

Ersatzstrategie für Elektrowassererwärmer

Elektroboiler erzeugen in zirka 950 000 Wohnungen in der Schweiz warmes Wasser. Der Strombedarf dafür entspricht rund vier Prozent des aktuellen Stromkonsums. In einem Forschungsprojekt der Hochschule Luzern wurden realisierbare zentrale und dezentrale Konzepte mit Simulationen untersucht. Text **Benoît Sicre, Reto von Euw***

Das Warmwasser wird in der Schweiz in zirka 950 000 Wohnungen zentral oder dezentral mit einem Elektroheizereinsatz direkt-elektrisch erwärmt^[1]. Rund vier Prozent des aktuellen Schweizerischen Strombedarfs wird dafür verwendet. Diese ineffiziente Nutzung von elektrischem Strom für die Wassererwärmung soll gemäss der Energiestrategie 2050 des Bundesrats durch effizientere Lösungen ersetzt werden.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

In Mehrfamilienhäusern wird ein Ersatz durch eine energieeffizientere Lösung oft als sehr aufwendig bzw. praktisch unmöglich erachtet. Grund dafür ist der dabei nötige Eingriff in die bestehende Wärmeversorgungsstruktur (Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung sowie bauliche Anpassungen) des Gebäudes. Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht jedoch vor, dass der Verbrauch von elektrischem Strom für Widerstandsheizungen und die Warmwasseraufbereitung deutlich sinken soll.

Ein wesentliches Ziel der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE, Ausgabe 2014) ist, dass sich neue Gebäude ab 2020 ganzjährig möglichst selber mit Wärmeenergie und einem angemessenen Anteil Elektrizität versorgen. Die MuKE 2014 verbieten in Wohnbauten den Neueinbau von zentralen Elektrowassererwärmern, die zu 100 Prozent rein elektrisch zum Einsatz kommen. Deshalb sind energieeffiziente Warmwasserversorgungen notwendig, die ins Heizungssystem integriert

Benoît Sicre, Leiter Forschungsgruppe Gesundheit und Hygiene; Reto von Euw, Dozent für Gebäudetechnik. Beide forschen am Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Energie mitfinanziert.

sind oder mit mindestens 50 Prozent erneuerbarer Energie betrieben werden können.

Datenerhebung und Herangehensweise

Im Wohnungsbau fehlen bewährte Lösungsansätze für einen kosteneffizienten Ersatz von dezentralen Elektrowassererwärmern. Es werden Lösungen gesucht, die eine Integration in das bestehende Wärmeversorgungs- resp. Heizungsnetz ermöglichen. Ein vom Bundesamt für Energie mitfinanziertes Forschungsprojekt der Hochschule Luzern setzte sich mit dieser Problematik auseinander und hatte als Ziel, zentrale und dezentrale Systemkonzepte miteinander zu vergleichen^[2].

In einem ersten Schritt lieferte eine Literaturrecherche die Grundlage für die Ermittlung statistisch relevanter Daten für die Typisierung und die Potenzialabschätzung von Mehrfamilienhäusern, bei denen die Warmwasserversorgung dezentral direkt-elektrisch erfolgt.

Dann folgte während jeweils mindestens eines Jahrs eine Langzeitmessung der Warmwassermenge und der Energieflüsse in zehn statistisch typischen Wohnungen. Die zeitlich hochaufgelösten Datenreihen von Temperaturen, Volumen und Stromverbrauch bildeten die Grundlage für die Entwicklung von praxisnahen Lastgängen für die Simulation.

Zum Schluss wurden zentrale und dezentrale Anlagen modelliert und mit einem dynamischen Gebäudesimulationstool untersucht.

Versorgungskonzepte und Randbedingungen

In der Studie wurden die Warmwasserversorgungskonzepte nach folgenden Fragestellungen ausgearbeitet:

■ Kann die bestehende Heizung für die Warmwasserversorgung verwendet werden?

- Soll die Wärme heizungs- oder trinkwasserseitig gespeichert werden?
- Erfolgt die Warmwasseraufbereitung zentral oder dezentral?

