

Wärmespeicherung, der schwache Punkt bei Solar- und Wärmepumpenanlage / Von Franz Klosa

Die wirtschaftliche Nutzung der Umweltwärme für Heizzwecke über Solaranlagen mit Flachkollektoren oder Wärmepumpen setzt eine wirtschaftliche Speicherung der Wärme voraus. Konventionelle Wärmespeicher, wie Warmwasser- oder Gesteinsspeicher, sind nicht zweckmäßig, da sie zu große Volumina und hohe Investitionskosten erfordern. Um das Sparpotential gegenüber konventionellen Energieträgern völlig zur Geltung zu bringen, bedarf es moderner Energiepeicher mit hoher Energiedichte und konstanter Arbeitstemperatur. Im Rahmen einer vom BMFT geförderten Studie [1] über eine alternative Energiebedarfsdeckung für den Rhein-Neckar-Raum wurden auch u. a. die Möglichkeiten der Wärmespeicherung in Verbindung mit Solar- und Wärmepumpenanlagen untersucht.

Die Entwicklung von Solaranlagen ist nach den Ölkrise(n) technisch erfolgreich verlaufen. An Komponenten stehen einfache Flachkollektoren in den unterschiedlichsten Ausführungen zur Verfügung. Die Hochleistungskollektoren mit Vakuumröhren sind jedoch noch nicht als ausgereiftes Serienprodukt anzusehen. Einfache Solaranlagen der ersten Generation können aus wirtschaftlichen Gründen nur zur Erwärmung von Brauchwasser verwendet werden. Dabei kann durch den ganzjährigen Einsatz auch das große Energieangebot der Sonne im Sommer genutzt werden.

Raumheizung mit Sonnenenergie ist wegen der erforderlichen großen Kol-

lektorflächen und der Notwendigkeit einer etwa 60prozentigen Deckung des Heizungs- und Brauchwasser-Wärmebedarfs, durch eine Öl-Zusatzheizung etwa, zu teuer. Die Nutzenergiekosten solcher Anlagen liegen für ein freistehendes Einfamilienhaus mit einem stündlichen Wärmebedarf von 20 kW rund zweimal höher als bei einer Fernwärmeheizung, 1,7mal höher als bei einer Gaskesselheizung und 1,5mal über denen einer Ölkesselheizung [1].

Vergleicht man für das betrachtete Einfamilienhaus die Nutzenergiekosten einer elektrischen bivalent/alternativ betriebenen Luft/Wasserwärmepumpe mit Öl-Zusatzheizung – die heute in diesem Leistungsbereich unter den Wärmepumpen noch am sinnvollsten ist –, ergeben sich entsprechend dem vorherigen Beispiel Faktoren von 1,5 (Fernwärme), 1,2 (Gasheizung) und 1,2 (Ölheizung). Bei der Untersuchung wurden die Energiepreise für Heizöl und Gas mit 85, für den elektrischen Strom mit 135

und für die Fernwärme mit 100 DM/MWh angesetzt.

Es ist eindeutig, daß trotz der mit Solar- und Wärmepumpenanlagen möglichen Energieeinsparung gegenüber herkömmlichen Heizungsanlagen, erstere wegen der erforderlichen hohen Investitionskosten für Kollektoren, Speicher und Zusatzheizung noch nicht konkurrenzfähig sind. Die angedeutete Energieeinsparung gilt jedoch nicht beim Vergleich mit Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung mit einem End-Primärenergiewirkungsgrad von etwa 3. Die Fernwärme nutzt die Energie zur Zeit am besten aus.

Eine der wichtigsten Ursachen dafür, daß die „neuartigen“ Systeme kostenmäßig schlechter abschneiden, liegt darin begründet, daß bei der Entwicklung von Wärmepumpen bisher keine wirklichen Fortschritte zu verzeichnen sind. Der Wärmespeicher ist nach wie vor die schwächste Komponente einer Solar- bzw. Wärmepumpenanlage. Es wird häufig die Frage gestellt, ob man nicht die grenzenlos zur Verfügung stehende Sonnenwärme für den Winter speichern kann, insbesondere im Bereich der Einfamilienhäuser. Für mehrgeschossige Mehrfamilienhäuser, in denen die meisten Menschen wohnen, ist die Sonnenenergienutzung noch schwieriger.

