

Betriebserfahrungen zweier Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau

Marc Großklos, Institut Wohnen und Umwelt
Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, Deutschland
Tel.: +49 (0) 6151 2904 47; m.grossklos@iwu.de

Hintergrund

Für Bewohner mit niedrigem Einkommen haben die Ausgaben für das Wohnen eine dominierende Bedeutung, besonders in Regionen mit steigenden Mieten. Sind die Mieten niedrig, liegen die Nebenkosten häufig sehr hoch – moderne Gebäude mit gutem energetischem Standard sind jedoch auch kein Garant für niedrige Nebenkosten insgesamt. Im geförderten Wohnungsbau steht darüber hinaus wenig Geld für Investitionen in Energie- und Ressourceneffizienz und für niedrige Nebenkosten zur Verfügung.

Das PassivhausSozialPlus (siehe Abbildung 1) sollte diesen scheinbaren Widerspruch auflösen und günstige Mieten mit niedrigen Nebenkosten verbinden. Es wurde 2018/19 von der Neuen Wohnraumhilfe mit Unterstützung vom Büro faktor10 in Darmstadt als geförderter Wohnungsbau errichtet, bestehend aus einer Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten und einem Ersatzneubau im Passivhausstandard [Großklos et al. 2021]. Zur Reduktion der Nebenkosten wurden energieeffiziente Küchengeräte, LED-Beleuchtung in allen Räumen, eine Warmwasserbereitung mit Wohnungsübergabestationen auf Nutztemperaturniveau und eine Grauwasseranlage installiert. Die Gebäude verfügen außerdem über PV-Anlagen und Batteriespeicher. Die Nebenkosten werden überwiegend pauschaliert abgerechnet, auch die Wärme für Heizung und Warmwasser. Für Trinkwasser und Haushaltsstrom ist ein Budget in der Pauschale enthalten. Die Ausnutzung der Budgets wird in den Wohnungen mittels Displays visualisiert.



Abbildung 1: Ansicht des modernisierten Bestandsgebäudes (links) und des Ersatzneubaus (rechts)

Im modernisierten Bestandsgebäude befinden sich 22 Wohnungen auf 1.661 m² vermieteter Wohnfläche. Die 20 Wohnungen im Neubau (1.602 m² Wohnfläche) sind barrierefrei, davon sind 6 Wohnungen als Rollstuhlwohnungen ausgestattet. Der Bezug fand zwischen August 2019 und Januar 2020 statt.

Messergebnisse

Für das modernisierte Bestandsgebäude konnten im Zeitraum Oktober 2019 bis Juni 2021 die Messdaten des detaillierten Monitorings ausgewertet werden, für den Neubau von Januar 2020 bis Juni 2021.

Raumtemperaturen

Die Raumtemperaturen in den Wohnzimmern lagen in der Heizperiode 2019/20 beim Bestandsgebäude im Mittel bei 21,9 °C, im Neubau wurden 22,0 °C erreicht. In einigen Wohnungen wurden die Temperaturen in allen Räumen gemessen, die Mitteltemperaturen weichen aber nur geringfügig von den Wohnzimmertemperaturen ab. In der folgenden Heizperiode 2020/21 lagen die Temperaturen mit 22,3 bzw. 22,4 °C leicht über denen der ersten Heizperiode. Auffällig sind einige Wohnungen im Bestandsgebäude, die im zweiten Winter deutlich höhere Temperaturen erreichten (bis zu 26,5 °C); die Steigerung im Vergleich zum Vorjahr betrug bis zu 2,7 K. Die Gründe für diesen Temperaturanstieg sind nicht bekannt, Mieterwechsel fanden in dem Zeitraum nicht statt, aber es kamen u.a. einige Neugeborene hinzu.