Insgesamt wurden vier Lösungsansätze hinsichtlich ihres zu erwartenden Sparpotenzials ausgewählt. Der Istzustand (Variante A), d.h. dezentrale elektrische Speicherwassererwärmer (SPWE), bildete dabei den Referenzfall. Die Variante B stellte einen Umbau auf eine klassische zentrale Versorgung mit Warmhaltung dar. Bei der Variante G, dezentralen Durchflusserhitzern (DFE), wurden zwei Warmwassertemperaturen untersucht (55 Grad und 50 Grad, Temperatur an der Entnahmestelle), damit der Einfluss der Senkung dieser Temperatur auf den Primärenergiebedarf quantifiziert werden konnte.

In den Varianten B* und G50* wurde ansatzweise und exemplarisch der Einsatz einer Wärmepumpe als Wärmeerzeuger behandelt (zusätzliche Bezeichnung mit *). Hierfür wurde der ermittelte Wärmebedarf aus den Varianten B bzw. G50 übernommen und anhand der COP-Werte in einen Endenergiebedarf mit elektrischem Strom als Energieträger umgerechnet.

In Anlehnung an die Häufigkeit von den mit Elektrowassererwärmern ausgestatteten Gebäuden richtete sich der Fokus der Simulation auf Gebäude mit Zentralheizung und Heizöl als Energieträger. Die Häuser stammten aus den Bauperioden 1946–1960 und hatten einen jährlichen Heizwärmebedarf von ca. 100 kWh/m². Es wurde ein repräsentatives Gebäude definiert und für die Simulationsberechnungen modelliert. Es besitzt vier Stockwerke und ist unterkellert (*Abbildung 1*). Die mittlere Belegung beträgt 2.2 Personen pro Wohnung. Der mittlere Tagesverbrauch an Warmwasser liegt pro Person bei 35 Litern. ▶

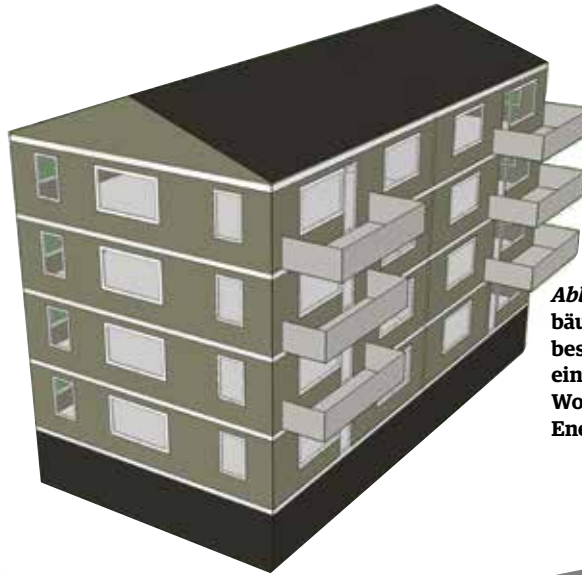
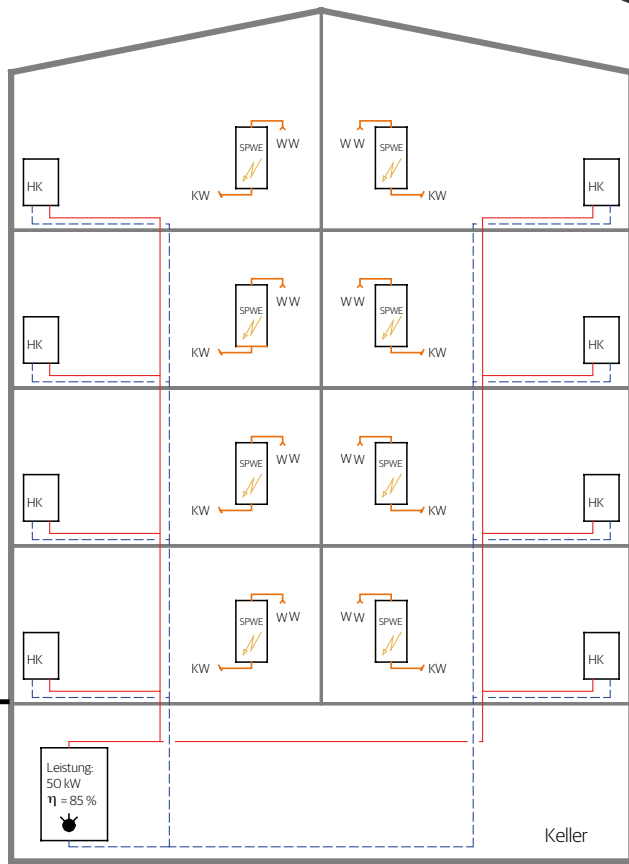
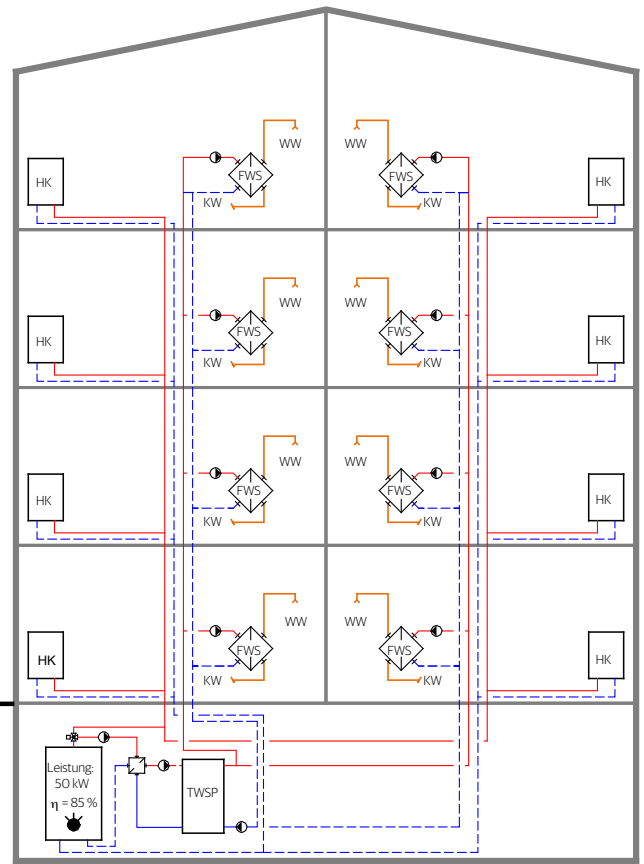


