

Kurzbericht

Warmwasserbereitung und –verteilung bei Niedrigenergiesanierungen im Wohnungsbau

Die Forschungsarbeit wurde mit Mitteln des Bundesamtes
für Bauwesen und Raumordnung gefördert
(Aktenzeichen : Z 6- 10.07.03-07.13/II 2 – 80 01 07 – 13).
Die Verantwortung für den Inhalt
liegt bei den Autoren.

Bearbeiter:

**Prof.Dr.M.H.Brillinger
(Projektleiter)
J.Fritzsch
V.Hussl**

**ME-Consult GmbH
Architekten und Ingenieure
Würzburg**

August 2009

1. Ziel der Forschungsaufgabe

Die Bedeutung der Warmwasserbereitung und –verteilung für den Energiehaushalt von Wohngebäuden nimmt in dem Maße zu, wie sich der Anteil am Gesamtenergiebedarf aufgrund des zurückgehenden Heizwärmebedarfs erhöht. Dies gilt nicht nur für den Neubau sondern in gleicher Weise für die Sanierung, bei der sich immer mehr der Niedrigenergiestandard – teilweise auch der Passivhausstandard – durchsetzt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die sanitären Installationen – auch bei Sanierungen - für einen langen Zeitraum, meistens Jahrzehnte, eingebaut werden und deshalb eine zukunftsfähige Lösung darstellen sollten. Ziel der Forschungsaufgabe war es , verschiedene Möglichkeiten der Warmwasserbereitung und –verteilung bei Wohnungsbausanierungen im Hinblick auf ihre energetische Effizienz zu untersuchen und zu vergleichen.

2. Durchführung der Forschungsaufgabe

Vor diesem Hintergrund wurden durchgeführte Sanierungsprojekte im Wohnungsbau analysiert, insbesondere solche, die innerhalb des „EnSan“- Programms realisiert worden sind. Dabei stellte sich heraus, dass zwar pauschale Verbrauchs- und Energiedaten zur Warmwasserthematik erhoben worden sind, jedoch detailliertere Angaben – z.B. zu Zirkulationsverlusten – sich nicht finden lassen. Interessant sind die ermittelten Verbrauchswerte, die im Durchschnitt bei ca. 30-35 l pro Person und Tag bei 50°C Wassertemperatur liegen. Dabei sind allerdings große Schwankungsbreiten von 15-80 l pro Person und Tag festzustellen.

Für die Modell - Untersuchung wurden 4 Wohngebäudetypen ausgewählt, die für den Wohnungsbestand der Bundesrepublik Deutschland repräsentativ sind:

- **Einfamilienhaus (EFH)** : mit 235 m² Wohnfläche und 2 Bädern wurde eine sehr großzügige Variante gewählt, um eine deutliche Unterscheidung zum Reihnhaus zu erreichen.
- **Reihnhaus (RH)** : die weitverbreitete kostengünstige Form des Einfamilienhauses wird mit einer 2 ½ - geschossigen Variante und 125 m² Wohnfläche abgebildet. Prinzipiell steht das RH sanitärtechnisch auch für eine Doppelhaushälfte
- **Mehrfamilienhaus 1 (MFH1)** : ausgewählt wurde ein 4-geschossiger Zweispänner mit 8 Zwei-Zimmer-Wohnungen von je 63 m² Wohnfläche.
- **Mehrfamilienhaus 2 (MFH 2)** : auch hier wurde ein Zweispänner, jedoch mit 8 Geschossen und 16 Wohnungen à jeweils 118 m² Wohnfläche festgelegt.

Sowohl bei der Warmwasserbereitung als auch bei der –verteilung gibt es für die verschiedenen Gebäudetypen unterschiedliche Systeme, die realisiert werden können. Für das **Basis-Untersuchungsmodell** wurden folgende Festlegungen getroffen:

- zentrale Warmwasserbereitung mit Zirkulationssystem (Vor- und Rücklaufleitung)
- Wassererwärmung mit zentralem Gas-Brennwertkessel und zentralem Speicher
- Dämmung der Rohrleitungen nach EnEV (größere Dämmstärken könnten im Sanierungsfall zu Platzproblemen führen)
- Zirkulationskreis mit Rohr-an-Rohr-Verlegung (Vor- und Rücklaufleitung mit einer Dämmhülle und damit ca. 30% Energieeinsparung gegenüber getrennter Verlegung)
- Berücksichtigung der Heizgewinne durch Warmwasserbereitung und -verteilung während der Heizperiode von 185 Tagen bei einer Heizgrenztemperatur von 10°C.

