

Optimierung der Verteilverluste und des Energieaufwandes für die Warmwasserbereitung bei Mehrfamilien-Passivhäusern

Marc Großklos, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Annastraße 15, 64285 Darmstadt, E-Mail: m.grossklos@iwu.de

1 Einleitung

Bei Mehrfamilien-Passivhäusern mit zentraler Versorgung für Warmwasser und Heizwärme entfällt mehr Energie auf die Bereitung des Warmwassers und die Verluste bei der Verteilung von Heizwärme und Warmwasser als auf die Verluste der Gebäudehülle. Aus diesem Grund ist es wichtig auch in diesen Bereichen nach Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung zu suchen. Im folgenden Beitrag werden die Optimierungen dargestellt, die im Sanierungsvorhaben Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt am Main durchgeführt wurden. Bauherr ist die ABG Frankfurt Holding, das Büro faktor10 zeichnet für die Sanierung verantwortlich und Fachplaner der Anlagentechnik ist das Ingenieurbüro Baumgartner. Das IWU begleitet die Sanierung wissenschaftlich.

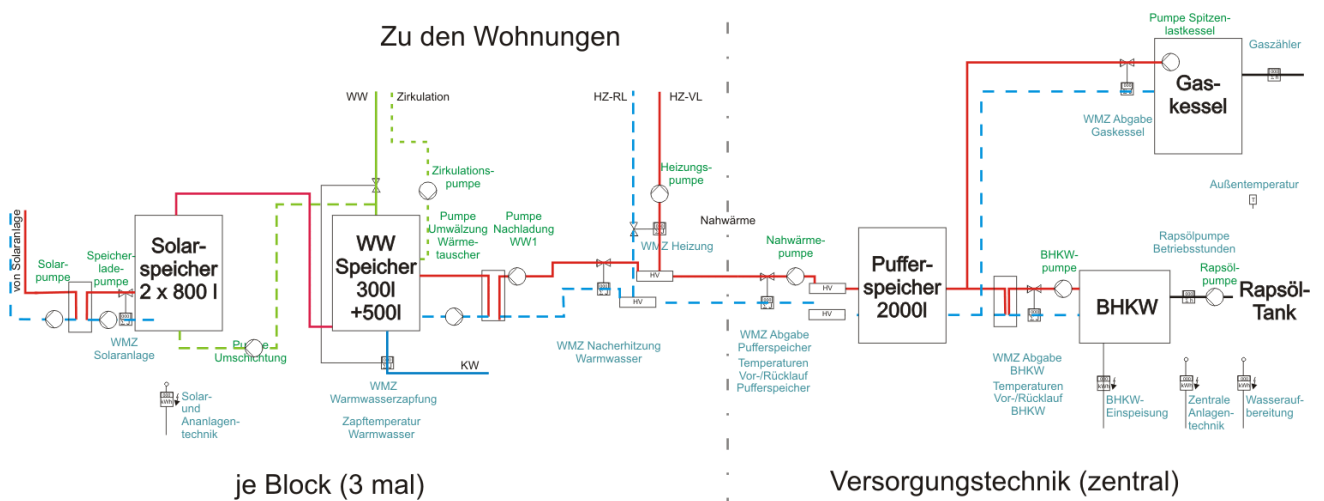


Abb. 1: Prinzipschema der Anlagentechnik zur Wärmeerzeugung

Die betrachteten sieben Gebäude sind in drei Blöcken zusammen gefasst und besitzen 61 Wohneinheiten mit insgesamt ca. 3800 m² Wohnfläche (ca. 62 m² WF je Wohnung). Die Wärmeversorgung erfolgt über ein zentrales Heizhaus, in dem ein Rapsöl-BHKW und ein Erdgas-Kessel die benötigte Wärme in einen 2000 l Pufferspeicher einspeisen. Von diesem aus werden die Unterzentralen in jedem Block über eine Nahwärmeleitung versorgt (Zweileitersystem). Jeder Block besitzt eine thermische Solaranlage mit 32 m² Kollektorfläche auf dem Dach. Die Solarleitungen werden innerhalb des Gebäudes in den Keller geführt, wo sie die Wärme in die beiden Solarspeicher (je 800 l) im Keller eingespeisen. Zwei weitere

Speicher (300l + 500l) dienen als Bereitschaftsspeicher für Warmwasser. Das Anlagenschema ist in Abb. 1 zu sehen. Die rechte Hälfte der Abbildung zeigt die Technik, die im zentralen Heizhaus zwischen den Blöcken untergebracht ist, die linke Seite die Technik der Unterzentralen in jedem Block.