Als Medium für die Speicherung von Niedertemperaturwärme wird heute ausnahmslos Wasser benutzt. Diese konventionellen Wärmespeicher haben viele Vorteile, z. B. Umweltfreundlichkeit des Speichermediums, vielseitige Verfügbarkeit, erprobte Technik und geringer Betriebsaufwand. Sie weisen je-

Dipl.-Ing. Franz Klosa ist Mitarbeiter der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH. Im Rahmen der diesem Artikel zugrunde liegenden BMFT-Studie hat er das Kapitel „Wärmezentralen und Wärmeanwendung in den Gebäuden“ verfaßt. Anschrift: Franz Klosa, Delpstraße 11, 6940 Weinheim.

Energieversorgung dezentralisieren / Fortsetzung von Seite 21

Fehlentwicklung

Was sind die Ursachen für das, was als Fehlentwicklung erkannt wurde und welche Hemmnisse müssen auf dem Weg zu einer „Energiewende“ überwunden werden?

1. Die heutige Machtkonzentration der Verbundunternehmen auf dem Energiemarkt.
2. Die rechtliche Absicherung der Monopolunternehmen.
3. Das Großverbundsystem der Elektrizitätswirtschaft, das auf Großkraftwerken basiert und inzwischen ganz Europa überspannt.
4. Die Verflechtung von Energiewirtschaft und staatlichen Finanzen, insbesondere auf der kommunalen Ebene.

Utopie?

Als „konkrete Utopie“ wird der Entwurf einer rekommunalisierten Elektrizitätswirtschaft bezeichnet, die wie folgt aussehen könnte:

1. Die örtliche/regionale Basiseinheit für Produktion und Verbrauch sind die Städte, Gemeinden und Kreise.
2. Die örtlichen Netze in den jeweiligen Verbrauchsgebieten werden kommunales Eigentum.

3. Eine einheitliche Tarifordnung für alle Spannungsebenen und Transportentfernungen regelt die für jeden anerkannten Kraftwerksbetreiber zugängliche Nutzung der Netze, insbesondere die Einspeisevergütungen.

4. Die grundlegende Primärenergiebasis der Stromerzeugung wird vergesellschaftet und von der Stromerzeugung entflochten.

5. Das schwierigste Problem bildet der technische, wirtschaftliche und eigentümliche Übergangsprozeß hinsichtlich der Kraftwerke.

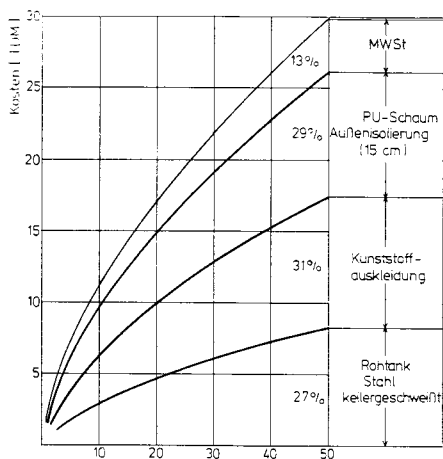
6. Die vorherrschende Unternehmensform in diesem Szenario sind „kommunale Energiedienstleistungsunternehmen“ (EDU). Sie arbeiten im Querverbund, besitzen die örtlichen Netze und betreiben, wo sinnvoll, auch die Kraftwerke.

Nicht mangelnde wirtschaftliche Möglichkeiten an dezentralen Kraftwerken haben nach Ansicht des Öko-Instituts zum Aufbau des Großkraftwerkssystems geführt, sondern die Interessenlage der Verbund-EVU und der stromintensiven Industrie. Auch derzeit bestehe ein großes Potential an dezentralen Erzeugungstechnologien, die unter ökologischen und energetischen Ge-

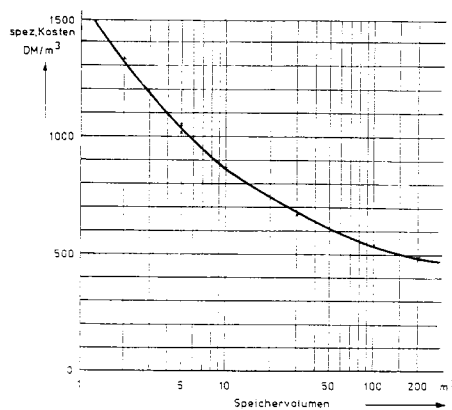
sichtspunkten dem heutigen Kraftwerkssystem weit überlegen seien. Was sich hinter der gebetsmühlenhaft wiederholten Floskel von der „sicheren und billigen“ Stromversorgung alles verbirgt, so legt das Buch Vieles offen. Dabei sind geschichtliche Zusammenhänge durchaus wichtig, auch wenn sie bis in das Jahr 1902 zurückreichen, da die Industriellen H. Stinnes und A. Thyssen die Aktienmehrheit am RWE erwarben.

