

PERFORMANCE-VERGLEICH SOLAR UNTERSTÜTZTER NAHWÄRMEVERSORGUNGSSYSTEME MIT SAISONALER WÄRMESPEICHERUNG

D. Bauer¹⁾, R. Marx¹⁾, J. Nußbicker-Lux¹⁾, F. Ochs^{1), 2)}, W. Heidemann¹⁾, H. Müller-Steinhagen^{1), 3)}

¹⁾ Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel.: 0049-711-685-69445, Fax: 0049-711-685-63503

E-mail: bauer@itw.uni-stuttgart.de

²⁾ Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

³⁾ DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart

1 Einleitung

Elf solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme mit saisonaler Wärmespeicherung wurden in den letzten dreizehn Jahren im Rahmen der Forschungsprogramme „Solarthermie 2000“ und „Solarthermie2000plus“ [1] gebaut. Dabei wurden vier unterschiedliche Konzepte für saisonale Wärmespeicher (Heißwasser-Wärmespeicher, Kies/Wasser-Wärmespeicher, Aquifer-Wärmespeicher und Erdsonden-Wärmespeicher) erarbeitet, verwirklicht und erfolgreich betrieben (siehe u. a. [2], [3], [4]). Jedes dieser Konzepte ist in mindestens einer Anlage realisiert und über mehrere Jahre detailliert messtechnisch hinsichtlich seiner Performance untersucht worden.

Basierend auf diesem langjährigen Monitoring werden in diesem Beitrag sieben solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme mit saisonaler Wärmespeicherung verglichen. Der Vergleich umfasst die auf die Kollektorfläche bezogene Leistungsfähigkeit der Anlagen hinsichtlich solarer Einstrahlung, Kollektorsertrag und ins Netz eingespeister Solarwärme über bis zu zwölf Betriebsjahre. Um die unterschiedlichen Speichertypen im Anlagenumfeld zu vergleichen, wird des Weiteren das Verhältnis von ins Netz eingespeister Solarwärme zum Kollektorsertrag (jeweils kollektorflächenbezogen) dargestellt. Obwohl kein genereller Vorteil eines bestimmten Speicherkonzepts festgestellt wurde, lassen sich klare, durch Technologie-Weiterentwicklung gewonnene Vorteile der Anlagen der neueren Generation gegenüber den älteren Anlagen aufzeigen. Weitere Informationen zu Betriebserfahrungen sowie Wärmebilanzen der Anlagen finden sich in [5].

2 Untersuchte solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme

Bei den untersuchten Systemen handelt es sich um die Anlagen in Hamburg, Friedrichshafen, Neckarsulm, Rostock, Steinfurt, Hannover und Crailsheim (letztere zum Vergleich noch ohne saisonale Wärmespeicherung). In diesen Anlagen wurden die Speicherkonzepte „Erdsonden-Wärmespeicher“, „Aquifer-Wärmespeicher“, „Heißwasser-Wärmespeicher“ sowie „Kies/Wasser-Wärmespeicher“ umgesetzt. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Daten der sieben Anlagen aufgeführt.

Tabelle 1: Daten der zum Vergleich herangezogenen solar unterstützten Nahwärmeversorgungssysteme in Hamburg, Friedrichshafen, Neckarsulm, Rostock, Steinfurt, Hannover und Crailsheim

	Kollektorfläche [m ²]	Speichergröße [m ³]	Speichertyp
Friedrichshafen	4 050	12 000	Heißwasser-Wärmespeicher
Neckarsulm	5 670	63 360	Erdsonden-Wärmespeicher
Rostock	980	20 000	Aquifer-Wärmespeicher
Crailsheim	5 714*	39 000	Erdsonden-Wärmespeicher
Hamburg	3 000	4 500	Heißwasser-Wärmespeicher
Hannover	1 350	2 750	Heißwasser-Wärmespeicher
Steinfurt	510	1 500	Kies/Wasser-Wärmespeicher

* Stand Januar 2010, Betrieb bis 2008 noch ohne saisonalen Wärmespeicher

3 Ergebnisse und Bewertung

Zur Bewertung solarthermischer Anlagen wird meist der solare Deckungsanteil herangezogen (der Sollwert für die hier untersuchten solar unterstützten Nahwärmeversorgungssysteme liegt um 50%). Dieser sagt allerdings noch nichts über die Effizienz der Anlagen aus. Aus diesem Grund werden die untersuchten Anlagen im Folgenden kollektorflächenbezogen charakterisiert.