2 Reduktion von Warmwasserbedarf und -temperatur

Bei der Bilanzierung von Wohngebäuden nach PHPP wird pauschal mit einem Warmwasserbedarf von 25 Liter pro Person und Tag gerechnet (bei 60 °C Zapftemperatur). Allerdings ist die korrekte Festlegung der Belegungsdichte bei Mietwohnungen nicht einfach, da sich in den letzten Jahren ein Trend zu mehr Wohnfläche je Person vollzieht. Im vorgestellten Projekt wurde auf Basis der Erfahrungen der ABG eine Belegung von 2,3 Personen je Wohnung bzw. 138 Personen insgesamt festgelegt.

Bei der Grundausstattung der Wohnungen wurde auf sparsame Armaturen geachtet. Handelsübliche Duschköpfe besitzen einen Durchfluss von 12-25 Liter je Minute, Waschtischmischer ca. 12 l/min. In der Rotlintstraße wurden Duschköpfe mit 9 l/min und Waschtischmischer mit 6 l/min zur Reduktion des Warmwasserbedarfs eingesetzt. Lediglich in der Küche konnten keine Vorkehrungen zur Reduktion des Warmwasserbedarfs getroffen werden, da diese von den Mietern installiert wird. Durch diese Maßnahmen kann mit einer nennenswerten Reduktion des Warmwasserbedarfs gerechnet werden.

Um die Sonnenenergie der thermischen Solaranlagen auf einem niedrigem Temperaturniveau nutzen zu können, und um die Verluste bei der Warmwasserspeicherung und Verteilung so gering wie möglich zu halten, wurden die Anlagen auf eine Warmwassertemperatur von 48 °C ausgelegt. Gleichzeitig muss jedoch eine Verkeimung der Warmwasserleitungen und -speicher ausgeschlossen werden. An Stelle der meistens eingesetzten thermischen Desinfektion mit Warmwassertemperaturen von 60 °C am Speicheraustritt wird in diesem Projekt eine chemische Desinfektion eingesetzt. Dazu wird in das Trinkwasser hypochlorige Säure (HOCl) in geringer Konzentration eindosiert, die vor Ort in einer Wasserbehandlungsanlage (Diaphragmalyse) aus Salz hergestellt wird. Aufgabe dieser schwachen Säure ist es Bakterien (z. B. Legionellen) abzutöten bzw. deren Entstehung zu verhindern und so niedrige Warmwassertemperaturen zu ermöglichen. Dazu werden alle drei Blöcke über einen einzigen Hausanschluss mit Trinkwasser versorgt. Bevor das Wasser zu den Blöcken verteilt wird, wird die wässrige Desinfektionslösung in das Trinkwasser eingespeist.

Die niedrigeren Zapftemperaturen führen jedoch formal zu einer Erhöhung des Warmwasserbedarfs auf 33 l/(Pers.*d). Zusammen mit der erwarteten Reduktion durch die Spararmaturen wird ein Warmwasserbedarf von 25 l/(Pers.*d) angesetzt. Der solare Deckungsgrad wird durch die Warmwassertemperatur von 48 °C erhöht und soll laut Anbieter 61 % betragen [Schüco]. Bei dieser Berechnung wurden jedoch pauschale Längen

der Verteil- und Zirkulationsleitungen berücksichtigt und nicht die real vor Ort vorhandenen Längen. Für die PHPP-Berechnungen wurden aus diesem Grund zusätzlich die Verluste der Verteilleitungen sowie die Bereitschaftsspeicher je zur Hälfte berücksichtigt, Sticleitungen und Nahwärmeleitungen in voller Höhe.

3 Wärmeverteilung für Heizung und Warmwasser

Heizung

Von der Technikzentrale in jedem Block wird die Wärme in einer horizontalen Verteilleitung unter der Kellerdecke zu den Steigsträngen verteilt. Aus statischen Gründen konnten die Leitungen dabei nicht gerade verlegt werden, sondern sie mussten um kritische Bereiche von tragenden Kellerwänden herum geführt werden, was die Leitungslänge erhöhte. Die Leitungen tragen eine alukaschierte Mineralfaserisolierung entsprechend 100 % der Anforderung nach EnEV und sind zusätzlich etwa mittig in der Kellerdeckendämmung verlegt, was die Verteilverluste deutlich reduziert. Die Dämmung der vertikalen Steigleitungen beträgt 50 mm (entsprechend 250 % der EnEV-Anforderungen).

