EFFIZIENZ VON DUSCHWASSER-WÄRMERÜCKGEWINNUNG IN MEHRFAMILIENHÄUSERN

Marc Großklos[1], Anna-Lena Fiedler[1]
[1] *Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, E-Mail: m.grossklos@iwu.de*

Kurzfassung

Der Beitrag untersucht die Messergebnisse des Jahres 2025 aus vier Wohnungen mit unbalanciert betriebener Duschwasser-Wärmerückgewinnung (DWRG) in Mehrfamilienhäusern. Die mittleren Zapftemperaturen lagen zwischen 32 und 40 °C und etwa die Hälfte des Zapfvolumens floss über die DWRG, die zu einer Vorerwärmung des Kaltwassers zwischen 4 und 7 K führte. Der Wirkungsgrad der DWRG erreichte Werte zwischen 24 und 34 % und lag unter den Herstellerangaben für den balancierten Betrieb. Mit Hilfe der DWRG konnten zwischen 0,8 und 1,9 kWh/(m²*a) an Wärme für die Warmwasserbereitung zurückgewonnen werden.

Der in der Frischwasserstation eingebaute Durchlauferhitzer kann bei hohem Warmwasserverbrauch zu nennenswerten Stromkosten führen.

Abstract

This study examines measurement results from 2025 in four apartments with unbalanced shower water heat recovery (SWHR) systems in multi-family buildings. Average tap temperatures ranged from 32 to 40 °C, and approximately half of the tap volume flowed through the SWHR, resulting in a preheating of the cold water by 4 to 7 K. The SWHR efficiency reached values between 24 and 34 %, which was below the manufacturer's specifications for balanced operation. The SWHR recovered between 0.8 and 1.9 kWh/(m²*yr) of heat for domestic hot water preparation.

The instantaneous water heater installed in the fresh water station can lead to significant electricity costs if hot water consumption is high.

Einleitung

Für die Warmwasserbereitung in privaten Haushalten werden pro Jahr zwischen 10 (EFH) und über 30 kWh/(m²*a) (MFH) Wärme benötigt (Hasper 2015). Zur Minimierung dieses Energieaufwands können neben Wasserspararmaturen, einer effizienten Bereitstellung der Wärme und der Minimierung der Verteilverluste auch die Rückgewinnung der im Duschabwasser enthaltenen Wärme eingesetzt werden. Solche Duschwasser-Wärmerückgewinnungen (DWRG) bieten sich besonders im Neubau oder bei grundlegenden Sanierungen an.

Bei einer DWRG wird ein Teil der Wärme des genutzten Duschwassers über einen Wärmetauscher an das kalte Zulaufwasser übertragen. Es sind unterschiedliche hydraulische Einbindungen möglich: entweder wird der gesamte Wasserzulauf vor der Erwärmung auf Zieltemperatur vorerwärmt (balanciertes System) oder lediglich der an der Mischbatterie zugemischte Kaltwasser-Teilstrom (unbalanciertes System). Die DWRG kann vertikal (effizienter) oder horizontal (leichter zu integrieren – besonders im Mehrfamilienhaus) montiert werden.

Im vorliegenden Beitrag werden Messdaten von vier Wohnungen in Mehrfamilienhäusern mit DWRG ausgewertet und interpretiert.

Abbildung 1: Ansicht der untersuchten Neubauten

Bauvorhaben

Die vier Wohnungen befinden sich in zwei von insgesamt sechs Neubau-Mehrfamilienhäusern (insgesamt 131 Wohnungen), die alle mit DWRG ausgestattet wurden (siehe Abbildung 1). Die Gebäude sind Teil eines integrierten Quartiers aus 12 Bestandsgebäuden (96 WE) und den sechs Neubauten, die aus einer gekoppelten Heizzentrale mit Wärme versorgt werden (siehe Großklos/Fiedler 2025). Die Neubauten werden hauptsächlich über ein Nahwärmenetz aus zwei Erdreich-Wärmepumpen versorgt, denen 23