Die Summe der jährlich auf einen Quadratmeter Kollektorebene fallenden Globalstrahlung („Solarstrahlung in Kollektorebene“) ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Abbildung 2 zeigt die von den Kollektoren daraus gewonnene Wärmemenge pro Quadratmeter Kollektorfläche („Wärmelieferung der Kollektoren“). Den Verlauf der in die Nahwärmenetze abgegebenen solar erzeugten jährlichen Wärmemenge („solare Nutzwärme“) zeigt Abbildung 3.

Obwohl die größten Globalstrahlungssummen in Friedrichshafen gemessen wurden, weisen die dort installierten Kollektoren nur mittelmäßige Wärmelieferungen auf. Die höchsten Werte der Wärmelieferung der Kollektoren und der in das Nahwärmenetz

abgegebenen solaren Nutzwärme wurden in Rostock erreicht. Es ist jedoch ein deutlicher Einbruch der solaren Nutzwärme in den Jahren 2006 und 2007 aufgrund eines Defekts der Wärmepumpe zu erkennen.

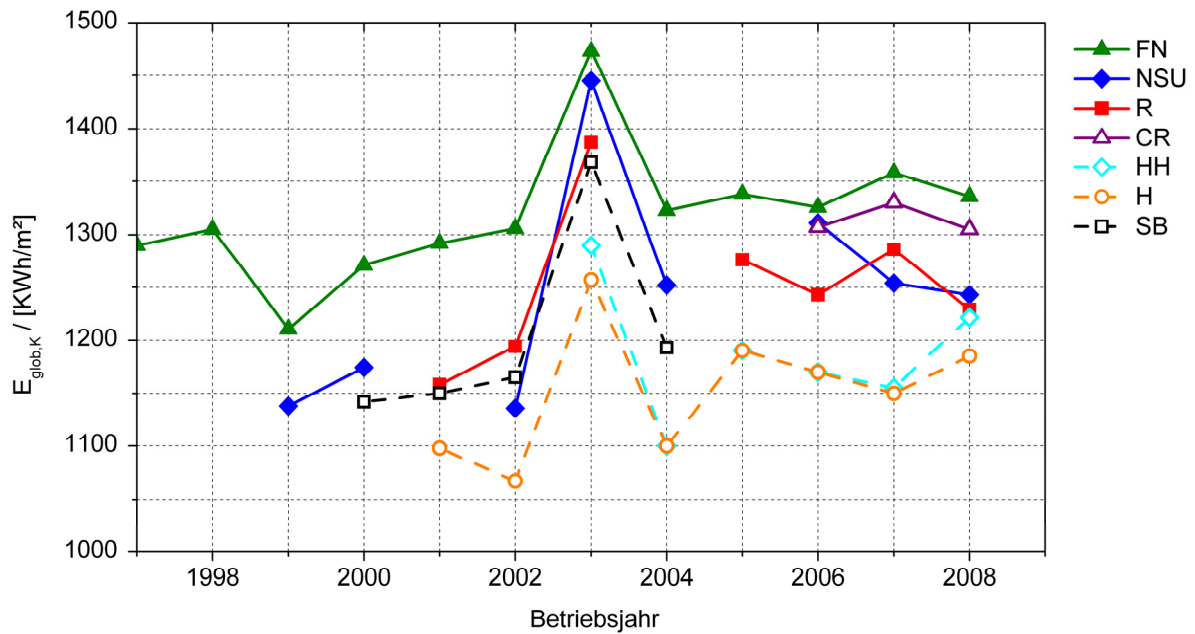


Abbildung 1: Solarstrahlung in Kollektorebene in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