Abbildung 1: Das Referenzgebäude in der Simulation besteht aus 4 Stockwerken und einem Keller. Alle acht Wohnungen haben die gleiche Energiebezugsfläche.



Referenzfall, dezentrale Elektrowassererwärmer.



Die Variante G55, dezentrale Durchflusswassererwärmer.

► Simuliert wurden die jährlichen Nutzenergien für Raumheizung und Warmwasser. Die Gesamtbewertung erfolgte auf Stufe der nicht erneuerbaren Primärenergien für Heizung und Warmwasser, die mit Primärenergiefaktoren gemäss der KBOB 2015 [3] berechnet wurden. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Wärmebedarf aus Heizöl und elektrischem Strom direkt miteinander zu vergleichen.

Einfluss der Verteil- und Speicherverluste
In einem Warmwasserversorgungssystem können Wärmeverluste an drei Stellen entstehen: in der Speicherung, in den

warmgehaltenen Leitungen und in den Ausstossleitungen. Abhängig von der gewählten Versorgungsvariante befindet sich der Warmwasserspeicher bzw. der Wärmeübertrager in beheizten oder unbeheizten Räumen. Somit sind diese Wärmeverluste, abhängig vom Entstehungsort und der Jahreszeit, für Heizzwecke nutz- oder nicht nutzbar. Dies wurde in der Simulation berücksichtigt: die Wärmeverluste wurden in nutzbare Wärmeverluste des Warmwasserspeichers in Wohnungen (Variante A), nutzbare Ausstossverluste in Wohnungen, Verluste aus dem Warmwasserspeicher im Keller (Variante

B) sowie Zirkulationsverluste in der Gebäuderschliessung (Varianten B und G) aufgeteilt.

