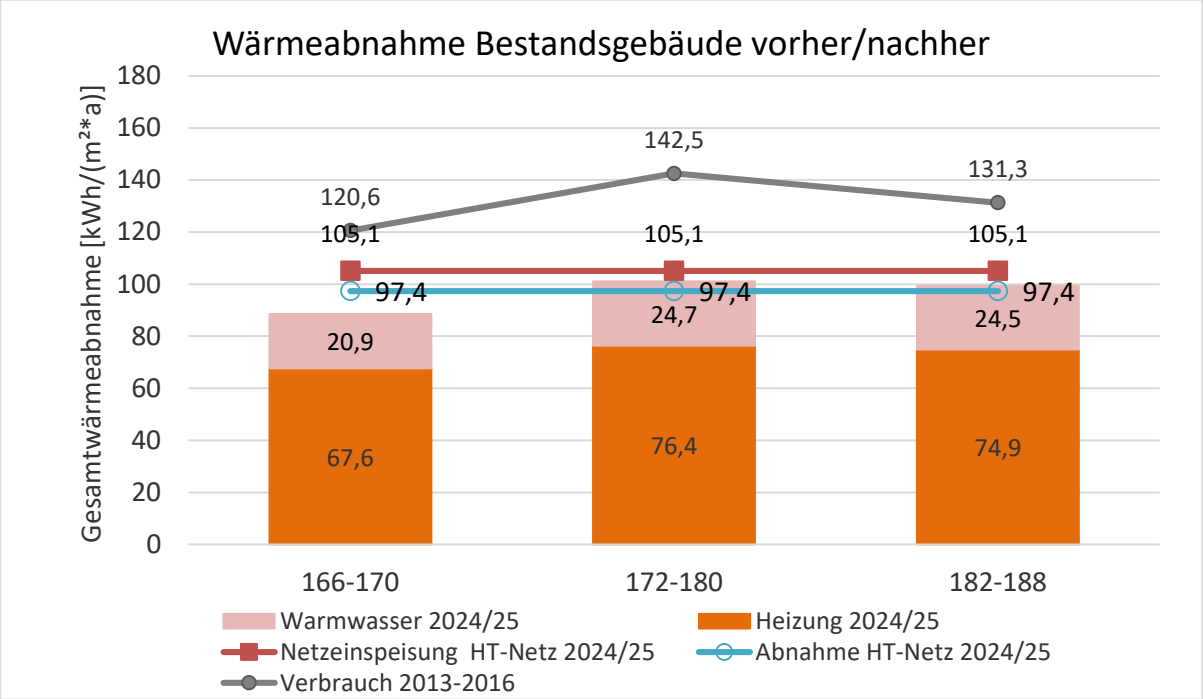

Abb. 5: Wärmeabnahme der Bestandsgebäude der SWIVT-Siedlung vor und nach der Umstellung auf zentrale Wärmeversorgung

Die Einspeisung ins Hochtemperaturnetz lag im Betrachtungszeitraum bei 105,1 kWh/(m²A_N*a), die Abnahme bei 97,4 kWh/(m²A_N*a), so dass die Verteilverluste bei 7,7 kWh/(m²AN*a) bzw. 7,3 % lagen. Absolut wurden 606,2 MWh ins Hochtemperaturnetz eingespeist.

Der gemessene Verbrauch der **Neubauten** für Heizung, Warmwasserbereitung und Verteil- und Speicherverluste in den Gebäuden lag zwischen 25,2 und 38,1 kWh/(m²A_N*a), im Mittel über die gesamte Gebäudenutzfläche bei 31,3 kWh/(m²A_N*a) (Abb. 6). In einigen Neubauten wurde der Bedarfswert deutlich unterschritten (Gebäude C mit Kita im EG und 1.OG sowie Gebäude F), in Gebäude A und E liegen die Verbräuche etwas über dem Bedarfskennwert. Im Mittel lagen die Gebäude 1,6 kWh/(m²A_N*a) unter dem Bedarfswert nach EnEV von 32,9 kWh/(m²A_N*a). Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Warmwasser-bereitung zum Teil aus dem NT-Netz über die Frischwasserstationen erfolgt, aber noch eine elektrische Nacherwärmung in den Wohnungen stattfindet.