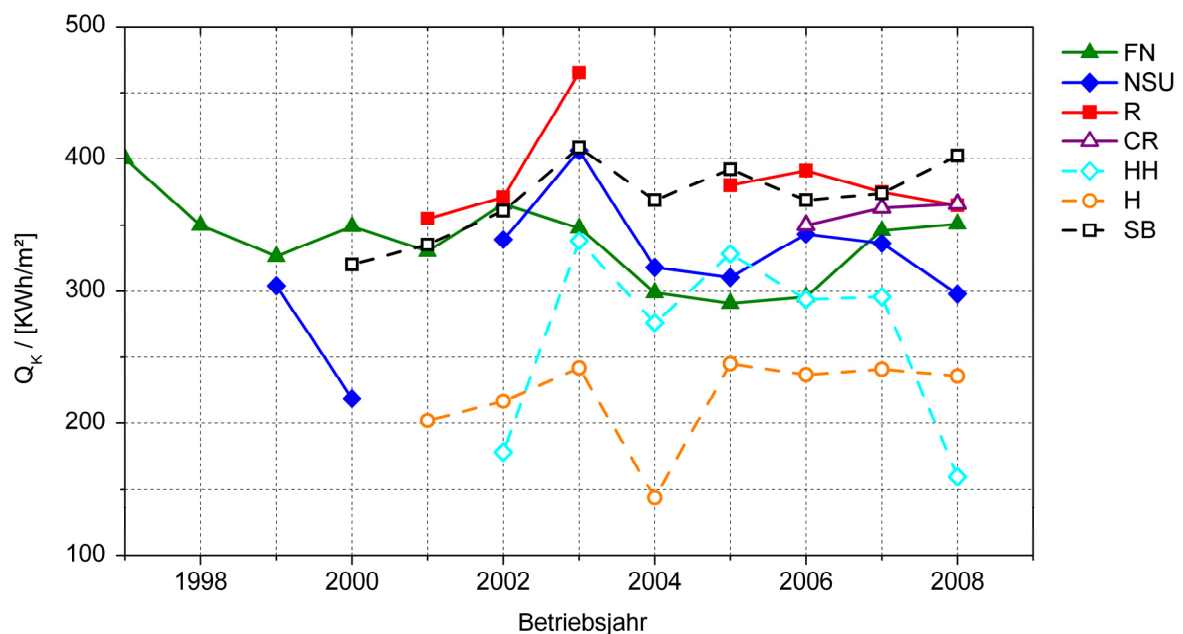


Abbildung 2: Wärmelieferung der Kollektoren in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

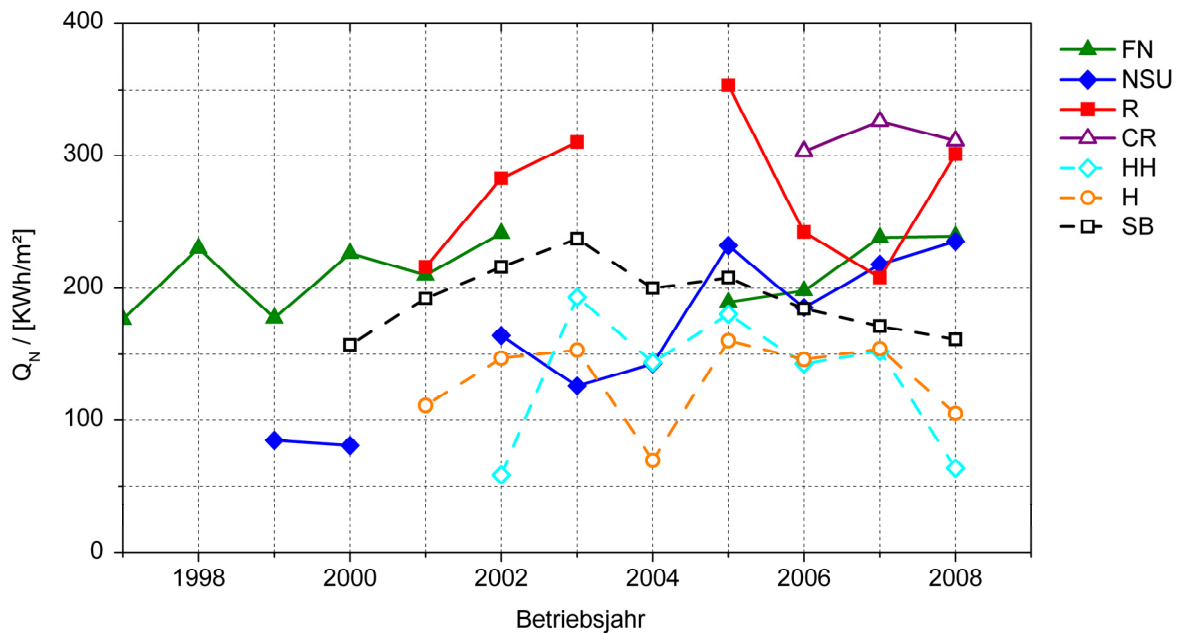


Abbildung 3: In das Nahwärmenetz abgegebene solare Nutzwärme in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR) (ohne saisonale Wärmespeicherung), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