Sonden (à 120m Teufe) als Wärmequelle zur Verfügung stehen. Jeder Neubau besitzt eine Unterzentrale mit Pufferspeicher, von der aus die Heizkreise sowie die Frischwasserstationen (FriWa) in den Wohnungen versorgt werden (ein Gebäude als 2-Leiter-Netz, alle anderen als 4-Leiter-Netz). Die Warmwasserbereitung erfolgt im Durchflussprinzip direkt in der Wohnung. Die Vorlauftemperatur beträgt ganzjährig 43 °C, um eine hohe Effizienz der Wärmepumpen zu erreichen. Da dieses Temperaturniveau nicht für die angestrebte Zapftemperatur von 50 °C ausreicht, ist in die FriWa ein elektrischer Durchlauferhitzer (DLE) mit 11 bzw. 13 kW integriert, der den verbleibenden Temperaturhub bereitzustellt. In jeder Dusche ist eine horizontale DWRG in der Duschtasse vorhanden, um einen Teil der Abwärme nutzen zu können (Abbildung 2). Der Ausgang der DWRG ist an den Kaltwasseranschluss der Mischarmatur der Dusche angeschlossen und wird unbalanciert betrieben. Neben der Dusche werden auch die Waschbecken in Bad und Küche aus der FriWa mit DLE versorgt, diese sind aber nicht Bestandteil des im Folgenden beschriebenen Monitorings.

Abbildung 2: DWRG nach der Montage (links) und Dusche nach Fertigstellung (rechts)

Messdatenerfassung und -auswertung

In vier Wohnungen (je 3-Zi., Küche, Bad mit Dusche - zwischen 65 und 81 m² beheizte Wohnfläche) wurden in der Bauphase Sensoren montiert, um Aussagen zur Effizienz der DWRG treffen zu können (Abbildung 3). Gemessen wurden der Volumenstrom nach FriWa/DLE (V_1) sowie nach DWRG (V_2), die Temperaturen an den entsprechenden Messpunkten (T_1, T_2), die Kaltwassertemperatur im Zulauf der DWRG (T_3) sowie der DLE-Stromverbrauch E_{DLE}.

Die Zapftemperatur T_{Zapf} konnte nicht direkt gemessen werden und wird aus den Mischtemperaturen berechnet:

$$T_{Zapf} = \frac{(V_1 * T_1) + (V_2 * T_2)}{(V_1 + V_2)} \qquad (1)$$

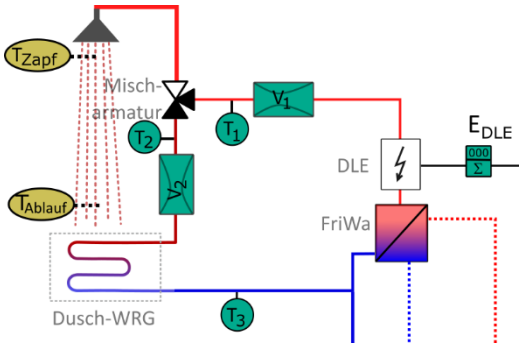

Abbildung 3: Messschema DWRG mit ausgewerteten Sensoren (grün)

Die Ablauftemperatur T_{Ablauf} in der Duschtasse wird mit T_{Zapf} – 5 K abgeschätzt (siehe Vavřička et al. 2022).

Der Wirkungsgrad der DWRG η_{WRG} ergibt sich bei Vernachlässigung der Verluste durch Verdunstung für unbalancierte Systeme zu:

$$\eta_{WRG} = \frac{V_2 * \varrho * c_p * (T_2 - T_3)}{(V_1 + V_2) * \varrho * c_p * (T_{Ablauf} - T_3)} \qquad (2)$$

Für die Durchflussmessung nach dem Prinzip der Kármánschen Wirbelstrasse gibt der Hersteller bis zu einem Zapfvolumenstrom von 16 l/min eine maximale Messabweichung von 1 % an. Die Temperaturen wurden mit PT1000 DIN Kl. B (± (0,3 + 0,005 * |t|) °C) gemessen, für den Messwandler liegt die Messunsicherheit bei 0,1 %.