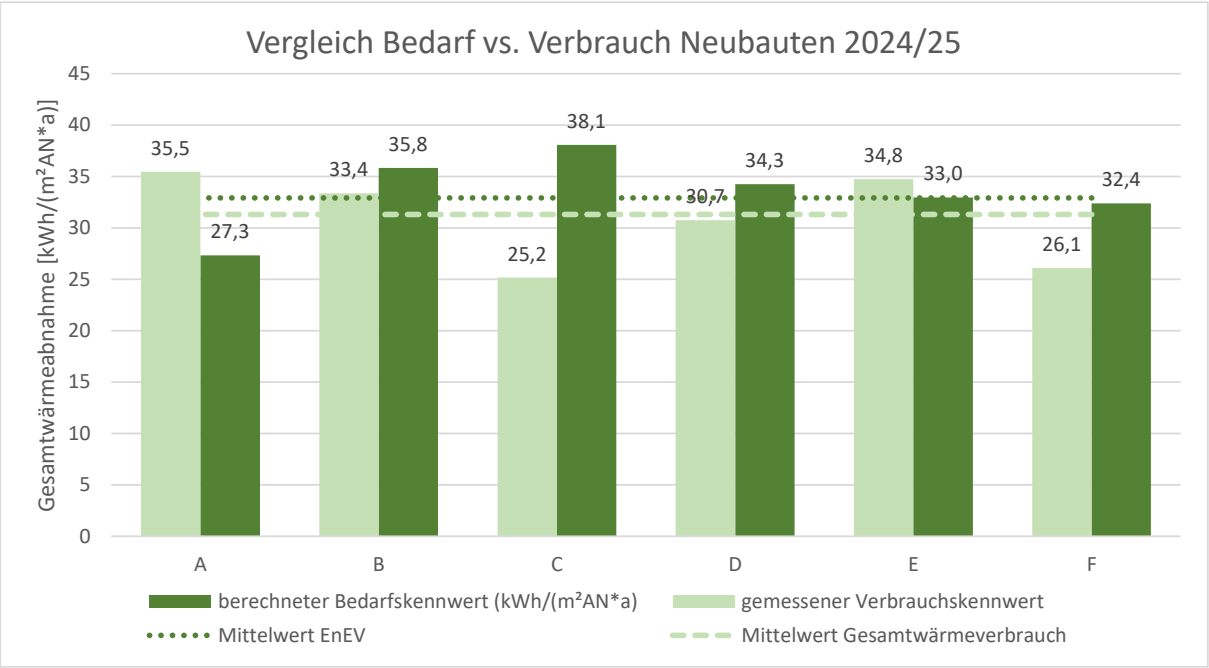

Abb. 6: Verbrauchskennwerte der Neubauten und Bedarfskennwert nach EnEV

Insgesamt wurden 500,3 MWh ins NT-Netz eingespeist, die Verteilverluste lagen bei 20,3 MWh, so dass die Verluste im Jahresmittel bei 4,1 % lagen. Die monatlichen Verluste lagen zwischen ca. 3 % im Winter und 8 % im Sommer (Abb. 7).

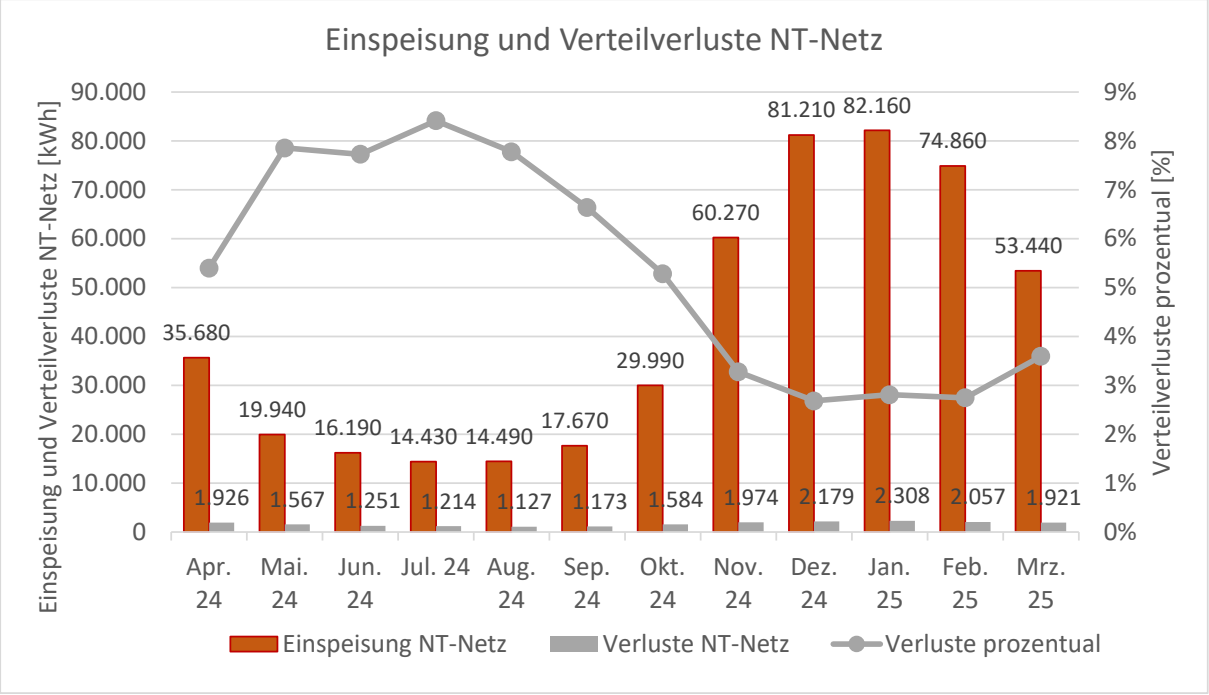

Abb. 7: Einspeisung ins NT-Netz und Verteilverluste

Für das Gesamtquartier ergab sich eine Wärmeabnahme von 1.038 MWh und eine Einspeisung von 1.103 MWh.

Wärmeerzeugung der Wärmepumpen

Die Wärmeerzeugung im Niedertemperaturnetz zur Versorgung der Neubauten erfolgt überwiegend mit zwei Wärmepumpen. Wärmequelle sind die Erdsonden sowie die Einspeisung der Abluft- und Abgas-WRG aus dem BHKW (im Sommer zusätzlich die Abwärme der Temperierung aus den Wohnungen, siehe unten). Die Arbeitszahlen beider Wärmepumpen liegen im Zeitraum von Mitte Juni 2024 bis März 2025 im Mittel bei 4,5 bzw. 4,6 (Abb. 8). Es ist eine saisonale Schwankung bei den zugehörigen Quellentemperaturen zu erkennen, im Sommer liegt die Eingangstemperatur in die Wärmepumpen bei ca. 14 °C, im Winter sinkt sie auf unter 3 °C. Die Senkentemperatur an der Wärmeabgabe in der Heizzentrale ist dagegen ganzjährig nahezu konstant bei 45 °C.

Betrachtet man die tägliche Arbeitszahl in Abhängigkeit der Quelltemperatur im Solenetz (inklusive Regenerationswärme aus BHKW und Temperierung), so zeigen sich einerseits der Einfluss der Quellentemperatur, andererseits auch eine große Spreizung der Arbeitszahlen (Abb. 9). Der Hersteller gibt einen COP von 4,6 bei B0W35 sowie ein SCOP von 6,4 bei W10W35 bzw. 4,7 bei W10W55 an [Hoval]. Die linear gemittelte Quellentemperatur lag im Projekt bei 8,8 °C, die mittelere Senkentemperatur bei ca. 45 °C, so dass die Arbeitszahl unter dem SCOP-Wert liegt (Lineare Interpolation zwischen W10W35 und W10W55: 5,5).