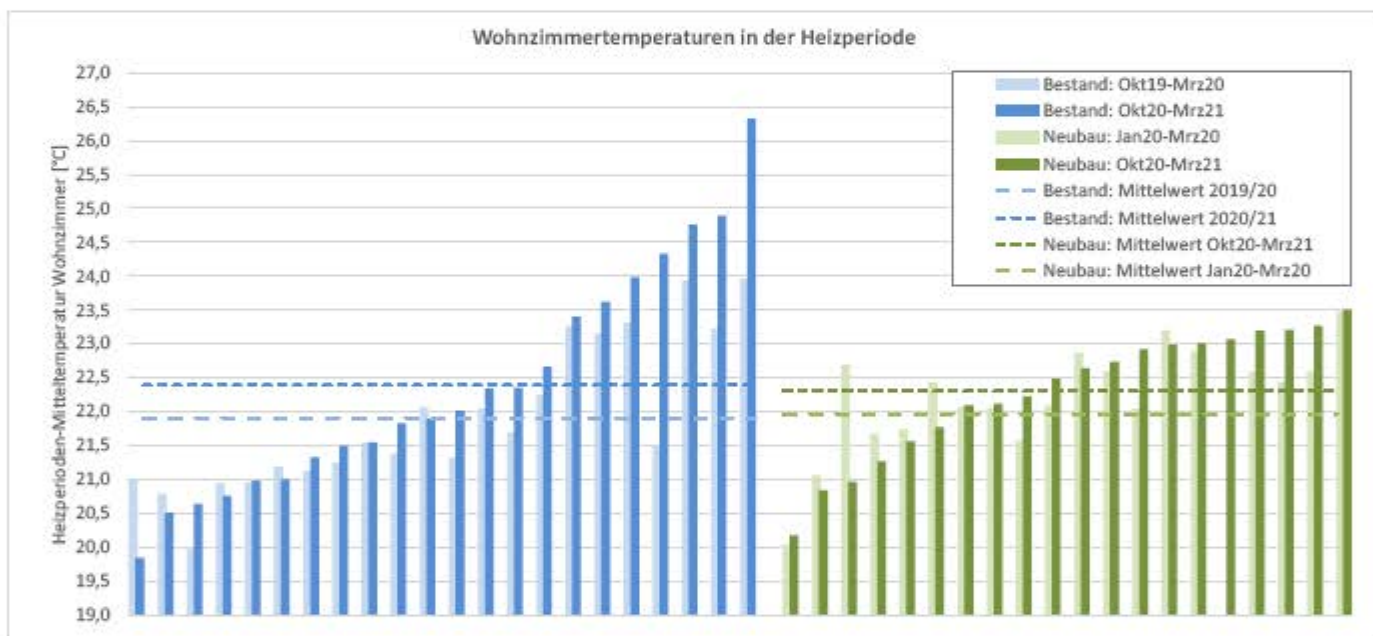


Abbildung 2: Gemessene Raumtemperaturen über zwei Heizperioden (aufsteigend geordnet nach der Temperatur 2020/21): Bestandsgebäude (links) und Neubau (rechts, erste Heizperiode nur von Januar 2020 bis März 2020)

Die Heizkosten der Mieter sind in einer Nebenkostenpauschale enthalten und werden nicht nach Verbrauch abgerechnet. Es stellt sich damit die Frage, ob eine „verschwenderische“ Beheizung wegen der pauschalen Abrechnung ein Grund für die Raumtemperaturen deutlich über 20 °C sein könnte. Vergleicht man die gemessenen Temperaturen mit denen aus anderen energieeffizienten Gebäuden und trägt die Raumtemperatur über den gemessenen Heizwärmeverbrauch auf, so zeigt sich, dass die Mieter im PassivhausSozialPlus (geförderter Wohnungsbau) vergleichbare Temperaturen wie im frei finanzierten Wohnungsbau sowie bei individueller Heizkostenabrechnung erreichen (Abbildung 3). Ein Temperaturniveau um 22 °C ist bei den meisten Mehrfamilienhäusern festzustellen, nicht nur bei Passivhäusern.