Die Keller in den Häusern sind mit 2,30 m hoch genug, um eine 26 cm starke Dämmung aus Zellulosefasen anzubringen. Innerhalb dieser Dämmung wurden auch die Heiz- und Warmwasserleitungen verlegt. Bei Verlegung der Rohre mittig in der Kellerdeckendämmung kann der Wärmeverlust gegenüber 250 % Dämmung und Verlegung unter der Kellerdeckendämmung nochmals

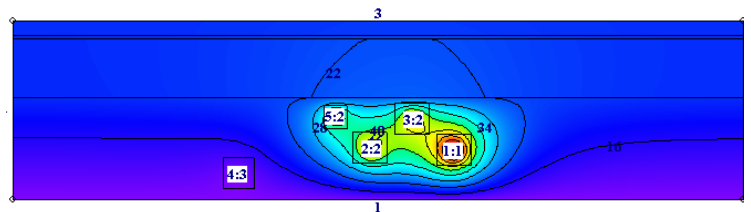


Abb. 2: Optimierte Verlegung in der Kellerdeckendämmung: Kaltwasser (4:3) 10°C, Warmwasser (2:2) 50°C, Zirkulation (5:2) 50°C, Vorlauf Heizung (1:1) 70°C, Rücklauf (3:2) 50 °C

etwa halbiert werden (5,8 W/m bei Einzelverlegung unterhalb der Kellerdecke, 2,5 W/m bei mittiger Verlegung in Decke). Wird darüber hinaus der Vorlauf zwischen Rücklauf und Warmwasser verlegt, reduziert sich der mittlere Wärmeverlust im Winter auf ca. 1,8 W/m (Abb. 2). Wichtig ist, dass auch innerhalb der Kellerdeckendämmung die Kaltwasserleitung eine zusätzliche, dampfdiffusionsbremsende Isolierung erhält. In der Rotlintstraße wurde von der optimalen Verlegung abgesehen. Die warmen Leitungen wurden 14 cm unterhalb der Kellerdecke innerhalb der Dämmung, die Kaltwasserleitung wurde tiefer (ca. 20 cm unter der Kellerdecke) angeordnet. Um die Montage zu vereinfachen, sind nur die jeweils zusammenhängenden Leitungen (Vor-Rücklauf Heizung bzw. Warmwasser und Zirkulation) nahe beieinander angeordnet.

Warmwasserverteilung und -zirkulation

Gemeinsam mit den Heizleitungen wurde die horizontale Verteilung des Warmwassers vorgenommen, Warmwasser- und Zirkulationsleitung sind nebeneinander in der Kellerdeckendämmung angeordnet. In der vertikalen Verteilung wird ein Rohr-In-Rohr-System verwendet. Dabei befindet sich im Warmwasserrohr aus Edelstahl (Dämmdicke 50 mm) ein dünnes Kunststoffrohr, das für den Zirkulationsrücklauf verwendet wird (Abb. 3)

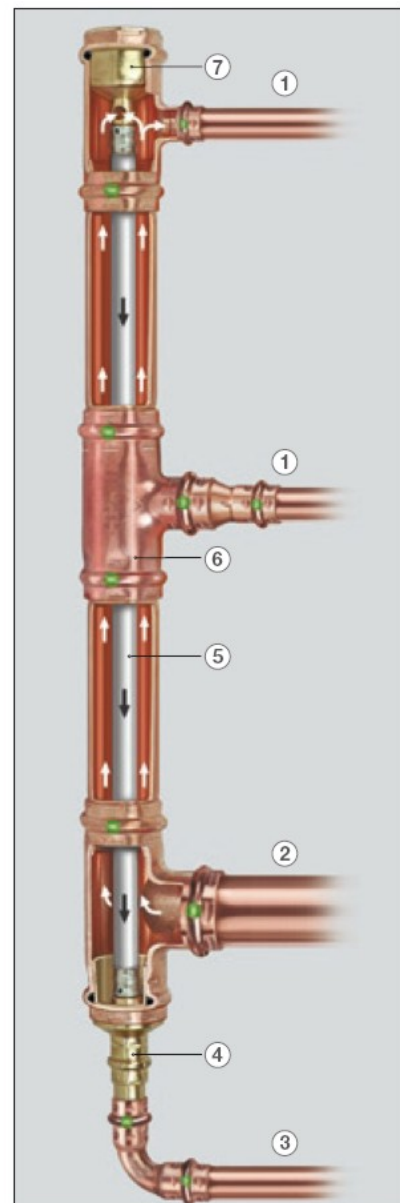
Erläuterung der Nummern: 1: Etagenabgang; 2: Warmwasserverteilung; 3: Zirkulations-Sammelleitung; 4: Anschlussstutzen; 5: innenliegende Zirkulationsleitung; 6: Warmwassersteigleitung; 7: Endverschlussstück.