Die Sensoren werden sekündlich per Modbus abgetastet. Wenn ein Durchfluss erfasst wird, beginnt für die Dauer der Zapfung die Mittelung der Temperaturen. Die Mittelwerte werden alle 15 min an die Messdatenbank übertragen. Die Messdaten wurden für den Zeitraum zwischen Mai 2024 und Ende Dezember 2025 erfasst und im Folgenden für Zapfereignisse >10 l für das Jahr 2025 ausgewertet.

Messergebnisse

Temperaturen

Die mittleren monatlichen Kaltwassertemperaturen T_3 schwanken im Jahresverlauf zwischen 11,8 und 19,5 °C, im Jahresmittel werden Werte um 15 °C erreicht (Tabelle 1), zusätzlich ist ein Einfluss der Lage der Wohnung im Mehrfamilienhaus (ca. 1 K) sowie der Zapfhäufigkeit in anderen Wohnungen vorhanden.

Die Temperaturen T_1 nach FriWa und DLE werden – wie zu erwarten – im Monatsmittel konstant gehalten, allerdings ergeben sich Unterschiede zwischen den Wohnungen, da die DLE je nach Lage im Gebäude und der jeweiligen Wohnungsgröße unterschiedlich voreingestellt wurden. Die Werte liegen zwischen 52 und 60 °C und werden zuverlässig erreicht.

Tabelle 1: Mittlere Temperaturen in [°C] im Jahr 2025

	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4
T_1	52,0	55,2	55,9	60,0
T_2	19,0	18,8	21,5	20,0
T_3	15,0	14,3	14,8	15,4
T_2-T_3	4,0	4,6	6,7	4,7
T_{ZAPF}	32,3	35,4	39,0	39,6

Die Zapftemperaturen werden an den Mischarmaturen individuell eingestellt und variieren nicht nur zwischen den Wohnungen, sondern vermutlich auch zwischen den einzelnen Nutzern einer Wohnung. In der vorliegenden Darstellung werden diese Nutzer jedoch zusammengefasst betrachtet. Bei WE1 liegen die Zapftemperaturen mit Werten zwischen 28 °C im Winter und 35 °C im Sommer niedriger als erwartet (Jahresmittelwert 2025: 32,3 °C). In WE3 und WE4 liegt der Mittelwert bei ca. 39 °C, bei WE2 bei 35,4 °C.

Zapfvolumina

Die Nutzung der Dusche in den Wohnungen erfolgte unterschiedlich: in zwei Wohnungen wurde 2025 im Mittel 0,9 bzw. 1,2 Mal pro Tag eine Zapfung erfasst, in einer Wohnung 1,8 und in einer 3,3 Mal. In zwei Wohnungen wird hauptsächlich morgens zwischen 8 und 9 Uhr und teilweise nochmal in den Abendstunden geduscht, in den anderen beiden ungefähr gleichmäßig ab 12 Uhr über den Tag verteilt. Die mittleren Zapfvolumina lagen bei zwei Wohnungen bei 36,5 l, in den anderen Wohnungen bei 63,0 bzw. 72,3 l (Tabelle 2). Das Volumen über die DWRG liegt im Jahresmittel etwa bei 50 % des Zapfvolumens.

Tabelle 2: Mittlere Volumina je Zapfung in [Liter] im Jahr 2025

	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4
V_1	14,8	16,7	36,9	31,0
V_2	21,7	19,9	35,4	32,1
V_{ZAPF}	36,5	36,5	72,3	63,0

Der Durchfluss V_1 über FriWa/DLE lag bei WE1 und WE2 bei ca. 15 l/Zapfung, bei WE3 und WE4 bei 31 bzw. 37 l/Zapfung. Hinzu kam das Volumen V_2 über die DWRG mit ca. 20 l/Zapfung (WE 1, WE2) bzw. 34 l/Zapfung (WE3, WE4).