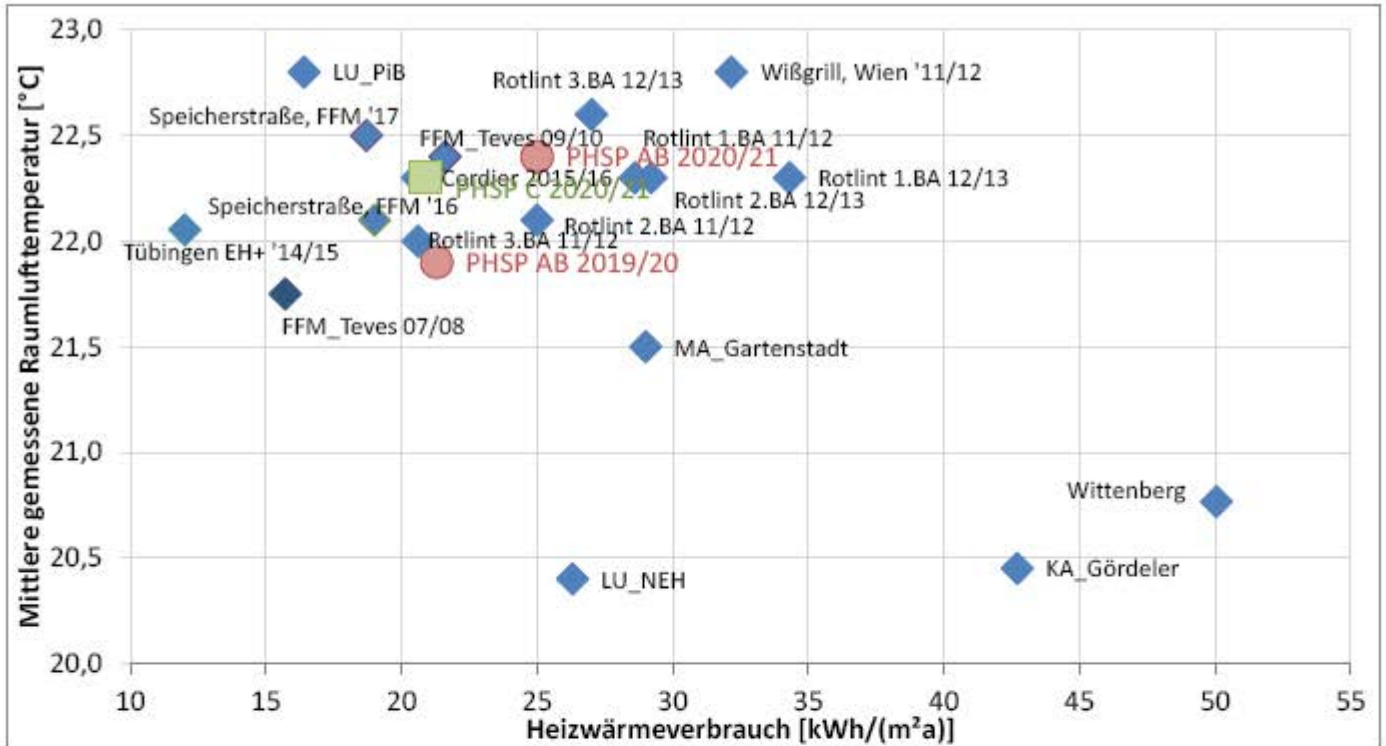


Abbildung 3: Gemessene Raumtemperaturen im PassivhausSozialPlus über zwei Heizperioden (Neubau: Quadrat, Bestandsgebäude: Punkt) und Messergebnisse anderer energieeffizienter Gebäude ([Großklos, Loga 2021], ergänzt)

Wärmeversorgung

Die Wärmeverbräuche für die Beheizung des modernisierten Bestandsgebäudes (inkl. Verteilverluste) lagen in der ersten Heizperiode bei 21,3 kWh/(m²a). Berücksichtigt man die gemessenen Raumtemperaturen in der Heizperiode und die tatsächlichen Außentemperaturen in der Messperiode vor Ort, dann liegt der Wärmeverbrauch für die Beheizung ca. 4 kWh/(m²a) über dem angepassten Bedarfswert nach PHPP. Als Gründe für den Mehrverbrauch sind etwa hälftig der Sommerversbrauch durch nicht abgeschaltete Heizkreise sowie reduzierte innere Wärmegewinne im Winter durch geringen Stromverbrauch, herabgelassene Rollläden sowie Fensterlüftung zu vermuten. In der Heizperiode 2020/21 lag der gemessene Heizwärmeverbrauch bei 25,0 kWh/(m²a), allerdings ist gleichzeitig auch die Anzahl der Heizgradtage um 21 % angestiegen, so dass der erhöhte Verbrauch 2020/21 im Wesentlichen durch das Außenklima erklärt werden kann. Die Verteilverluste konnten beim Bestandsgebäude nicht gemessen werden, sind in den oben genannten Werten enthalten und liegen nach PHPP bei ca. 3 kWh/(m²a). Der Neubau erreichte in der Heizperiode 2020/21 einen Heizwärmeverbrauch von 20,9 kWh/(m²a) (ohne Verteilverluste).

Der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung lag im Bestandsgebäude zwischen 17,8 und 18,2 kWh/(m²a) und somit im Bereich üblicher Werte. Hierbei muss aber auch die hohe Personenbelegung in den Wohnungen von 22,5 m²/Person berücksichtigt werden (Mittelwert für Mieter in Mehrfamilienhäusern in Deutschland: 38,3 m²/Person), die den flächenbezogenen Verbrauch vergrößert. Pro Person liegt der Wärmeverbrauch für die Warmwasserbereitung etwa 20 % unter dem Planungswert für Passivhäuser (25 Liter/d @ 60°C).