Von großer Bedeutung für die Untersuchung sind die Zapfprogramme, d. h. die tägliche Abfolge der Warmwasserentnahme sowohl zeitlich als auch volumenmäßig. Um der großen Varianzbreite in der Realität gerecht zu werden, wurden in der Untersuchung verschiedene Zapfprogramme für Ein-, Zwei-, Drei- und Vier-Personen-Haushalte determiniert. Die Zuordnung der Zapfprogramme zu den Gebäudetypen erfolgte nach Plausibilitäts Gesichtspunkten (dem MFH 1 mit Wohnungen von ca. 62 m² Wohnfläche wurden z.B. Ein- und Zwei-Personen-Zapfprogramme, jedoch nicht solche mit mehr Personen zugeordnet).

Für einen aussagekräftigen Vergleich der Warmwassererzeugung und -verteilung müssen der Primärenergieaufwand und die CO₂-Emissionen in die Betrachtungen einbezogen werden. Dies geschieht durch die Bestimmung des kumulierten Energieaufwandes (KEA) sowie der CO₂-Äquivalente, in denen die klimawirksamen Emissionen CO₂, CH₄, CO, NMFOC, NO_x und N₂O zusammengefasst sind.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der Analyse des Basismodells mit einem zentralen Gas-Brennwertkessel und Zirkulationssystem zeigt sich, dass im Einfamilienhausbereich (EFH und RH) eine Zirkulationsunterbrechung unbedingt empfehlenswert ist, im Mehrfamilienhaus nur sehr eingeschränkt. Hier muss mit Benchmarks überprüft werden, inwieweit Zapfungen während der Unterbrechungszeit die möglichen Einsparungen egalisieren oder sogar zu einem Mehrverbrauch führen.

Die Zirkulationsverluste können vollständig vermieden werden, wenn auf Zirkulationsleitungen verzichtet wird. Dies ist aufgrund der hygienischen Vorschriften allerdings nur bei Leitungslängen < 3l durchführbar und kommt deshalb nur für das EFH und das RH in Betracht. Trotz deutlich erhöhter Wärmeaufwände für die Stichleitungen kann so eine Reduzierung der Warmwasserverteilungsaufwände um 30% erreicht werden. Damit verbunden sind allerdings ein erhöhter Wasserverbrauch sowie Komforteinbußen mit deutlich längeren Wartezeiten bis zu einer temperaturkonstanten Zapfung.

Der Vergleich von dezentralen Systemen (elektrische Durchlauferhitzer, Elektrospeicher und dezentrale Gas-Brennwertgeräte) mit dem Basis-Untersuchungsmodell zeigt, dass die Durchlauferhitzer dort günstigere Werte aufweisen, wo hohe Wärmeaufwände für die Zirkulation bzw. geringe Zapfvolumina auftreten (EFH mit 2- und 3-Personen-Haushalten sowie RH mit 1-Personen-Haushalt). Bei allen anderen Gebäudetypen bzw. Haushaltsgrößen liegen sowohl der KEA wie auch die CO₂-Äquivalente der Durchlauferhitzer-Varianten deutlich über den Werten des Basis-Modells. Die Elektrospeicher zeigen bei allen Gebäudetypen und Haushaltsgrößen höhere Werte beim KEA sowie der CO₂-Äquivalente.