Elektrische Nacherwärmung

Der Stromverbrauch für die elektrische Nacherwärmung lag zwischen 0,42 kWh (WE1) und 0,75 kWh je Duschvorgang (WE3, WE4). Insgesamt ergaben sich Jahresverbräuche von 206 kWh bis 499 kWh für das Duschen in den Wohnungen (Tabelle 3). Die Gesamtstromverbräuche für die WW-Nacherwärmung lagen zwischen 463 und 1427 kWh/a, der Anteil der Dusche lag somit zwischen 34 und 81 %.

Tabelle 3: Stromverbräuche DLE je Zapfung bzw. im Jahr 2025 in [kWh] sowie Anteil Dusche am Gesamtstromverbrauch für WW in [%]

	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4
je Zapfung	0,42	0,47	0,75	0,75
nur Dusche	499	206	250	494
DLE gesamt	1427	615	463	609
Anteil Dusche an Strom DLE	35 %	34 %	54 %	81 %

Auswertung und Diskussion der Messergebnisse

Wirkungsgrad der DWRG

Der Wirkungsgrad η_{WRG} der DWRG wurde mit den Messdaten aus Gleichung (2) berechnet und lag im Jahresmittel zwischen 24 und 34 % (Tabelle 4). Die Ergebnisse werden bei WE1 und WE2 stark durch die Zapfmenge beeinflusst, wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Bei kleinen Zapfmengen ist die Steuung groß und die berechneten Wirkungsgrade sind teilweise sehr hoch, was u. a. mit den Badezimmertemperaturen zu erklären ist, die deutlich über der Kaltwassertemperatur liegen, so dass die DWRG nach einer Stillstandsphase mit ihrer Masse bereits auf eine höhere Temperatur vorerwärmt ist. Steigt das Zapfvolumen an, so liegen die Wirkungsgrade bei allen Wohnungen in einem Korridor zwischen 20 und 40 %.

Tabelle 4: Wirkungs- und Deckungsgrade der DWRG am Gesamtwärmeverbrauch im Jahr 2025 in [%]

	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4
η_{WRG}	33,1	32,3	34,2	23,9
Deckungsgrad	14,1	13,0	13,5	9,7

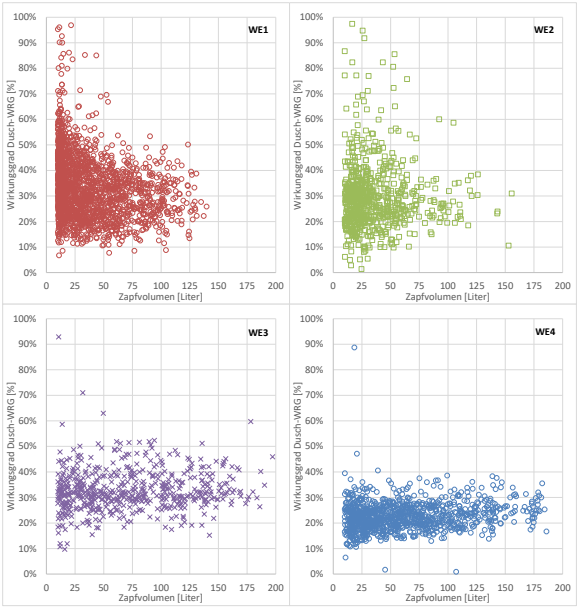

Abbildung 4: Wirkungsgrade der DWRG in Abhängigkeit des Zapfvolumens

Der Einfluss der Zapftemperatur auf den Wirkungsgrad ist in Abbildung 5 dargestellt. Bei WE1 und WE2, die nur etwa halb so hohe mittlere Zapfmengen aufweisen wie WE3 und WE4, ist ein Einfluss der Zapftemperatur erkennbar – auch begründet durch die vergleichsweise niedrigen Zapftemperaturen bis hinunter auf 25 °C. Bei WE3 und WE4 ist dieser Einfluss nicht erkennbar – hier fällt aber auch die Streuung der Zapftemperaturen deutlich geringer aus.