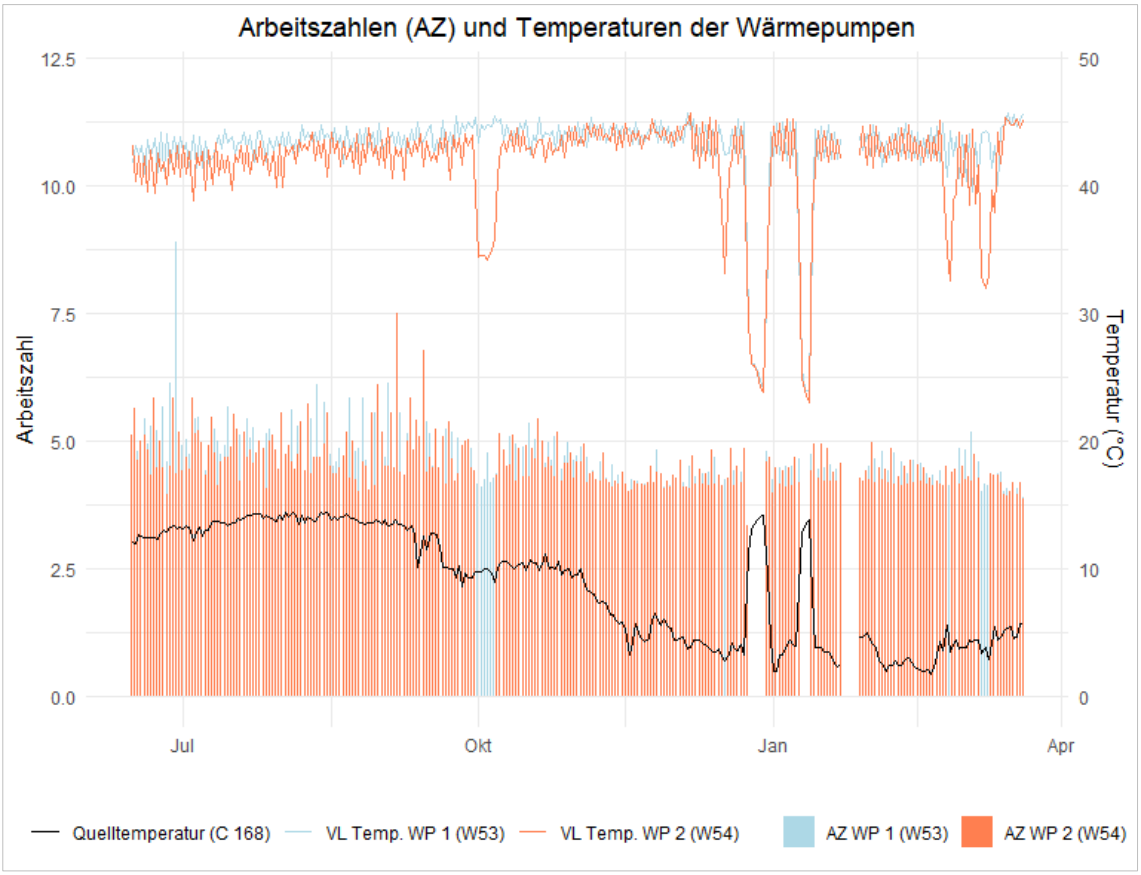

Abb. 8 Verlauf der Arbeitszahlen der Wärmepumpen und Temperaturniveau der Wärmequelle 15.06.2024 – 31.03.2025