Dem PURPA-Gesetz der USA aus dem Jahre 1978, das u.a. die Energieeinspeisung in vorhandene Stromnetze regelt, widmen die Verfasser des Buches ein eigenes Kapitel. Zu Recht, denn daran wird deutlich, was eine rechtlich abgesicherte Dezentralisierung der Energieversorgung, selbst oder gerade in so einem kapitalistischen Land wie den USA, zuwege bringen kann.

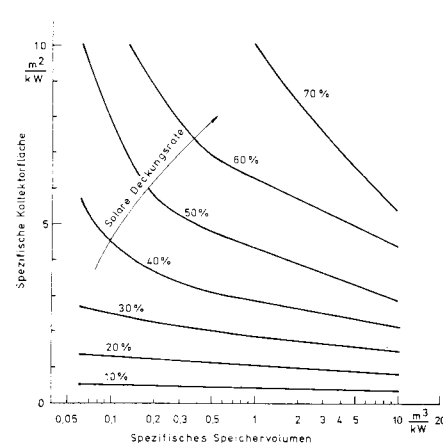
Hennicke/Johnson/Kohler/Seifried, „Die Energiewende ist möglich – Für eine neue Energiepolitik der Kommunen, 375 S., S. Fischer Verlag, Frankfurt, DM 36,-.



Kosten für handelsübliche, im Keller geschweißte Stahltanks mit Wärmedämmung; Preisstand 1983.



Spezifische Investitionskosten für Warmwasserspeicher in Betonbauweise mit 40 cm Isolierung aus Steinwolle und Kunststoffauskleidung; Preisstand 1983.



Solare Deckungsrate in Abhängigkeit von spezifischer Kollektorfläche und spezifischem Speichervolumen für eine Kombination von Solaranlage und Ölkessel.

doch große Volumina und damit verbunden hohe Investitionskosten auf.

Wie wichtig für die Sonnenenergienutzung die Entwicklung von Wärmespeichern mit großer Wärmekapazität und kleineren Volumina wäre, zeigen zwei Beispiele für eine Solaranlage mit und ohne Zusatzheizung. Dabei werden beispielhaft die konventionellen Warmwasserspeicher zur Überbrückung der kalten Zeitperioden eingesetzt:

Angenommen wird, daß der Fehlbeitrag am Jahreswärmebedarf von 22 MWh des Einfamilienhauses nur rund 50 %, also 11 MWh beträgt. Die Solaranlage ohne Wärmepumpe und Zusatzheizung werde mit der sehr großen Kollektorfläche von 100 m² ausgestattet. Es müßte dann, unter Berücksichtigung von 20 % Speicherwärmeverlusten, eine Wärmemenge von

$$Q = 22 \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 13,2 \text{ MWh}$$

im Sommer gewonnen und von Ende September bis März bevorratet werden. Das Speichervolumen eines konventionellen Warmwasserspeichers mit 60 °C Speichertemperatur und 35 °C Heizwassertemperatur (z. B. für eine Fußbodenheizung) betrüge dann

$$V_{sp} = \frac{13,2 \cdot 3600}{4,186 (60 - 35)} = 454 \text{ m}^3$$

Solche Speichergößen sind auch für den eifrigsten Verfechter der Solarenergie nicht tragbar.

Das schwierige Speicherproblem kann teilweise durch den Einsatz einer Wärmepumpe erleichtert werden. Dabei erreicht man eine Absenkung der Kolleortemperatur und einen Anstieg der Wärmeausbeute aus den Sonnenkollektoren. Im Falle des Einfamilienhauses mit einer Kollektorfläche von 100 m² müßte dann ein Fehlbeitrag am Jahreswärmebedarf von nur etwa 20 % gespeichert werden. Der Speicher könnte im Winter durch die Wärmepumpe bis zur Vereisung abgekühlt werden.