Die Wärmelieferung der Kollektoren in Neckarsulm ist vergleichbar mit der der anderen Anlagen, jedoch erreicht die in das Nahwärmenetz abgegebene solare Nutzwärme erst nach sieben Betriebsjahren deren Niveau. Die Anlage in Hamburg erreicht aufgrund hoher Verluste des saisonalen Heißwasser-Wärmespeichers kaum zufriedenstellende solare Nutzwärmemengen. Die niedrige Wärmelieferung der Kollektoren in Hannover kann auf Undichtigkeiten im Kollektorfeld zurückgeführt werden und ist somit nicht für die Bewertung des saisonalen Wärmespeichers geeignet.

Abbildung 4 zeigt den Quotienten aus der in das Nahwärmenetz abgegebenen solaren Nutzwärme und der Wärmelieferung der Kollektoren. Die Werte variieren stark. Im Jahr 2007 liegen sie zwischen 0,45 und 0,7. Die Anlage in Crailsheim stellt eine Ausnahme dar, da sie im Jahr 2007 noch bei niedrigen solaren Deckungsanteilen ohne saisonalen Wärmespeicher betrieben wurde. Der Betrieb des dort gebauten Erdsonden-Wärmespeichers startete im Herbst 2008. Durchschnittlich wurden 62% der von den Kollektoren gelieferten Wärmemenge in die Nahwärmenetze eingespeist. Klare Vorteile eines bestimmten Konzepts können nicht erkannt werden.

Aufgrund der in das System integrierten Wärmepumpe kann der Aquifer-Wärmespeicher in Rostock auf ein tiefes Temperaturniveau entladen werden. Dadurch kann der jährliche Speichernutzungsgrad sehr hohe Werte annehmen. Der

Quotient aus der in das Nahwärmenetz abgegebenen solaren Nutzwärme und der Wärmelieferung der Kollektoren nähert sich im Jahr 2005 in Rostock dem Wert eins an. Bei Nutzung zusätzlicher Umgebungs- und geothermischer Energie könnten theoretisch Werte von über eins erreicht werden. Allerdings ist die dadurch erzielbare Primärenergieeinsparung durch den verstärkten Einsatz der Wärmepumpe weniger stark ausgeprägt. Die Entwicklung in den nächsten Jahren nach der Reparatur der Wärmepumpe bleibt deshalb von wissenschaftlichem Interesse. Basierend auf den bisherigen Monitoringergebnissen wird die Integration von Wärmepumpen in Anlagen mit Aquifer-Wärmespeicher und Erdsonden-Wärmespeicher dringend empfohlen.