Vergleich Gasbrennwert zentral mit Elektrodurchl. dezentral

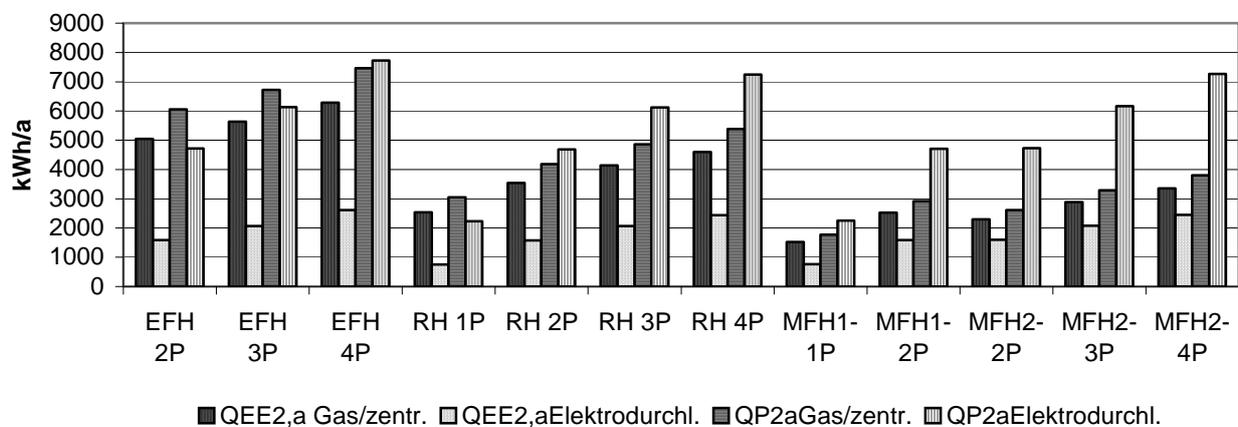


Abb.1: Vergleich des Endenergieaufwandes $Q_{EE2,a}$ und des KEA (Q_{P2a}) zwischen dem Basismodell und der dezentralen Variante mit elektrischen Durchlauferhitzern. Basismodell mit zentralem Gas-Brennwertkessel und Zirkulationssystem (6-stündige Unterbrechung bei EFH und RH, bei MFH 1 und MFH 2 ohne Unterbrechung)

Zur Vermeidung der ökologisch bedenklichen elektrischen Warmwasserbereitung können dezentrale Lösungen mit Gas-Brennwertgeräten nahe bei den Entnahmestellen realisiert werden. Dies führt bei allen Gebäudetypen und Zapfprogrammen zu teilweise erheblich geringeren Endenergieaufwänden, vor allem beim EFH und RH. Im Geschosswohnungsbau sind die dezentralen Systeme aufgrund der höheren Investitionskosten sowie der zusätzlichen Wartungs- und Schornsteinfegerkosten wirtschaftlich ungünstiger als zentrale Lösungen.

Vergleich Gasbrennwert zentral mit Gasbrennwert dezentral

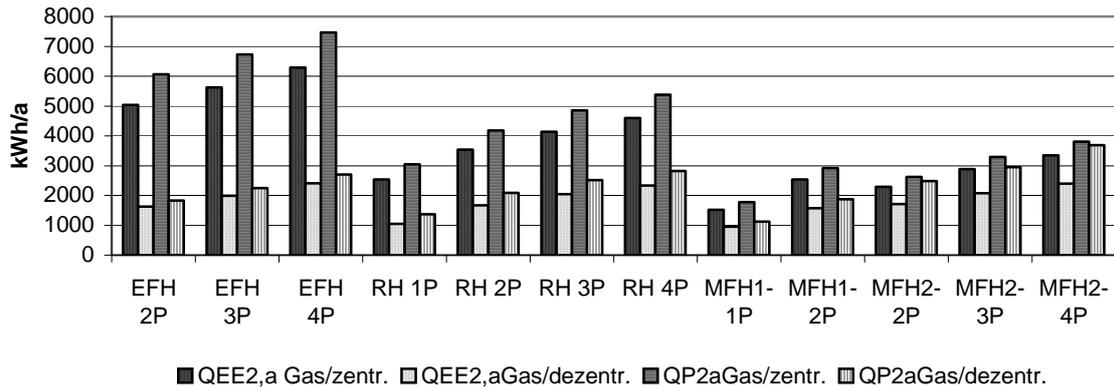


Abb.2: Vergleich des Endenergieaufwandes $Q_{EE2,a}$ und des KEA $Q_{P2,a}$ zwischen dem Basismodell mit zentralem Gas-Brennwertkessel und der Variante mit dezentral installierten Gas-Brennwertgeräten (beim Basismodell 6-stündige Unterbrechung der Zirkulation bei EFH und RH, bei MFH 1 und MFH 2 ohne Unterbrechung. Weitere Einzelheiten zur dezentralen Konzeption s. Text)