Durch dieses Rohr-In-Rohr-System werden die Verluste durch die Warmwasserzirkulation stark reduziert. Außerdem vermindert sich der Platzbedarf für Warmwasser im Schacht. Wichtig bei dem Rohr-In-Rohr-System ist die Einregulierung der Stränge, analog zur Heizungsverteilung. Bei den hier vorgestellten Berechnungen wurde unterstellt, dass die Warmwasserleitung eine Dimension größer gewählt wird, um die Querschnittsreduktion durch die innenliegende Zirkulation auszugleichen.

Nahwärme

Als Nahwärmeleitungen für die Erdreichverlegung zwischen den Blöcken werden flexible Rohre mit einer gemeinsamen Isolierung eingesetzt (Duoleitungen). Durch die Isolierung um beide Medienrohre (40,8 mm) herum bleibt der Außendurchmesser mit 200 mm vergleichsweise klein und die wärmeabgebende Oberfläche wird minimiert. Der Wärmeverlust liegt bei $0,35 \text{ W}/(\text{mK})$, die Leitungslänge für die Erdreichverlegung summiert sich auf ca. 22 m.

Durch eine zusätzliche Dämmung der Nahwärmeleitung mit $2 \times 70 \text{ mm}$ verrottungsfester PE-Schaum-Dämmung können die Wärmeverluste um 44 % reduziert werden. Dadurch vermindert sich der Wärmeverlustkoeffizient der Nahwärmeleitung von $0,35 \text{ W}/(\text{mK})$ (Herstellerangabe) auf ca. $0,20 \text{ W}/(\text{mK})$.



**Abb. 3: Funktionsschema
Rohr-In-Rohr
Zirkulation [VIEGA]**

4 Auswirkungen der Maßnahmen auf die Energiebilanz

Abb. 4 zeigt die Auswirkungen der verschiedenen vorgestellten Maßnahmen bei der Wärmeverteilung sowie der Warmwasserbereitung und -verteilung auf die Verluste der Anlagentechnik. Die Basisvariante (links) stellt eine Verteilung mit 100 % Dämmung gemäß EnEV sowie 60 °C Warmwassertemperatur und externer Zirkulation dar. Bei 34,7 kWh/(m²a) Nutzwärmebedarf (Heizung+Warmwasser) entstehen hierbei Verluste von 20,9 kWh/(m²a). Durch die Verbesserung der Dämmung von 100 % auf 250 % reduzieren sich die Verluste auf 15,0 kWh/(m²a). Die zusätzliche Dämmung der 22 m Nahwärmeleitung vermindert die Verluste um weitere 0,5 kWh/(m²a). Wird die horizontale Verteilung für Heizung und Warmwasser zusätzlich in der Kellerdeckendämmung verlegt, werden aufgrund der großen Längen in den drei Blöcken zusätzlich 3,2 kWh/(m²a) eingespart. Die anschließende Reduktion der Warmwassertemperatur kann weitere 1,7 kWh/m²a einsparen, nicht berücksichtigt ist dabei der schlechtere solare Deckungsgrad bei der 60 °C WW-Temperatur und gleicher Kollektorfläche. Die Rohr-in-Rohr-Zirkulation erbringt bei dieser Rechnung immer noch 0,9 kWh/(m²a) geringere Verluste; würde diese Art der Zirkulation auf die Basisvariante angewendet, so ergäben sich Einsparung von 1,9 kWh/(m²a) in diesem Projekt bzw. ca. 20 % der Verluste der Warmwasserverteilung.

Insgesamt können durch die gezeigten Maßnahmen die Verteilverluste absolut um 46500 kWh bzw. von 60 % auf 25 % des Nutzwärmebedarfs reduziert werden.