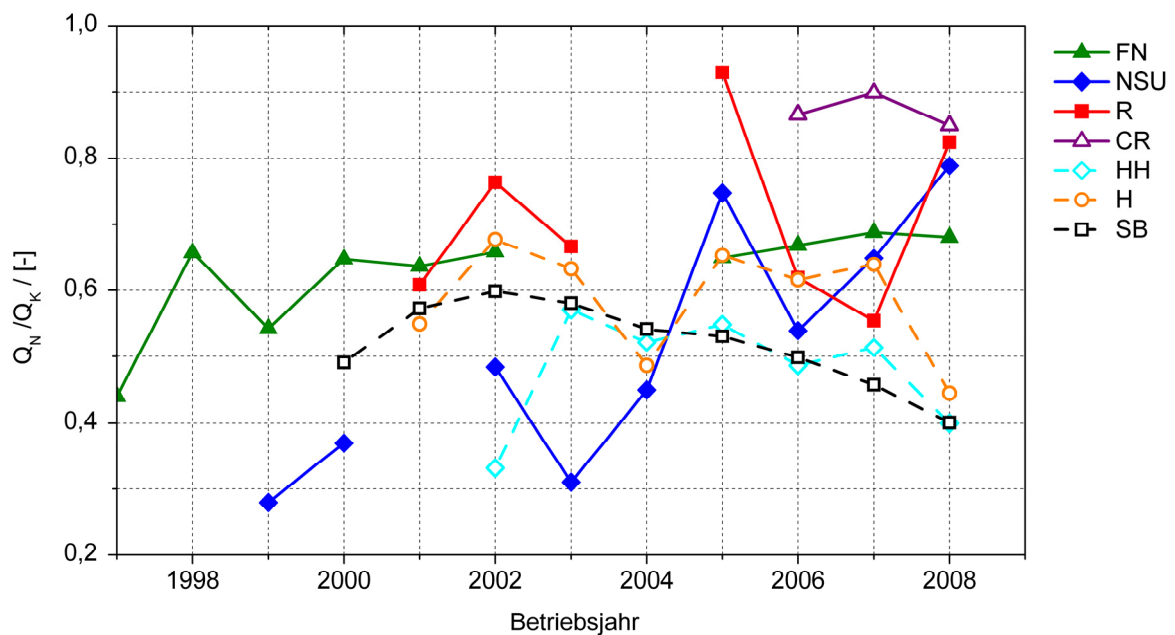


Abbildung 4: Quotient aus in das Nahwärmenetz abgegebener solarer Nutzwärme und Wärmelieferung der Kollektoren in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR) (ohne saisonale Wärmespeicherung), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

4 Fazit

Aufgrund der thermischen Trägheit von solar unterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonaler Wärmespeicherung können Entwicklungen und Trends oft erst relativ spät erkannt werden. Die Auswirkung von Optimierungsmaßnahmen kann teilweise erst nach mehreren Heizperioden überprüft werden. Aus diesem Grund ist ein kontinuierliches, langjähriges Monitoring von höchster Wichtigkeit.

Die untersuchten Anlagen zeigen die unterschiedliche Trägheit der verschiedenen Speichertypen auf. Der Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm verursacht eine selbst nach einem Jahrzehnt Betrieb weiter signifikant ansteigende Performance der gesamten Anlage. Die Ende 2008 nachgerüstete Wärmepumpe wird vermutlich

diesen Trend fortsetzen. Dahingegen arbeiten Anlagen mit saisonalem Heißwasser-Wärmespeicher ab dem zweiten Betriebsjahr auf gleichbleibendem Niveau, welches sich nur durch technische Defekte ändert. Als gravierender technischer Defekt ist hier insbesondere die Verschlechterung der Wärmedämmung des Speichers durch eindringende Feuchtigkeit zu sehen [6]. Diese Problematik ist bei Erdsonden- und Aquifer-Wärmespeichern auf Grund der fehlenden Dämmung weniger stark ausgeprägt bzw. gar nicht vorhanden. Jedoch zeigt sich die Leistungsfähigkeit solcher Anlagen anfälliger gegen Defekte der zum effizienten Betrieb notwendigen Wärmepumpe.

5 Literatur

- [1] www.solarthermie2000plus.de
- [2] Bauer, D., Heidemann, W., Marx, R., Nußbicker-Lux, J., Ochs, F., Panthaloorkaran, V., Raab, S., 2009. Solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicher (Juni 2005 bis Juli 2008). Forschungsbericht zum BMU-Vorhaben 0329607J, Stuttgart.
- [3] Bodmann M., Mangold D., Nußbicker, J., Raab, S., Schenke, A., Schmidt, T. 2005. Solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicher (Februar 2003 bis Mai 2005), Forschungsbericht zum BMWA / BMU-Vorhaben 0329607F, Stuttgart.
- [4] Benner, M., Bodmann, M., Mangold, D., Nußbicker, J., Raab, S., Schmidt, T., Seiwald, H., 2003. Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher (November 1998 bis Januar 2003). Forschungsbericht zum BMWi-Vorhaben 0329606 S, ISBN 3-9805274-2-5, Stuttgart.
- [5] Bauer, D. et al., German central solar heating plants with seasonal heat storage. Sol. Energy (2009), doi:10.1016/j.solener.2009.05.013, article in press
- [6] Ochs, F., Modelling Large-Scale Thermal Energy Stores. Dissertation Universität Stuttgart, ISBN 978-3-8322-8834-1, 2010.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Messdaten der Anlagen aus Hamburg, Hannover und Steinfurt wurden bereitgestellt von: IGS, Uni Braunschweig: <http://www.igs.bau.tu-bs.de/>. Die Autoren danken für diese Unterstützung.