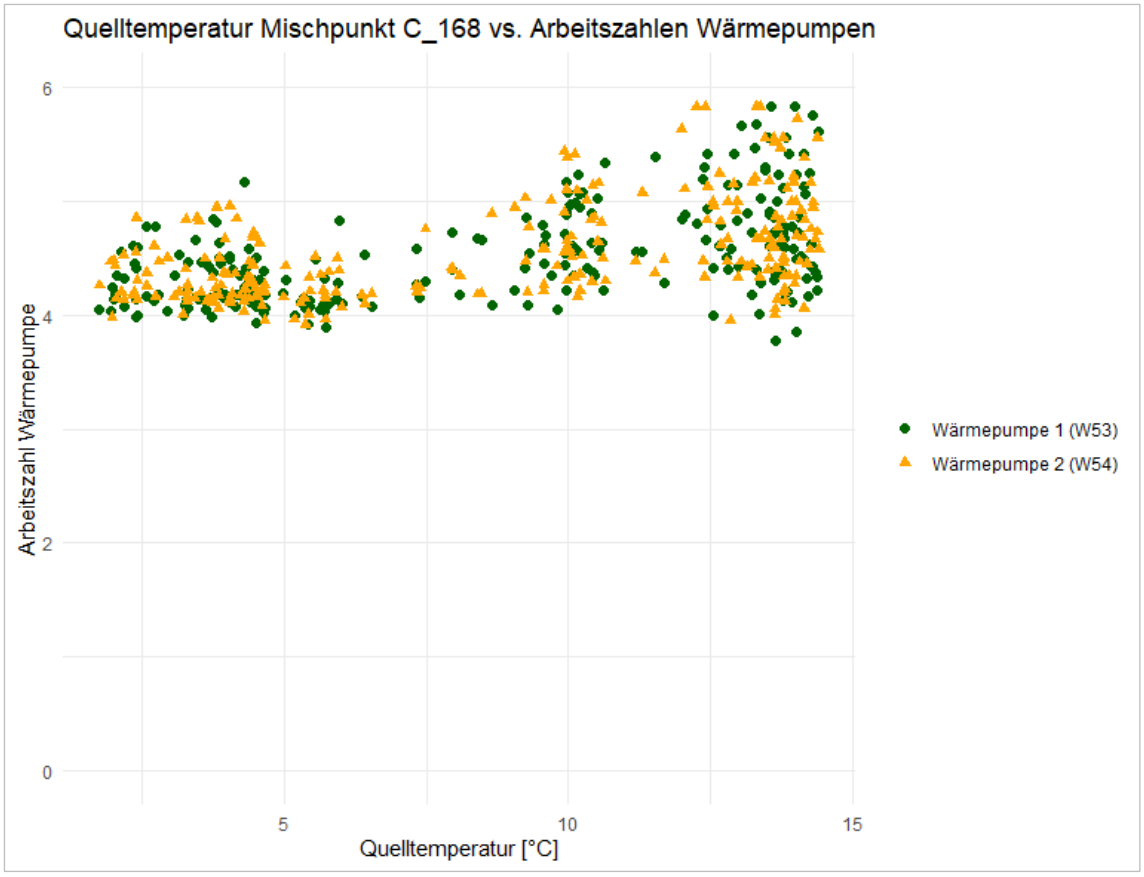

Abb. 9 Arbeitszahlen der beiden Wärmepumpen in Abhängigkeit der Quelltemperatur

Basierend auf den Summen der erzeugten und übergebenen Wärmemenge tragen die Wärmepumpen 83,2 % der benötigten Wärmeenergie zur Versorgung der Neubauten. Sobald die Leistung der Wärmepumpen kein ausreichendes Temperaturniveau erzeugt, wird Wärme aus den Hochtemperaturnetz beigemischt, hauptsächlich im Dezember und Januar. Die Netztemperatur im Niedertemperaturnetz (Neubau) beträgt in der Heizperiode 45/38 °C im Vor- bzw. Rücklauf. Die Stromversorgung der Wärmepumpen erfolgt über den Strom, welcher im BHKW erzeugt wird (das zweite BHKW wurde erst Mitte März 2025 in Betrieb genommen und beeinflusste die Stromerzeugung im dargestellten Zeitraum kaum). Summiert über den betrachteten Zeitraum von 26.07.2024 – 31.03.2025 beträgt die Stromerzeugung des BHKW 185.857 kWh. Im selben Zeitraum wurden für die elektrische Versorgung der Wärmepumpen 80.287 kWh Strom bezogen. Dabei sind die Erzeugung des BHKW und die Abnahme der Wärmepumpen jedoch nicht aufeinander abgestimmt. Demnach kann die Stromversorgung der Wärmepumpen zwar gedeckt werden, jedoch hängt dies vom gleichzeitigen Betrieb der WP und des BHKW ab. Da das BHKW jedoch im Grundlastbetrieb möglichst kontinuierlich betrieben wird, erfolgt die Stromversorgung weitgehend über das BHKW und die Wärmerückgewinnung des BHKW kann weitestgehend zur Unterstützung der Wärmepumpen und zur Regeneration der Erdsondenfelder genutzt werden. Diese Synergieeffekte bei den Wärmequellen führen zu einem effizienten Betrieb der Wärmepumpen und damit zu hohen Arbeitszahlen.

Sondentemperaturen und -regeneration im Jahresverlauf

Die Erdsonden, die Temperierung der Wohnungen, die Abwärme aus dem BHKW und die Wärmepumpen sind über das Kaltnetz miteinander gekoppelt. Unter der Tiefgarage ist das Glykol-Wasser-Kaltnetz verlegt, welches die 23 Erdwärmesonden (EWS) mit den Wärmepumpen der Energiezentrale und mit fünf Übergabestationen (Gebäude B-F) zur Temperierung der Wohneinheiten verbindet. Die Abgas- und Abluftwärmerückgewinnung des BHKW wird ebenfalls an das Netz übergeben.
Der Betrieb des Netzes mit seinen Komponenten kann in verschiedenen Zuständen erfolgen. Der erste Fall unterstützt die Heizungs- und Warmwasserbereitung, indem Erdwärme entzogen und für den Betrieb der Wärmepumpen genutzt wird. Hierbei sind die Erdwärmesonden-Verteiler (EWS-Verteiler) geöffnet, die Verteiler zur Temperierung aber geschlossen. Die weiteren Betriebszustände (außerhalb der Heizperiode) unterscheiden sich je nach Gleichzeitigkeit von Temperierung, Regeneration der Erdsonden und dem Betrieb der Wärmepumpen. Im zweiten Fall sind die Ventile zur Temperierung geöffnet, jedoch die EWS-Verteiler zur Regeneration geschlossen. Dabei können die Wärmepumpen parallel in Betrieb sein. Hierbei findet die Temperierung ohne eine Regeneration der EWS statt. Die letzten beiden Fälle sind definiert über die geöffneten Ventile zur Temperierung und die der EWS-Verteiler. Es findet gleichzeitig Temperierung und Regeneration statt. Auch hierbei können die Wärmepumpen parallel betrieben werden. Die Temperaturen der Sole steigen im Sommer bis auf 15 °C und im Winter fallen die Soletemperaturen auf 4 - 6 °C (Abb. 10).