Abbildung 2 stellt den jährlichen Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser für das Referenzgebäude und die drei weiteren Varianten dar. Aus Sicht des Primärenergieeinsatzes schneidet die Variante G50 am besten ab, knapp vor der Variante G55 und der Variante B. Den höchsten Primärenergieverbrauch weist der Referenzfall mit den dezentralen Elektrowassererwärmern auf. Der Unterschied zwischen der Variante G50 und dem Referenzfall liegt bei ungefähr 12 Prozent.

Effizienzsteigerung bei der Wärmeerzeugung

Entscheidend in der Studie war die Annahme einer zentralen Wärmeerzeugung auf Basis eines Heizöl-Brennwertkessels. Sollte im Rahmen der Modernisierungsarbeiten nicht nur die Warmwasserversorgung ersetzt werden, sondern auch der Wärmeerzeuger, könnte ein effizienteres Heizgerät die Ergebnisse wesentlich beeinflussen.

Um die Potenziale exemplarisch aufzuzeigen, wurde der Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser mit folgenden Annahmen neu berechnet:

- Zentrale Wärmepumpe (WP) für Heizung und Warmwasser, mit fallweise zentraler WWSP (Variante B*) oder dezentralen DFE (Variante G*)

- Raumheizung mit Jahresarbeitszahl JAZ = 3,0 (vgl. SIA 384/3)

- Brauchwassererwärmung mit JAZ = 2,6 (vgl. SIA 384/3)

Dank der Effizienzsteigerung kann der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf im Durchschnitt um 44 Prozent gegenüber dem Referenzfall gesenkt werden (Abbildung 3). Der Einsatz von dezentralen DFE mit einer Entnahmetemperatur von 50 Grad bewirkt eine kaum relevante Senkung von ungefähr drei Prozent gegenüber dem zentralen WWSP mit WP.

Eine Effizienzsteigerung bei der Wärmeerzeugung – beispielsweise durch eine WP – kann eine doppelt so hohe Reduktion an nicht erneuerbarer Primärenergie bewirken, wie die Umstellung von einer dezentralen auf eine zentrale Warmwasserversorgung mit dem Energieträger Heizöl.

Fazit und Ausblick

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass sich zentrale und dezentrale Lösungen energetisch kaum voneinander unterscheiden lassen. Eine bedeutsamere Rolle spielen die Effizienz des Wärmeerzeugers und die Wärmeverluste der Warmwasserversorgung.

Sollte zusätzlich zur Erneuerung der Warmwasserversorgung auch die der Wärmeerzeugung anstehen, eröffnen sich dem Investor hinsichtlich Energieeinsparpotenziale ganz andere Gestaltungsmöglichkeiten. Kann der Energiebedarf grösstenteils mit erneuerbaren Energien abgedeckt werden, wie zum Beispiel bei Wärmepumpenboilern oder bei solarthermischen Anlagen, wird der Bedarf an fossiler Energie deutlich reduziert. Wärmepumpenboiler könnten in jeder einzelnen Wohnung, zum Beispiel anstelle des reinen Elektroboilers, aufgestellt werden. Als Verdampfungswärme beziehen diese die Wärme aus der Raumluft (Raumluftwärmepumpe) oder aus der Aussenluft (Split-Wärmepumpe mit aussenliegendem Verdampfer). Eine