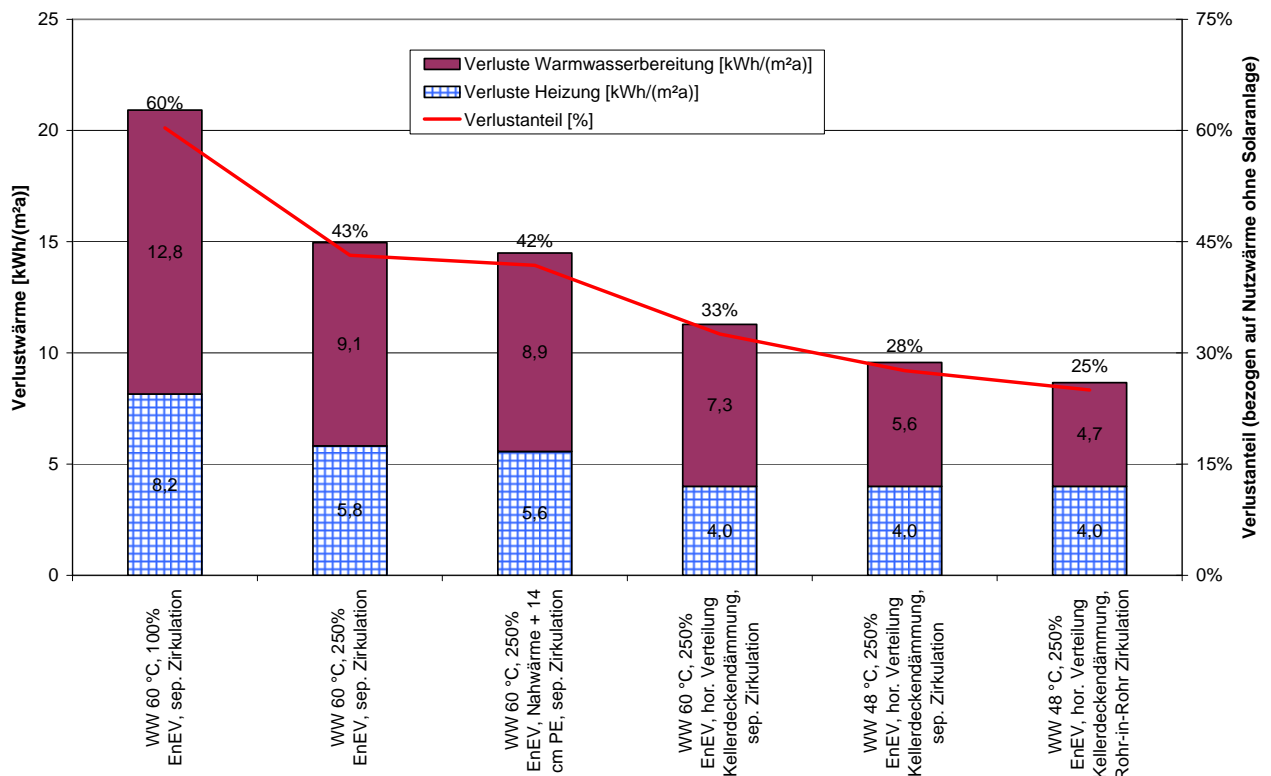


Abb. 4: Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen zur Reduktion der Verteilverluste bei Heizung und Warmwasser

5 Zusammenfassung

Bei der Sanierung der Gebäude in der Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt wurde ein Gesamtpaket von Maßnahmen zur Reduktion der Wärmeverluste bei der Verteilung von Heizwärme und Warmwasser ergriffen. Die verstärkte Dämmung der Verteilleitungen auf 250 % der EnEV-Anforderungen in Kombination mit einer reduzierten Warmwassertemperatur und einer Rohr-in-Rohr-Zirkulation bewirken eine deutliche Reduktion der Verluste auf 8,7 kWh/(m²a). Durch die niedrige Warmwassertemperatur wird gleichzeitig die Voraussetzung dafür geschaffen, dass sehr hohe Deckungsgrade der thermischen Solaranlage bei der Warmwasserbereitung erreicht werden können. Die installierten Wasserspararmaturen sollen zusätzlich den Warmwasserbedarf minimieren.

Insgesamt konnten durch die Optierungen an der Verteilung und der Warmwasserbereitung die Verluste um 12 kWh/(m²a) reduziert werden. Die Einsparung liegt fast in der Größenordnung des Heizwärmebedarfs der Gebäude. Dies zeigt das große Effizienzpotenzial, das in der Anlagentechnik im Mehrfamilien-Passivhaus noch steckt und zukünftig auch in anderen Projekten verstärkt genutzt werden sollte.

Danksagung

Die Arbeiten zum vorliegenden Beitrag wurden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Forschungsvorhabens "Sanierung Rotlintstraße 116-128" durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziert.

Literatur

- [Schüco] Auslegung der thermischen Solaranlage durch die Firma Schüco vom 29.04.2009 mit dem Programm T-SOL Expert 4.5
- [VIEGA] VIEGA Praxishandbuch 2007, VIEGA GmbH, Attendorn, 2007