Der Fernwärmebezug für Heizung, Warmwasserbereitung und inklusive Puffer- und Verteilverlusten lag 2020/21 bei 51,3 kWh/(m²a) im Bestandsgebäude und 45,0 kWh/(m²a) beim Neubau.

Stromverbrauch und -erzeugung

Der Haushaltsstromverbrauch lag beim Bestandsgebäude zwischen 22,0 (2019/20) und 23,2 kWh/(m²a) (2020/21) in Anbetracht der hohen Personenbelegungsdichte sehr niedrig. Die sparsamste Verbrauchsklasse A des Stromspiegels Deutschland wird lediglich um 2 % bzw. 9 % überschritten, obwohl die Budgetrückmeldung erst im Sommer 2020 in Betrieb ging. Im Neubau lag der Haushaltsstromverbrauch mit 26,1 kWh/(m²a) höher und das Strombudget wurde um 35 % überschritten. Hier erreichen jeweils zwei Wohnungen die Stromverbrauchsklassen E und F, beim Bestandsgebäude erreicht die Wohnung mit dem höchsten Verbrauch nur die Stromverbrauchsklasse D nach [Stromspiegel 2019].

Der Allgemeinstromverbrauch liegt beim Bestandsgebäude bei 2,1 kWh/(m²a), im Neubau bei 1,2 kWh/(m²a). Der Hilfsstromverbrauch im Bestandsgebäude inklusive Grauwasseranlage liegt bei ca. 6,4 kWh/(m²a) und wird dominiert vom Strom für die wohnungszentralen Lüftungsanlagen, der aber mit 2,7 kWh/(m²a) noch unter dem Bedarfswert nach PHPP liegt. Im Neubau liegt der Hilfsstromverbrauch bei 7,5 kWh/(m²a). Auch hier dominiert mit 4,7 kWh/(m²a) der Lüftungsstromverbrauch. Ende November 2020 erhielten die Lüftungsgeräte ein Update, das die Einschaltsschwelle für die elektrische Frostschutzheizung auf +1 °C absenkte. Zuvor war die Frostschutzheizung teilweise schon bei +10 °C in Betrieb gegangen. In der Folge haben sich die Hilfsstromverbräuche im Neubau deutlich reduziert – der Kennwert für 2020/21 enthält jedoch noch Zeiten mit erhöhtem Stromverbrauch.

Der Gesamtstromverbrauch des Bestandsgebäudes erreicht 32,2 kWh/(m²a). Die PV-Stromerzeugung (40,9 kW_P) lag mit 23,7 kWh/(m²a) etwas über den Planungswerten, der solare Deckungsgrad für die Stromversorgung erreicht im Gesamtjahr ca. 38 % (Batteriespeicher ca. 17 kWh). Beim Neubau wurde aufgrund der geringfügig größeren PV-Anlage (43,3 kW_P) und des größeren Batteriespeichers (ca. 43 kWh) ein PV-Deckungsgrad von 44 % erreicht. Beide Batteriespeicher wiesen nach Inbetriebnahme Hard- und Softwareprobleme auf und mussten durch den Hersteller noch optimiert werden. Der Gesamtwirkungsgrad des Speichers lag im Neubau bei ca. 75 %.

Trinkwasserverbrauch und Grauwasseranlage

Das PassivhausSozialPlus besitzt eine Grauwasseranlage, die gering verschmutztes Abwasser aus Dusche und Handwaschbecken im Badezimmer für die Toilettenspülung aufbereitet und so den Trinkwasserverbrauch und damit die Verbrauchskosten reduziert. Abbildung 4 zeigt für Neubau und Bestandsgebäude gemeinsam den Verlauf der gesamten Wassermenge für die Toilettenspülung, die Menge an Trinkwassernachspeisung in die Anlage, wenn das aufbereitete Grauwasser nicht ausreicht sowie den sich ergebenden Deckungsanteil der Grauwasseraufbereitungsanlage. Im Januar/Februar 2020 fand der Bezug des Neubaus statt, so dass die Wassermenge für die Toilettenspülung kontinuierlich anstieg. Aber auch danach ist eine leicht ansteigende Tendenz beim Toilettenspülwasser zu erkennen, jedoch ist die Bewohnerzahl auch gestiegen. Anfangs musste viel Trinkwasser nachgespeist werden, so dass der Deckungsanteil der Anlage am Toilettenspülwasserverbrauch nur zwischen 20 und 40 % lag. Nach dem Einbau eines zusätzlichen Filters im Juli 2020 konnte der Deckungsanteil auf 60 % bis 70 % des benötigten Toilettenspülwassers

gesteigert werden, so dass über ein Jahr mit $4,43 \text{ m}^3/(\text{Person} \cdot \text{a})$ nur 37 % des mittleren Trinkwasserverbrauchs für die Toilettenspülung in Deutschland benötigt wurden.