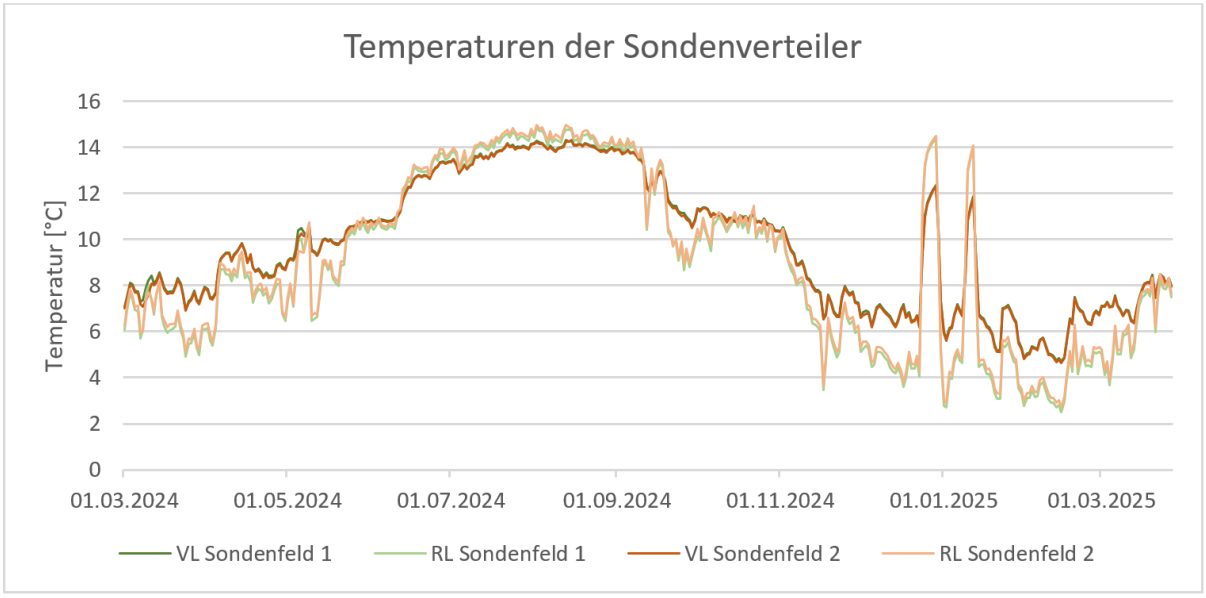

Abb. 10: Temperaturverlauf an den Sondenköpfen (Tagesmittelwerte)

Abb. 11 zeigt den zeitlichen Verlauf der übertragenen Wärmemenge der zwei Sondenverteiler im Jahresverlauf. Im Frühjahr 2024 ist eine überwiegend positive Energiebilanz zu erkennen, was eine Wärmeentnahme aus dem Erdreich bedeutet. In den Sommermonaten (etwa Juni bis August 2024) kehrt sich dies um. Die Wärmemenge wird negativ, Wärme wird in das Erdreich eingespeichert. Ab dem

Herbst 2024, mit dem Start des Heizbetriebs, steigt die übertragene Wärmemenge deutlich an. Insgesamt verlaufen die Kurven beider Sondenfelder weitgehend parallel, wobei Sondenfeld 1 (grüne Linie) tendenziell leicht höhere Energiemengen aufweist als Sondenfeld 2 (orange Linie). Im Dezember 2024 waren die Wärmepumpen aufgrund einer Störung einige Tage ausgefallen. In dieser Zeit wurde wieder Abwärme aus dem BHKW ins Erdreich eingespeist.

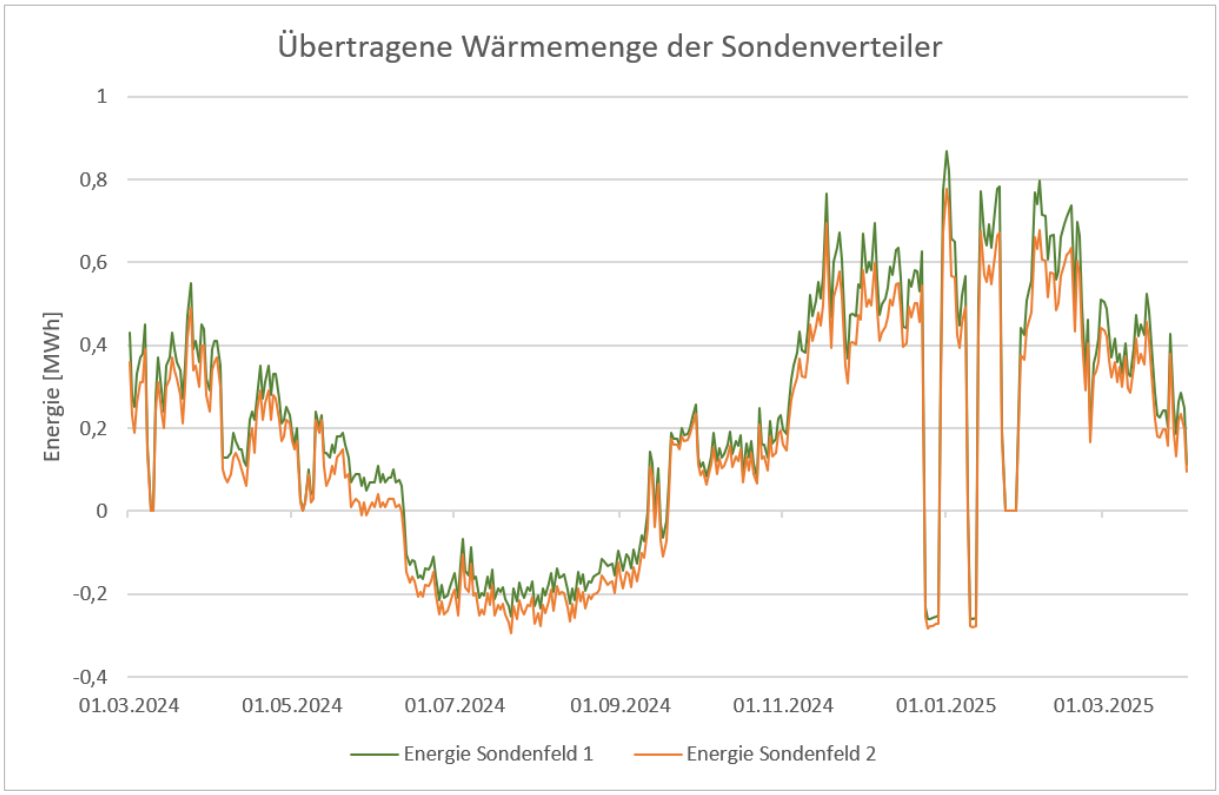

Abb. 11: Energieflüsse an den Sondenköpfen mit Entnahme und Regeneration

Der bergrechtlichen Genehmigung folgend darf eine maximale Wärmemenge von 119.000 kWh/a aus den Erdsonden entzogen werden. Dabei sollte die maximale Entzugsleistung 92 kW nicht überschreiten. In einem Jahr, also vom April 2024 bis März 2025, betragen die übertragenen Wärmemengen der Erdsonden 53.770 kWh (W55) und 31.398 kWh (W56). Somit ist die geplante Bilanz der entzogenen und regenerierten Wärmemenge nicht überschritten.

