

BRINGEN SOLARANLAGEN HEIZKESSEL ZUM TAKTEN?

SOLARE HEIZUNG ODER NUR SOLARE HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG –
BETRACHTUNGEN ZUR VERSCHALTUNG VON SOLARANLAGEN UND HEIZKESSELN



Foto: Klaus Leidorf Luftdokumentation, www.leidorf.de

Intervallheiztechnik mit doppeltem Nutzen

Der überwiegende Teil aller solarthermischen Anlagen wird in Bestandsgebäuden installiert. Dies ist nicht verwunderlich, beträgt der Anteil von Neubauten an der Gebäudegesamtheit in Europa momentan nicht einmal 1%, in Deutschland ist das nicht anders. In zunehmendem Maße handelt es sich bei den Solaranlagen um sogenannte heizungsunterstützende Systeme, d.h. Solaranlagen, die nicht nur das Trinkwasser erwärmen, sondern auch Energie für die Raumwärme zur Verfügung stellen. Oftmals sind in diesen Fällen noch funktionierende Heizungssysteme vorhanden, zumindest sind die Besitzer häufig dieser Ansicht. Jedoch sind Nutzer von Heizungssystemen nur selten in der Lage einzuschätzen, wie es tatsächlich um die Effizienz der Heizung bestellt ist. Schließlich wurden diese Heizungen überwiegend nach Komfort konfiguriert. Eine Solaranlage soll nun in das bestehende Heizungskonzept integriert werden. Was es bedeuten kann, die Heizungsoptimie-

rung im Zuge der Solaranlagen-Installation zu vernachlässigen soll dieser Artikel verdeutlichen.

Traditionell wird der Heizkessel als zentrales Element der Heizungsanlage verstanden. Er ist in erster Linie dafür verantwortlich, dass dem Gebäude Wärme für Heizung und Warmwasser zur Verfügung steht. Dies ist sicherlich der historischen Entwicklung der Zentralheizung geschuldet. Eine Zentralheizung hat eine zentrale Heizstelle und versorgt über Wasser als Wärmeträgermedium einen oder mehrere Räume oder Gebäude. Diese Form der Warmwasserheizung setzte sich im Übrigen erst ab 1900 im privaten Wohnungsbau durch.

Was traut man Solaranlagen zu

Kommen nun Solaranlagen ins Spiel, stellt sich die Frage, welche grundsätzliche Funktion und welche Möglichkeiten man ihnen zugesteht. Im Nachgang zu dem im März dieses Jahres veröffentlichten Test von Kombi-Solaranlagen durch

die Stiftung Warentest äußerte sich Udo Wirges vom Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) über die mögliche Energieeinsparung durch eine Solarthermische Anlage bezogen auf ein Haus mit 150 Quadratmetern und vier Personen: „Wird eine Heizungsunterstützung durch Solarthermie realisiert, kann die Energieeinsparung bei der Raumwärme bis zu 20 Prozent betragen“⁽¹⁾. Diese Einschätzung, dass Solaranlagen lediglich eine sinnvolle Ergänzung zu konventionellen Heizsystemen sind, ist weit verbreitet. Auch von Seiten des Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) ist diese Einschätzung zu hören. So empfiehlt man dem Fachmann: „Eine solare Heizungsunterstützung ist keine 100%-Heizung. Sie bedarf immer einer vollwertigen Heizung im Hintergrund. Vermeiden Sie es deshalb, bei Ihrem Kunden zu hohe Erwartungen zu wecken. Bleiben Sie realistisch und demonstrieren Sie stattdessen Ihrem Kunden das jeweils Mögliche an Hand einer Simulation.“⁽²⁾

Prof. Dr.-Ing. Fritz Richarts⁽³⁾ stellt ebenso fest⁽⁴⁾, dass die Auslegung solarthermischer Anlagen eines neuen Ansatzes bedarf (Bild 4). Er hält es für zwingend notwendig, dass mindestens 30% der Brauchwasser- und Raumwärme mittels Solarkollektoren gedeckt werden.

Er stellt weiter fest: „Eine Gegenüberstellung der Wirkung passiver Maßnahmen mit der Solarthermie weist in nahezu allen betrachteten Fällen eine klare, teilweise sogar überwältigende Überlegenheit der Solarthermie gegenüber der Bausanierung aus. Nur in ganz wenigen ‚handverlesenen‘ Fällen erreicht oder übersteigt die Wirtschaftlichkeit von Bausanierungen die der Solarthermie.“

Rücklaufanhebung – der Standard

Diese Einschätzung hat durchaus Folgen. So werden Solaranlagen immer noch als additives Element betrachtet, was gra-