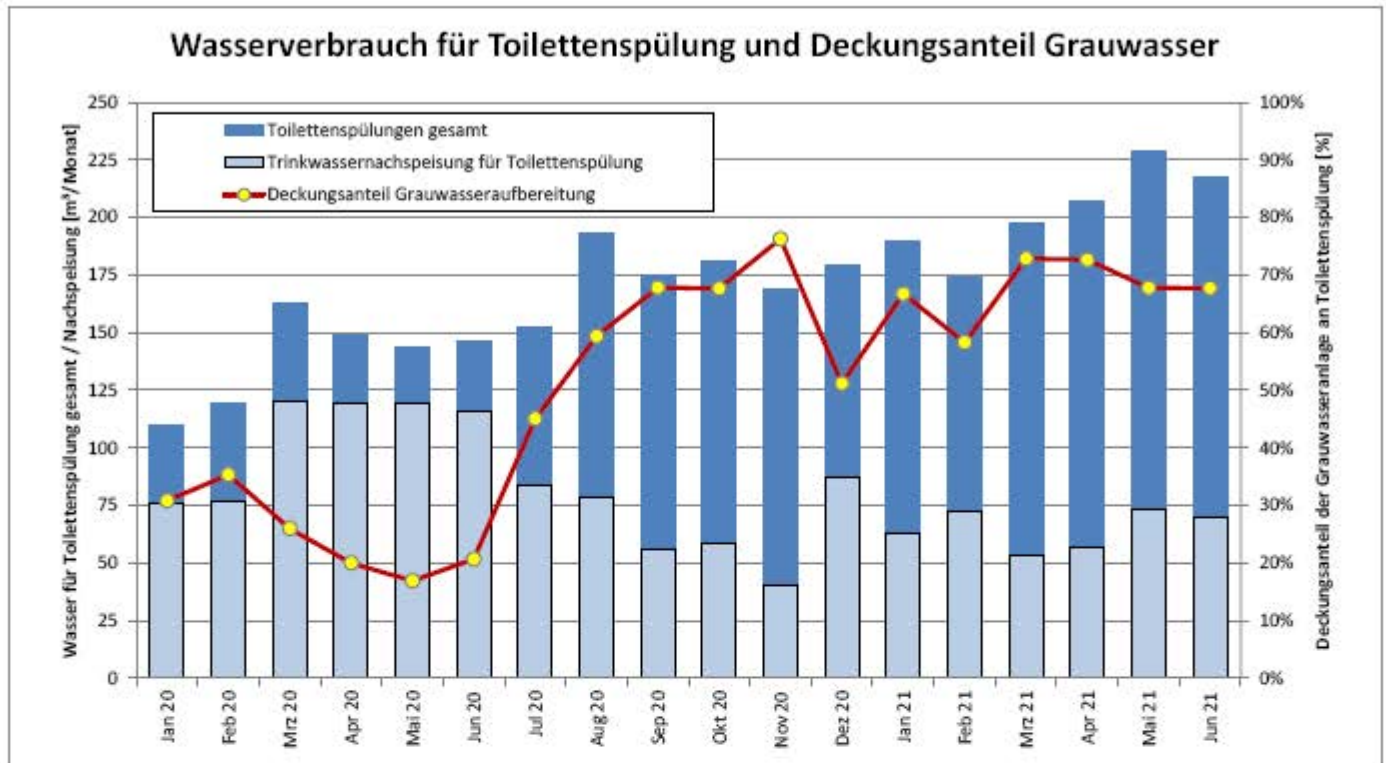


Abbildung 4: Wasserverbrauch für die Toilettenspülung gesamt, Nachspeisung Trinkwasser sowie Deckungsanteil Grauwasseraufbereitungsanlage

Der Trinkwasserverbrauch in den Bestandswohnungen lag 9 % über dem für sparsame Nutzung kalkulierten Budget. Mit $21,2 \text{ m}^3/(\text{Person} \cdot \text{a})$ liegt der Wasserverbrauch aber 35 % unter dem statistischen Mittelwert der deutschen Haushalte ohne Toilettenspülung ($32,8 \text{ m}^3/(\text{Person} \cdot \text{a})$) [BDEW 2020]. Im Neubau wurde das Budget für Trinkwasser mit $19,4 \text{ m}^3/(\text{Person} \cdot \text{a})$ eingehalten.