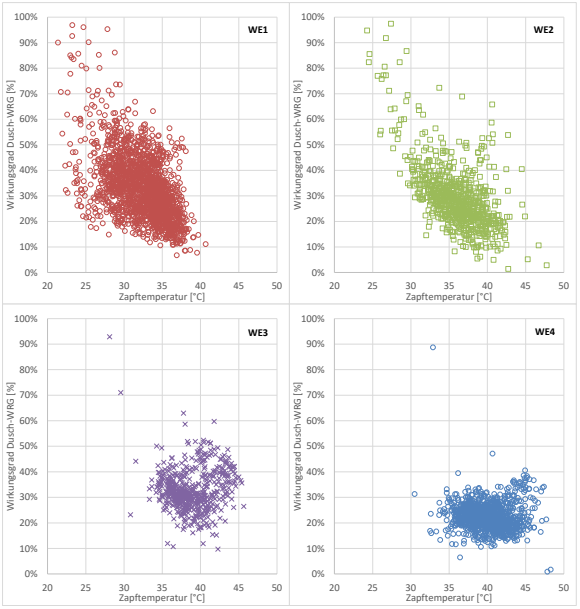

Abbildung 5: Wirkungsgrade der DWRG in Abhängigkeit der Zapftemperatur

Im Jahresverlauf schwankten die Wirkungsgrade in den Wohnungen um wenige Prozentpunkte, ein klarer Einfluss der Jahreszeit (bzw. der Kaltwassertemperatur) ist aber nicht zu erkennen. Hier scheinen Faktoren wie Anwesenheit der Bewohner und Schwankungen im Duschverhalten einen Einfluss zu haben.

Die Herstellerangaben zum Wirkungsgrad liegen für die untersuchten Duschrinnen bei 49,1 % (Wagner 2015), in der Zertifizierung des Passivhaus Institut werden 54 % genannt (PHI). Beide Angaben beziehen sich auf den stationären Zustand für balancierte Systeme bei einem Nennvolumenstrom von 9,6 bzw. 8 l/min und 40 °C Zapftemperatur. In den untersuchten Wohnungen wird die DWRG jedoch nicht balanciert eingesetzt. Der Nennvolumenstrom der Brausen wurde vor Vermietung gemessen und lag zwischen 8 und 10 l/min für maximale Warmwassertemperatur und bei 10 bzw. 13 l/min bei Kaltwassereinstellung an der Mischarmatur (Tabelle 5). Somit kann der Volumenstrom in der Größenordnung der Herstellervorgaben liegen, wenn dies von den Mietern genutzt wird.

Tabelle 5: Maximale Zapfvolumenströmen an der Duschbrause in [l/min]

	WE 1	**WE 2**	**WE 3**	**WE 4**
$\dot{V}kalt$ an V_1	13,8	10,8	10,3	10,6
$\dot{V}warm$ an V_1	9,6	7,9	8,4	10,3

In WE3 und WE4 liegen die Zapftemperaturen in der Größenordnung von 40 °C, so wie in der Zertifizierung angegeben. In den Zertifizierungskriterien (siehe PHI 2020) wird eine Berechnung des Wirkungsgrades aus den letzten 20 Sekunden einer 6 bis 8 minütigen Messung empfohlen, was von realen Duschvorgängen deutlich abweicht. Somit ist es plausibel, dass unbalancierter Betrieb und instationäre Zustände beim Duschen hauptsächlich für die Unterschiede beim Wirkungsgrad der DWRG verantwortlich sind.

Energieeinsparung durch die DWRG

Die DWRG konnte im Jahresmittel zwischen 10 und 14 % der Gesamtwärme für die Warmwasserbereitung zur Verfügung stellen (Tabelle 4). Abbildung 7 zeigt den Deckungsgrad der WRG in Abhängigkeit des Zapfvolumens.