BHWK-Betrieb

Die Temperaturen des Hochtemperaturnetzes zur Wärmeversorgung der Bestandsbauten liegen im VL / RL bei 75/55 °C und damit etwas über den Auslegungsbedingungen. Dabei erfolgt die Wärmeversorgung der Gebäude aus der Heizzentrale, die Warmwasserbereitung erfolgt in den Unterzentralen der einzelnen Gebäude. Zur Heizwärmeversorgung stehen zwei Blockheizkraftwerke (BHKW, Comuna-Metall 50 kW_{el} Und 90 kW_{th}) mit Wärmerückgewinnung aus Abgas und Abluft und zwei Spitzenlastkessel (Hoval Ultragas, 230 kW_{th} bei 80/60°C) zur Verfügung. Der Gesamt-Wirkungsgrad des BHKW liegt bei 0,86 (inkl. Regenerationsenergie). In den

Sommermonaten reicht der Betrieb der BHKWs ohne die Spitzenlastkessel zur Wärmeversorgung aus. Treten höhere Heizlasten auf, werden die Kessel ergänzend betrieben, jedoch ist das Ziel einen möglichst hohen Anteil der Grundlast über die BHKWs abzudecken (Abb. 12).

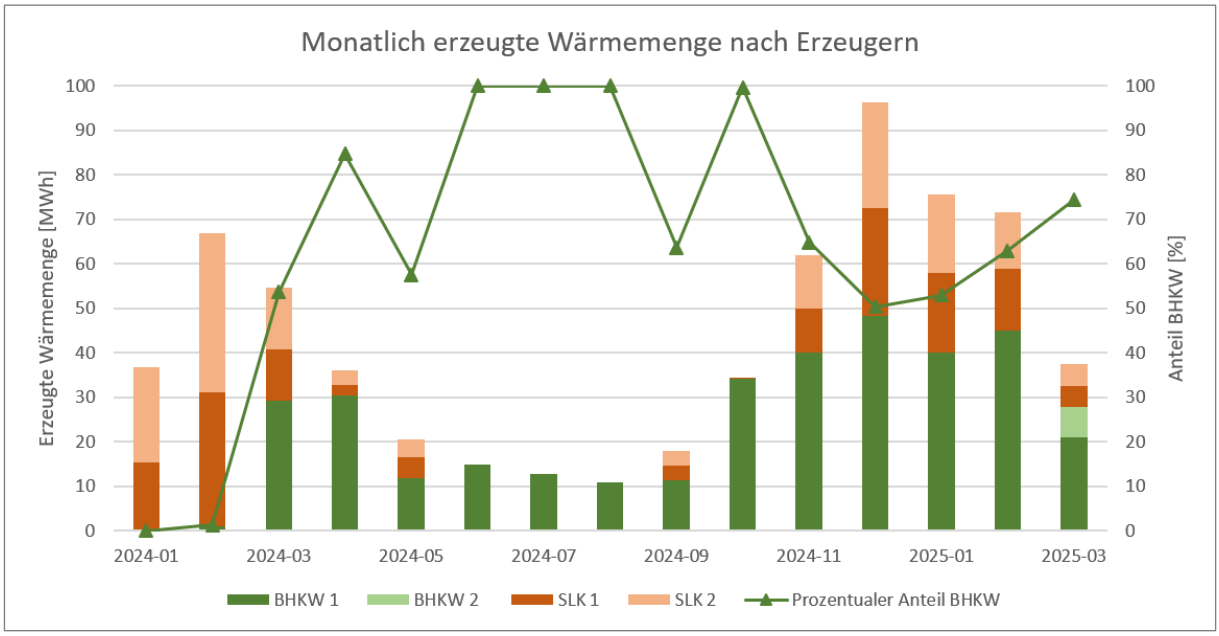

Abb. 12: Monatliche Energieerzeugung im Hochtemperaturnetz und Deckungsgrad der BHKW

Insgesamt liegt der Anteil der bereitgestellten Wärme über die BHKWs aktuell bei 55 %. Dieser steigt im Jahr 2025 voraussichtlich an, da erst im März 2025 das zweite BHKW in Betrieb genommen wurde.

Einfluss der Fußbodentemperierung im Sommer

Im Sommer 2024 konnte bei drei der fünf Gebäude die Fußbodentemperierung in Betrieb genommen werden. Die Raumthermostate werden hierbei zentral von Winter- auf Sommerbetrieb umgeschaltet und geben den Volumenstrom über die Fußbodenheizkreise frei. Die Mieter können die Fußbodentemperierung nutzen (ein/aus), aber nicht individuell regeln. Die Temperierung war im Jahr 2024 im Zeitraum zwischen 12.06. und 19.09. grundsätzlich in Betrieb.

Die Vorlauftemperaturen im Temperierbetrieb lagen bei Gebäude D und E im Tagesmittel bei ca. 19 °C und bei Gebäude F zwischen 20 und 21 °C. Die Temperaturspreizung erreichte im Monatsmittel nur 1,5 bis 2,0 K, maximal wurden 2,7 K erreicht (Abb. 13). Ursachen können der vergleichsweise kühle Sommer sein aber auch, dass die Temperierung nicht in allen Wohnungen genutzt wurde. Außerdem zeigte sich bei der Auswertung der Volumenströme, dass die Temperierung nicht kontinuierlich über den Tag in Betrieb war, sondern auch in den heißen Mittags- und Abendstunden immer wieder zentral abgeschaltet wurde, die Gründe dafür werden noch analysiert. In Gebäude D war die Temperierung ab dem 21.08. abgeschaltet, was sich einerseits an dem Anstieg der Vorlauftemperatur zeigt, andererseits auch an den

Raumtemperaturen, die danach deutlich angestiegen sind. Abb. 14 zeigt für je zwei Dachgeschosswohnungen in D und F die mittleren Raumtemperaturen. In Wohnung F_WE2 war die Temperierung über den gesamten Sommer nicht in Betrieb, die Raumtemperaturen lagen bei ca. 26,5 °C, die Nachbarwohnung erreichte mit Temperierung 23,5 °C. In Gebäude D war die Temperierung in beiden Wohnungen in Betrieb, in einer der Wohnungen wurden ca. 23 °C gemessen, in der anderen über 27 °C. Das zeigt, dass neben dem Vorhandensein der Temperierung auch das individuelle Nutzerverhalten (Lüftung, Verschattung) eine wesentliche Rolle bei den sommerlichen Temperaturen spielt.