Bau- sowie Betriebskosten

Die Baukosten (KG 300+400) lagen beim Bestandsgebäude bei $1.486,67 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Wfl.})$, beim Neubau waren es $1.761,48 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Wfl.})$. Darin enthalten sind jeweils auch die Einbauküchen, die PV-Anlagen sowie die Batteriespeicher und die Grauwasseranlage. Im Neubau liegen die Kosten (KG 300+400) innerhalb der Kostenspannen für Gebäude, die nach EnEV-Mindeststandard errichtet wurden [Großklos et al. 2021]. Beim Bestandsgebäude sind auch die Kosten für die Wohnflächenerweiterung und zentrale Anlagentechnik für alle Gebäudeteile sowie ein Gemeinschaftsraum für die Bewohner enthalten.

Die abgerechneten Betriebskosten lagen im Jahr 2020 ohne Berücksichtigung des Haushaltsstroms bei $2,02 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Monat})$. Zusätzlich kamen $0,52 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Monat})$ für den Haushaltsstrom hinzu. Zwar haben sich zwischen den Kostenpositionen Verschiebungen ergeben, insgesamt wurden die im Vorfeld angesetzten Nebenkosten um $0,05 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Monat})$ unterschritten. Die Vergleichskosten im sozialen Wohnungsbau in Darmstadt lagen im Jahr 2015 ohne Haushaltsstrom bei $3,59 \text{ €/}(\text{m}^2 \text{ Monat})$ ([BA 2017]), so dass eine Kostenreduktion von 44 % erreicht wurde.

Fazit

Die niedrigen Verbrauchswerte in Verbindung mit den sehr begrenzten Bau- und Betriebskosten zeigen, dass Klimaschutz und die Berücksichtigung sozialer Belange beim PassivhausSozialPlus gut in Einklang gebracht werden konnten. Eine von anderen energieeffizienten Gebäuden deutlich abweichende Nutzung durch die Mieter im sozialen Wohnungsbau konnte trotz pauschaler Abrechnung der Wärmekosten nicht identifiziert werden. Der Einfluss der Budgeterfassung und -visualisierung auf das Verbrauchsverhalten der Mieter soll noch in einer sozialwissenschaftlichen Befragung weiter untersucht werden.

Insbesondere bei den innovativen technischen Anlagen wie Batteriespeicher und Grauwasseranlage – aber auch bei der Regelung der Wärmeverteilung – waren zu Beginn Optimierungen erforderlich, um die angestrebte Effizienz zu erreichen. Hier konnten mit dem detaillierten Monitoring Fehlfunktionen frühzeitig erkannt und behoben werden. Stehen diese detaillierten Daten nicht zur Verfügung, so ist zumindest ein „Minimalmonitoring“ mit zeitnaher Auswertung von ohnehin vorhandenen Zählerdaten im ersten Betriebsjahr zu empfehlen.

Danksagung

Die messtechnische Evaluation des PassivhausSozialPlus wurde mit Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (FKZ 03SBE004A) gefördert, die Vorstudie zur Reduktion der Nebenkosten vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Quellenverzeichnis

- [BDEW 2020] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: Trinkwasseranwendung im Haushalt. Berlin, 2020.
www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/trinkwasserverwendung-im-haushalt/
- [BA 2017] Bundesagentur für Arbeit: SGB II-Statistik: Wohn- und Kostensituation, 2017 (Datenstand 2015)
- [Großklos et al. 2021] Großklos, M.; Behem, G.; Müller, A.; Swiderek, S.; Stein, B.: PassivhausSozialPlus – Konzept, Umsetzung, Kosten und Ergebnisse des ersten Messjahres. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2021.
https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2021_IWU_GroßklosEtAL_PassivhausSozialPlus-Konzept-Umsetzung-Kosten-Ergebnisse-erstes-Messjahr.pdf
- [Großklos, Loga 2021] Großklos, M.; Loga, T.: Consume and Pay Less - A Budget Approach for Running Costs in Social Housing. ECEEE Summer Study 2021.
- [Stromspiegel 2019] co2online [Hrsg.]: Stromspiegel für Deutschland 2019. Berlin, 2019
<https://www.stromspiegel.de/>