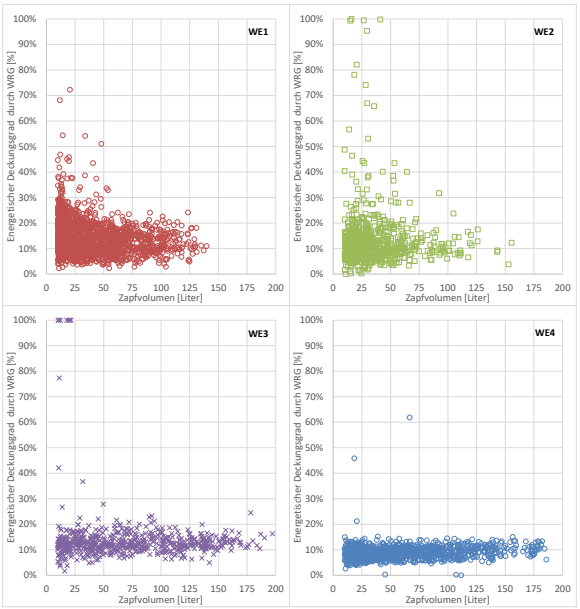

Abbildung 7: Energetische Deckungsgrade der DWRG in Abhängigkeit des Zapfvolumens

Durch die DWRG konnten in den Wohnungen beim Duschen zwischen 0,8 und 1,9 kWh/(m²*a) an Wärme zurückgewonnen und genutzt werden (Tabelle 6), absolut lagen die Werte zwischen 51 und 123 kWh/a.

*Tabelle 6: Energieeinsparung durch die DWRG im Jahr 2025 [kWh/(m²*a)]*

	WE 1	**WE 2**	**WE 3**	**WE 4**
Q_{DWRG}	1,9	0,8	1,1	1,4

Investitionskosten für die DWRG

In den Gebäuden wurden zwei Varianten der DWRG mit unterschiedlichen Längen eingesetzt. Die Investitionskosten lagen brutto inklusive Montage zwischen 1.405 und 1.559 €/Stk. Gegebenenfalls anfallende weitere Kosten für Installation (z. B. zusätzliche Leitungsverlegung) konnten nicht differenziert werden und sind aus diesem Grund nicht in den oben genannten Werten enthalten.

Stromkosten für die Nacherwärmung

Für die elektrische Nacherwärmung in den Wohnungen entstehen den Mietern Stromkosten. Setzt man den mittleren Strompreis für Haushalte im September 2025 (BDEW 2025) von 39,6 ct/kWh an, so entstehen den Mietern für das Duschen Stromkosten zwischen 0,10 und 0,25 €/(m²*Monat) (Tabelle 7). Zusätzlich fallen noch Stromkosten für Kleinzapfung und an den Waschtischen an, die bei WE1 und WE2 einen großen Anteil haben. Insgesamt lagen die Stromkosten für Warmwasser zwischen 0,19 und 0,72 €/(m²*Monat) – bei WE1 sind die Zusatzkosten somit sehr hoch.

*Tabelle 7: Energiekosten für die elektrische Nacherwärmung im DLE [€/(m²*Monat)]*

	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4
Dusche	0,25	0,10	0,10	0,20
Waschtische	0,47	0,21	0,09	0,05
Gesamt	0,72	0,31	0,19	0,25

Bewertung des Energiekonzepts

Die DWRG wurde eingeplant, um die amibitionierten energetischen Ziele im Projekt SWIVT II zu erreichen (KfW 40 Plus). In der Planung war von einem Anteil der Dusche von 50 % am Warmwasserverbrauch ausgegangen worden (6,25 kWh/(m²*a)), real kann man aus dem Stromverbrauch der DLE in den vier Wohnungen einen Anteil von 55 % abschätzen. Vom Nutzwärmebedarf sollten 25 % von der DWRG zurückgewonnen werden (1,56 kWh/(m²*a)). Bei den vier untersuchten Wohnungen lag der Wirkungsgrad der DWRG bei 30,9 % und es ergaben sich mittlere Einsparungen von 1,3 kWh/(m²*a), die somit ca. 17 % unter dem Planwert lagen.