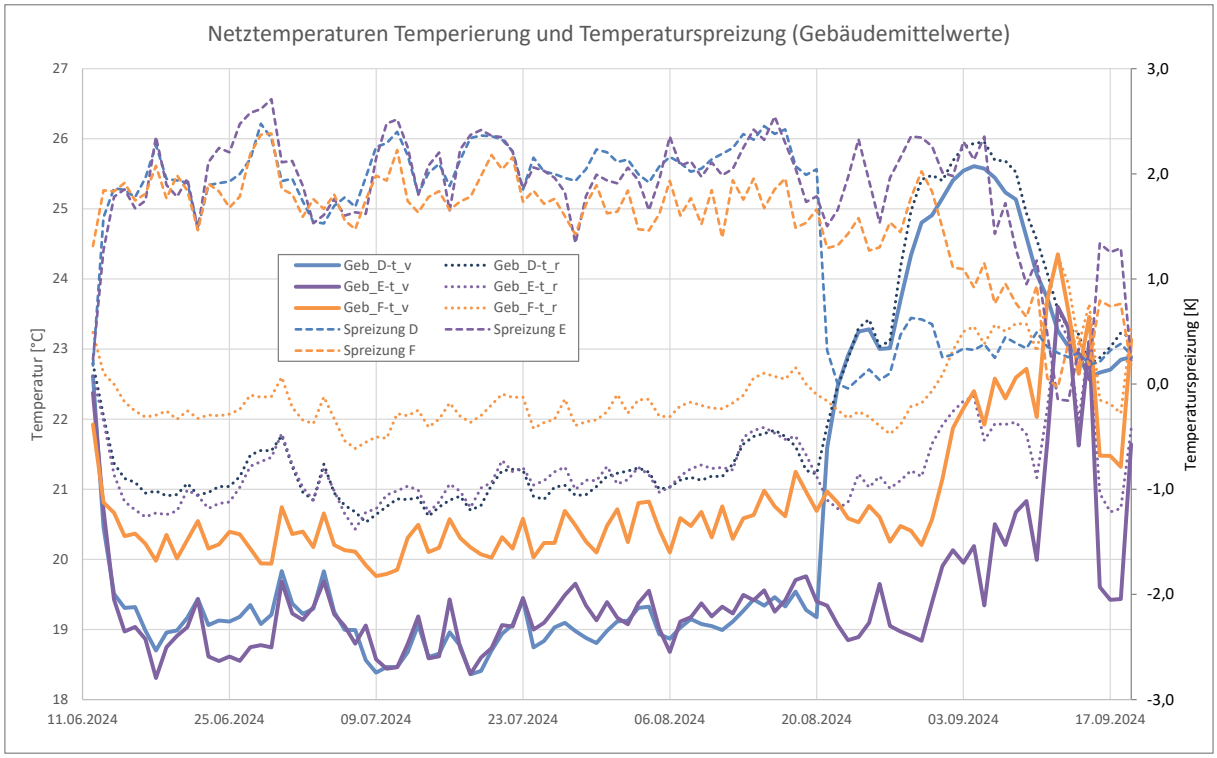

Abb. 13: Netztemperaturen bei Temperierung und Temperaturspreizungen der Gebäude D, E, F (gebäudemittelwerte)