Beim Gebäudetyp EFH wird der Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einer zentralen Warmwasserversorgung untersucht. Daraus ergibt sich ein deutlich reduzierter Energieaufwand gegenüber einem Gas-Brennwertkessel während unter Berücksichtigung der vorgelagerten Aufwendungen zur Stromerzeugung der KEA nur um 4-5% bei ausschließlicher Berücksichtigung der Warmwassererzeugung und um 34% unter Einbeziehung der Heizung verringert wird. Die Analyse der Investitions- und Betriebskosten zeigt, dass eine Wärmepumpe nur bei Heizungsvorlauftemperaturen von 35°C günstiger ist.

Vergleich Basismodell mit Modell Wärmepumpe Heizung und Warmwasser

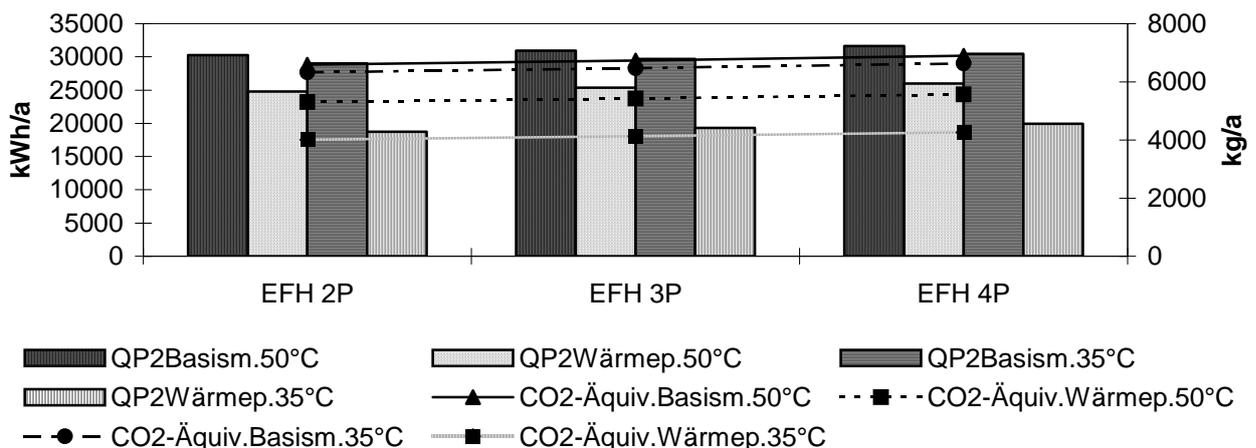


Abb.3: Vergleich der KEAs und der CO₂ - Äquivalente des Basismodells mit zentraler Wassererwärmung durch Gas-Brennwertkessel mit dem System mit einer Wärmepumpe (bei beiden Systemen Zirkulationssystem mit 6-stündiger Unterbrechung) (Heizung mit 50°C bzw. 35 °C-Vorlauftemperatur und Wassererwärmung)

Beim Gebäudetyp MFH 2 mit 16 Wohneinheiten wurde eine thermische Solaranlage als Vorwärmesystem mit 30 m² Flachkollektorfläche untersucht. Bei einem solaren Energiebeitrag von 12500 kWh/a (Reduzierung des KEA um ca. 17 100 kWh/a oder 28%) ergibt sich – bezogen auf die Gas-Brennwerterwärmung – eine Kostenreduktion von 1.100,- € pro Jahr, was bei einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung eine Amortisation von 15 Jahren bedeutet.