Der mittlere Stromverbrauch der DLE für die Dusche lag bei 5,0 kWh/(m²*a), geplant war ein Wert von 3,1 kWh/(m²*a). Jedoch lag die Temperatur nach DLE mit 55,8 °C auch höher als die ursprünglich angestrebten 50 °C, wodurch sich ein theoretischer DLE-Anteil von 35 % bzw. 4,3 kWh/(m²*a) ergibt. Zwei Wohnungen haben diesen Zielwert mit 3,2 kWh/(m²*a) deutlich unterschritten, die beiden anderen Wohnungen liegen mit 6,1 bzw. 7,6 kWh/(m²*a) deutlich darüber. Berücksichtigt man die hier aufgetretene und übliche Streuung der Verbrauchswerte für (Warm-)Wasser, so liegen die Ergebnisse ungefähr im ursprünglich geplanten Bereich.

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt SWIVT II wurden sehr energieeffiziente Neubau-Mehrfamilienhäuser errichtet und gemeinsam mit Bestandsgebäuden mit Wärme versorgt. Bestandteil des Energiekonzepts der Neubauten ist eine Duschwasser-Wärmerückgewinnung (DWRG). Der Beitrag untersucht die Messergebnisse von vier Wohnungen mit unbalanciert betriebener DWRG. Die mittleren Zapftemperaturen lagen zwischen 32 und 40 °C wobei etwa die Hälfte des Zapfvolumens über die DWRG floss, die zu einer Vorerwärmung des Kaltwasser zwischen 4 und 7 K führte. Der Wirkungsgrad der DWRG erreichte Werte zwischen 24 und 34 % und lag u. a. aufgrund des unbalancierten Betriebs unter den Herstellerangaben. Mit Hilfe der DWRG konnten zwischen 0,8 und 1,9 kWh/(m²*a) an Wärme für die Warmwasserbereitung zurückgewonnen werden. Die Zielwerte aus der Planung wurden ungefähr eingehalten.

Der in der Frischwasserstation eingebaute Durchlauferhitzer führte zu Stromkosten zwischen 0,19 und 0,72 €/(m²*Monat) für die Mieter. Bei hohen Warmwasserverbräuchen entstehen den Mietern in diesem Fall hohe Stromkosten, bei sparsamer Nutzung fallen diese sehr moderat aus.

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Förderung des Projekts „M-SWIVT: Monitoringphase zu Siedlungsbausteinen für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien“ (FKZ 03EN3028) in dem die hier vorgestellten Messungen und Auswertungen durchgeführt wurden.

Literatur

BDEW 2025. BDEW Strompreisanalyse Oktober 2025. BDEW, Berlin, Germany. https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/

Großklos / Fiedler 2025. Gekoppelte Wärmeversorgung eines Neubau- und Bestandsquartiers (SWIVT-Siedlung) mit Erdreich-Wärmepumpen und BHKW - erste Ergebnisse, Symposium ZukunftWärme, Bad Staffelstein, Germany.

Hasper, W. 2015. Warmwassernutzung: Messergebnisse, Ansätze, zur Mengenreduktion und Planungsansätze, in Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase V: Energieeffiziente Warmwassersysteme, Darmstadt, Germany.

PHI. Zertifikat Passivhaus Komponente ECOshower 900x900. Passivhaus Institut, Darmstadt, Germany.

PHI 2020. Kriterien und Algorithmen für die Zertifizierte Passivhaus-Komponente: Dusch-wasser-Wärmerückgewinnung. Passivhaus Institut, Darmstadt, Germany.

SWIVT II 2023. SWIVT II: Umsetzungsphase zu Siedlungsbausteinen für bestehende Wohn-quartiere – Impulse zur Vernetzung energie-effizienter Technologien. Darmstadt, Stuttgart, Germany.

Vavřička, R.; Boháč, J., Matuška, T. 2022: Experimental development of the plate shower heat exchanger to reduce the domestic hot water energy demand. Energy&Buildings 254

Wagner 2015. Produktunterlage Duschrinne ECOshower. Wagner Solar, Cölbe, Germany.