Es treten keine Wärmeverluste auf, und um die Wärmedämmung völlig weglassen zu können, werde das gespeicherte Wasser nur auf 12 °C aufge-

$$V_{sp} = \frac{Q_{sp} \cdot 3600}{c_w \cdot \Delta t_{sp} + h_f \cdot f_E} \cdot \frac{\beta_j - 1}{\beta_j \cdot \varrho} \quad [\text{m}^3]$$

In dieser Gleichung sind:

- Δt_{sp} 12 – 0 = 12 °C
- h_f Vereisungs- bzw. Schmelzenthalpie des Wassers = 335 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
- f_E Vereisungsgrad = 0,5 (50 % des Wassers werden in Eis umgewandelt)
- β_j Arbeitszahl der Wärmepumpe; angenommen = 3
- ϱ Dichte des Wassers = 1 $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
- c_w spezifische Wärmekapazität von Wasser = 4,186 kJ/kg K
- Q_{sp} 22 MWh · 0,2 = 4,4 MWh
- $V_{sp} = \frac{4,4 \cdot 3600}{4,186 \cdot 12 + 335 \cdot 0,5} \cdot \frac{3 - 1}{3 \cdot 1} = 48 \text{ m}^3$

heizt. Das notwendige Speichervolumen V_{sp} errechnet sich zu [2]:

Wird der Speicher im Erdreich untergebracht, ist eine Wärmedämmung wegen der Schwitzwasserbildung bei Abkühlung auf 0 °C nicht erforderlich. Die Aufstellung im Keller erfordert eine Isolierung von 20 bis 30 mm Dicke.

Bei dieser Größenordnung muß bei einem Speicher aus Stahlbeton mit spezifischen Investitionskosten von etwa 600 bis 650 DM/m³ gerechnet werden. Stellt man die Kosten aller Anlagenkomponenten zusammen, d. h. auch die der Wärmepumpe, der Kollektoren und der Heizungsinstallation, so ergibt sich ein Betrag für das Einfamilienhaus von rund 100 000 DM [1], der verständlicherweise in den meisten Fällen nicht tragbar ist.

Die Zusammenhänge zwischen dem spezifischen Speichervolumen eines Wasserspeichers, der spezifischen Kollektorfläche und der solaren Wärmebedarfs-Deckungsrate für die Kombination einer Solaranlage mit Ölkessel zeigt die obenstehende Graphik [3]. Diese Darstellung gilt für Wetterbedingungen in Norddeutschland, nach Süden orientierte Flachkollektoren mit Doppelverglasung und schwarzem Absorber unter

einem Neigungswinkel von 45 Grad. Es zeigt sich, daß eine bestimmte solare Wärmebedarfs-Deckungsrate durch unterschiedliche Kombinationen von Kollektorfläche und Speichervolumen erzielt werden kann.

Für ein Einfamilienhaus mit z.B. 13 kW Wärmeleistungsbedarf können maximal etwa 4 m²/kW spezifischer Kollektorfläche noch realistisch sein. Das erforderliche Speichervolumen betrüge dann bei 40prozentiger solarer Deckungsrate etwa 2,5 m³, bei 55prozentiger Deckung schon etwa 100 m³. Die solare Deckungsrate läßt sich also durch Vergrößerung des Volumens eines konventionellen Warmwasserspeichers nur geringfügig verbessern. Dies ist auf die geringe Wärmekapazität des Speichermediums und die mit größeren Speicheraußenflächen wachsenden Wärmeverluste zurückzuführen.

Nach der Ölpreiskrise wurden zwar auch Latentwärmespeicher und thermochemische Speicher weiterentwickelt, für den praktischen Einsatz sind sie jedoch bis heute ohne Bedeutung geblieben. Die gesteckten Ziele wurden auf diesem Felde nicht erreicht. Hier besteht auch für die Zukunft ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Neue technologische Ansätze sind beim Vakuum- und Zeolithspeicher erkennbar. Das Preis-Leistungs-Verhältnis muß jedoch bei diesen Speichertypen noch erheblich verbessert werden. Jeglicher Fortschritt in der Wärmespeicherung ist weit über die Solar- bzw. Wärmepumpentechnik hinaus von Bedeutung.

Literatur

- [1] Winkens, H.P.: Versorgungskonzept für den Rhein-Neckar-Raum, Studie im Auftrag des BMFT, Mannheim, Mai 1984.
- [2] Kirn, H. / Hadenfeldt, A.: Wärmepumpen, Karlsruhe, 1979.
- [3] KFA Jülich: Niedertemperatur-Wärmeversorgung unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter neuer Technologien, Dezember 1979.