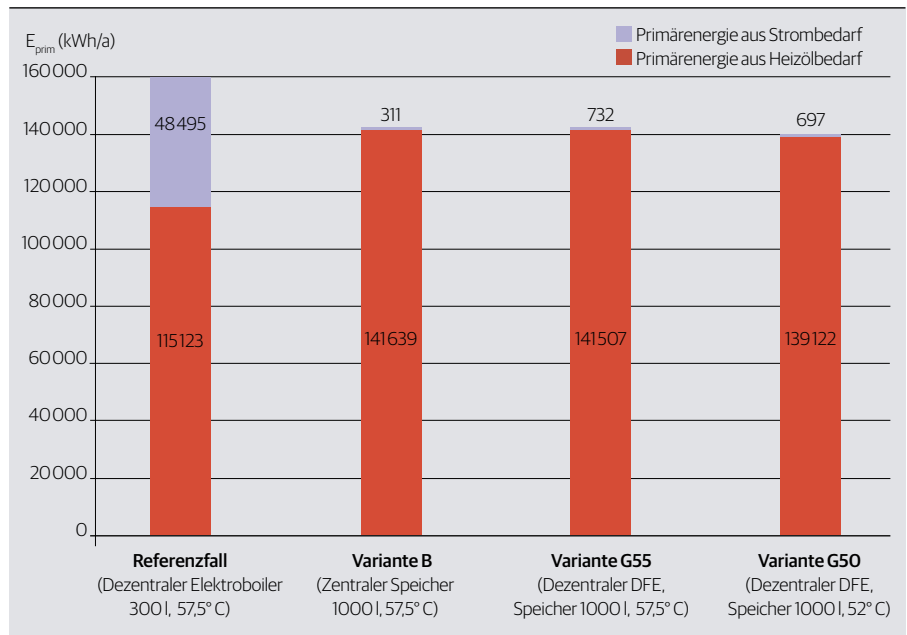


Abbildung 2: Übersicht des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser vom simulierten Wohnhaus mit acht Wohneinheiten im Jahr 2014 nach Literatur^[3].

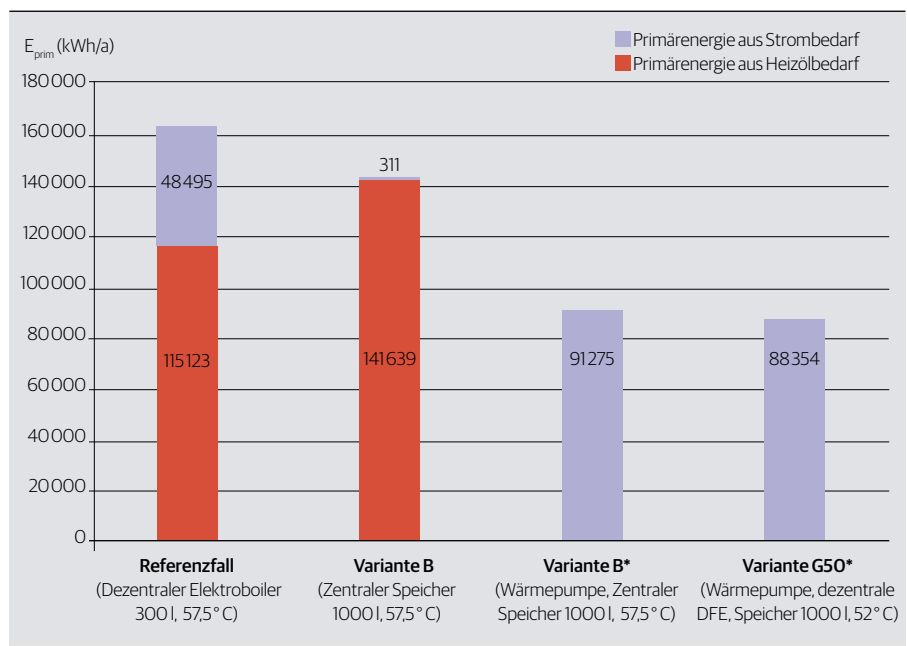


Abbildung 3: Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf für die Strom- und Wärmebereitstellung bei vier Versorgungskonzepten.

weitere Möglichkeit wäre, die Verdampfungswärme aus dem Heizungsrücklauf zu gewinnen (Heizungsrücklauf-Warmwasser-Wärmepumpe). Architektonische, bauphysikalische Aspekte, Schallemissionen oder installationstechnische Fragen können jedoch gegen die eine oder andere Variante sprechen. Welche dezentralen Lösungen mit hohem erneuerbarem Energieanteil für den Wohnungsbau tatsächlich in der Praxis am besten geeignet sind, soll in künftigen Projekten untersucht werden. ■

Literatur

- [1] Nipkow, J.: Elektrische Wassererwärmung in der Schweiz, BFE, Schlussbericht, Bern, 2014
- [2] Sicre, B., von Euw, R., Heim, T.: Strategie für den Ersatz von Elektrowassererwärmern unter Einbezug des Gesamtwärmesystems im Gebäude, Bundesamt für Energie, Bern, 2016
- [3] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB): Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2014, Herausgeber: Bundesamt für Bauten und Logistik, Bern, 2015