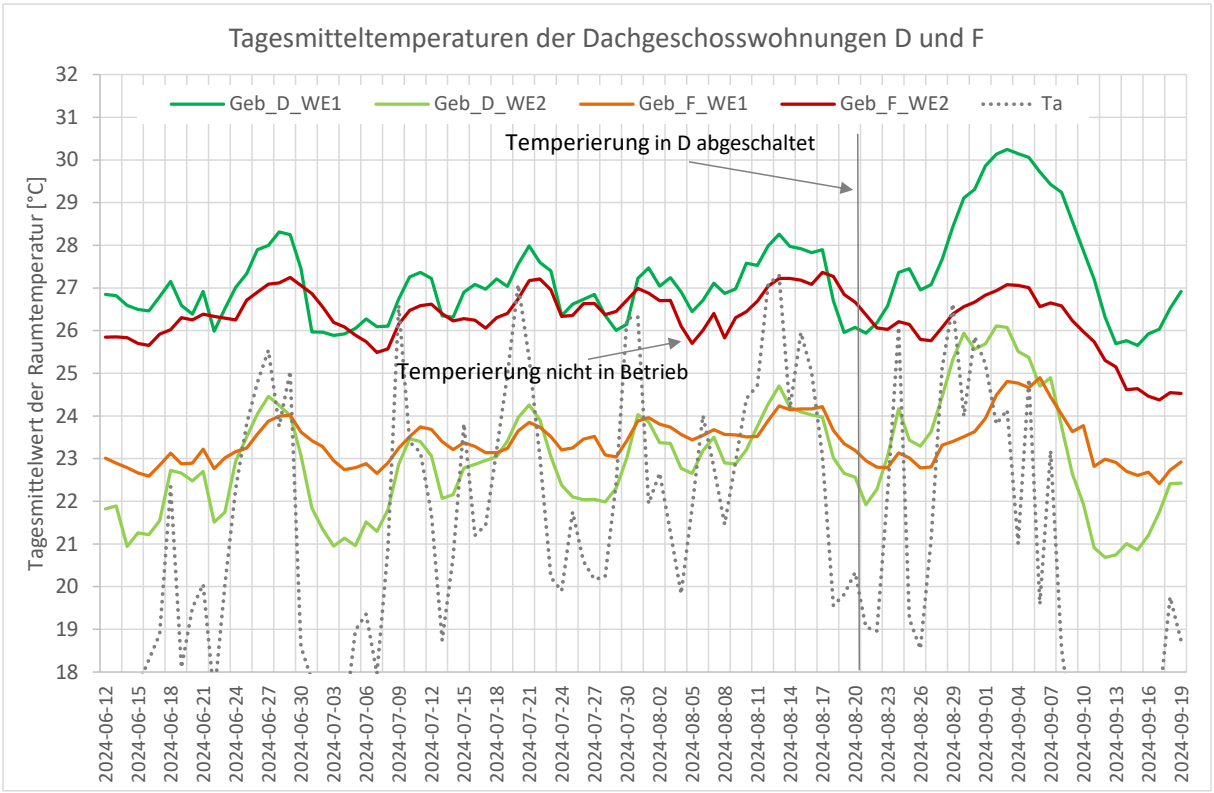

Abb. 14: Tagesmittelwerte der Raumtemperaturen in den Dachgeschosswohnungen Gebäude D und F während der Temperierphase

Im betrachteten Zeitraum wurden im Gebäude D ca. 8.500 kWh, in E 13.100 kWh und in F 15.500 kWh Energie in den Solekreis zur Regenerierung der Erdwärmesonden sowie als Wärmequelle für die Wärmepumpen eingespeist, in Summe 36.500 kWh was 23 % der gesamten Regenerierenergie entspricht (BHKW 117.166 kWh, Temperierung 36.500 kWh). Wenn die Temperierung in allen Gebäuden in Betrieb ist, kann der Anteil aus der Temperierung noch deutlich ansteigen.

Erfahrungen Inbetriebnahme

Nach der Inbetriebnahme der Anlagentechnik ist es wichtig die angestrebten Betriebszustände zu überprüfen und gegebenenfalls nachzujustieren. Im vorliegenden Projekt waren nach Inbetriebnahme die Volumenströme häufig zu hoch, so dass nur geringe Temperaturspreizungen vorhanden waren. Dies wurde in den ersten Monaten angepasst. Außerdem zeigte sich eine Undichtigkeit des Ventils zur Einspeisung vom HT- ins NT-Netz. Hierdurch wird im einstelligen Prozentbereich Wärme zusätzlich fossil bereitgestellt, die mit den Wärmepumpen erzeugt werden könnte.

Zusammenfassung und Ausblick

In der SWIVT-Siedlung in Darmstadt werden 131 Wohneinheiten, eine Kita und eine Schulbetreuung im Neubau sowie 96 Bestandswohnungen gemeinsam mit Wärme versorgt. Die Neubauten wurden sehr energieeffizient errichtet und erreichen im Mittel die Planwerte beim Wärmeverbrauch. Bei den Bestandsgebäuden konnte der Wärmebedarf durch Änderung der Wärmeversorgung und Dämmung von Keller- und

oberster Geschossdecke um ca. ein Viertel reduziert werden. Die ersten Auswertungen des Intensivmonitorings zeigen eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von ca. 4,5 sowie einen positiven Effekt durch die Regeneration der Erdwärmesonden durch BHKW-Abwärme und Fußbodentemperierung in den Wohnungen. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf bei der Fußbodentemperierung liegt mit ca. 2 K vergleichsweise niedrig und könnte durch eine Anpassung der Volumenströme noch gesteigert werden.
Das BHKW, das die Bestandsgebäude versorgt, erreicht einen Deckungsanteil von 55 %. Mit dem zweiten BHKW, welches Mitte März 2025 in Betrieb gegangen ist, soll der Anteil der Erdgas-Spitzenlastkessel weiter reduziert werden. Der Stromverbrauch der Wärmepumpen kann bilanziell komplett über die Stromerzeugung der BHKW gedeckt werden.
Im weiteren Projektverlauf werden die Betriebsdaten der Anlagentechnik im Detail analysiert und Optimierungen vorgeschlagen. Außerdem soll der SWIVT-Controller (Projekt B-SWIVT) in Betrieb genommen und damit automatisiert optimale Betriebsstrategien für die Anlagentechnik berechnet werden. In einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung werden im Sommer 2025 außerdem die Mieter zur Zufriedenheit mit dem sommerlichen Komfort und den unterschiedlichen Konzepten zum sommerlichen Wärmeschutz (Fußbodentemperierung, Fassadenbegrünung, Fassaden-PV) befragt.

Literatur

[EnEV] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), nichtamtliche Lesefassung, Stand 28. Oktober 2015.

[Hoval] Herstellerunterlagen Hoval Thermalia dual 70. Hoval GmbH, Aschheim-Dornach

[PHI 2015] Zertifizierte Passivhaus Komponente: Duschwasser-WRG ECOShower 900 von Wagner Solar. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2015

[SWIVT II 2023] SWIVT II. Umsetzungsphase zu Siedlungsbausteinen für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien. Endbericht. TU Darmstadt, Universität Stuttgart, Bauverein AG, ENTEGA AG. Darmstadt, 20.12.2023

Danksagung

Die Autoren möchten sich ausdrücklich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Förderung des Projektes M-SWIVT bedanken (FKZ: 03EN3028). Weiterer Dank geht an die Kooperationspartner in den Projekten SWIVT II (FKZ 03ET1545) und B-SWIVT (FKZ 03EN3090), namentlich die bauverein AG, Darmstadt, TU Darmstadt, Entega AG, Darmstadt und HessenEnergie, Wiesbaden.
Die Verantwortung für die Inhalte dieser Veröffentlichung liegt allein bei den Autoren.