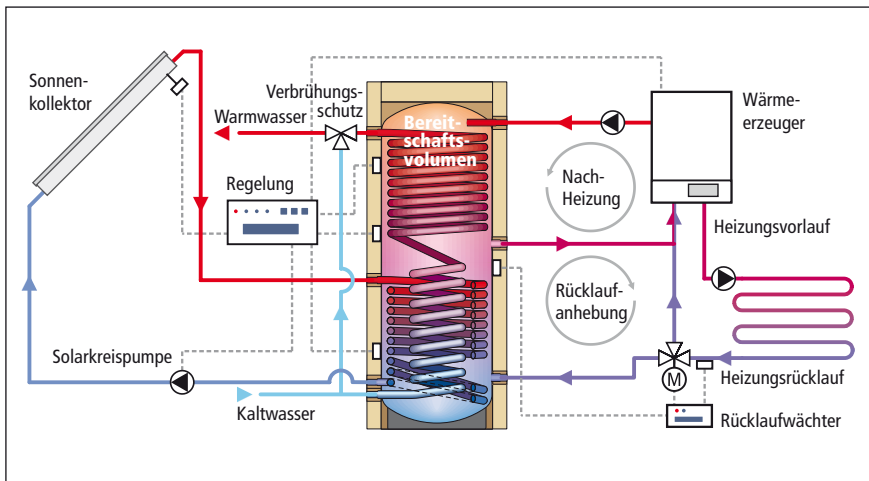


Bild 1: Kombianlage mit Rücklaufanhebung

vierende Auswirkungen auf die Art der Konfiguration haben kann. So ist die überwiegend installierte Variante immer noch die sogenannte Rücklaufanhebung. Bei ihr werden Solarkollektoren, Pufferspeicher, Heizkessel und Heizkörper in Reihe geschaltet (Bild 1). Der Heizkessel steht im Mittelpunkt, es ist hierbei nahezu unmöglich Solarwärme aus dem Kollektorkreis direkt zu den Verbrauchern zu bringen, ohne dass dabei der Heizkessel involviert ist. Dies ist speziell bei Hochtemperaturheizkreisen, im Gegensatz zu Heizkreissystemen mit geringeren Vorlauftemperaturen, der Fall.

Timo Leukefeld⁵⁾ beschreibt das wie folgt: „Die Kilowattstunde Sonnenwärme“ muss erst durch den Speicher, dann durch den Heizkessel und kann danach erst in den Heizkörper zum Verbrauch gelangen. Dabei muss der Heizkessel das ganze Jahr an und in Bereitschaft sein. Diese Art und Weise der solaren Rücklauftemperaturerhöhung zum Heizkessel führt zur Verminderung der Brennwertnutzung, zu höheren Kesselverlusten und durch den reduzierten Restwärmebedarf auch zu höheren Kesseltaktungen. Die traditionelle solare Rücklaufanhebung verschlechtert somit den Jahresnutzungsgrad des Heizkessels. Im Ergebnis kann ein solches System zwar einiges an solarer Wärme am Wärmemengenzähler liefern, durch das verschlechterte Betriebsverhalten des Heizkessels ist die prozentuale Brennstoffeinsparung jedoch deutlich geringer als der solare Deckungsanteil. Solare Deckungsrate und solare Brennstoffeinsparung sind hier zwei unterschiedliche Größen.“

Solaranlagen haben folglich einen großen Einfluss auf den tatsächlichen Wirkungsgrad eines Heizkessels. Der Jahresnutzungsgrad des Kessels beschreibt das Verhältnis zwischen bereitgestellter Nutzwärme zur aufgewandten einge-

setzten Brennstoffmenge. Die Angabe des Jahres-Nutzungsgrads oder auch Norm-Nutzungsgrads berücksichtigt nicht nur die Verluste, die bei laufendem Brenner auftreten, sondern auch alle Verluste, die während des Brennerstillstands auftreten. Dabei sollte man wissen, dass für die Bewertung der Gesamteffizienz der Jahresnutzungsgrad wichtiger als der Wirkungsgrad ist. Zur Verdeutlichung: Nur mittels einer tatsächlich gemessenen Jahresarbeitszahl (JAZ) kann man eine Wärmepumpe beurteilen. Die JAZ ist die wichtigste Größe zur Beurteilung der Energieeffizienz⁶⁾.

Eine Verbesserung des Wirkungsgrades durch Einsatz von Brennwertkesseln ist jedoch nur möglich, wenn die Kondensationswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wasserdampfes genutzt werden kann. Hierzu ist eine relativ

niedrige Rücklauftemperatur im Heizkreis Voraussetzung. Schließlich erwartet der Nutzer eines Brennwertgerätes, dass der Wirkungsgrad entsprechend hoch und der Heizenergieverbrauch niedrig ist. Eine Nutzung des Brennwerteffektes ist erst bei niedrigen Abgastemperaturen möglich. Die Abgastemperatur hängt von der Rücklauftemperatur ab. Je niedriger die Rücklauftemperatur, umso niedriger auch die Abgastemperatur. Die Rücklauftemperatur sollte die meiste Zeit deshalb möglichst unter 50°C, besser unter 45°C liegen.

Welchen Einfluss eine Solaranlage auf das Kesselbetriebsverhalten haben kann hat die ZfS⁷⁾ untersucht. Darin⁸⁾ schreibt sie: „Die Reduzierung des konventionellen Wärmeverbrauchs durch eine Solaranlage wird bestimmt durch den solaren Deckungsanteil. Er kann jedoch nur dann gleichgesetzt werden mit dem Anteil an eingespartem konventionellem Brennstoffverbrauch ohne Solaranlage, wenn die Jahres-Kesselnutzungsgrade ohne und mit Solaranlage gleich wären. Zwar reduziert eine thermische Solaranlage die Laufzeit des Kessels während ungünstiger Betriebszeiten (Schwachlast mit evtl. häufigem Ein- und Ausschalten), es ist jedoch nicht eindeutig geklärt, ob sich durch die Solaranlage diese ungünstigen Betriebszeiten nur vom Sommer in die Übergangszeit verschieben, weil in der Übergangszeit der Kessel wegen der Lieferung von Solarwärme nun unter ungünstigen Betriebsbedingungen arbeitet. Zudem erhöht eine dem Kessel vorgeschaltete Solaranlage häufig die Rücklauftemperatur zum Kessel. Diese

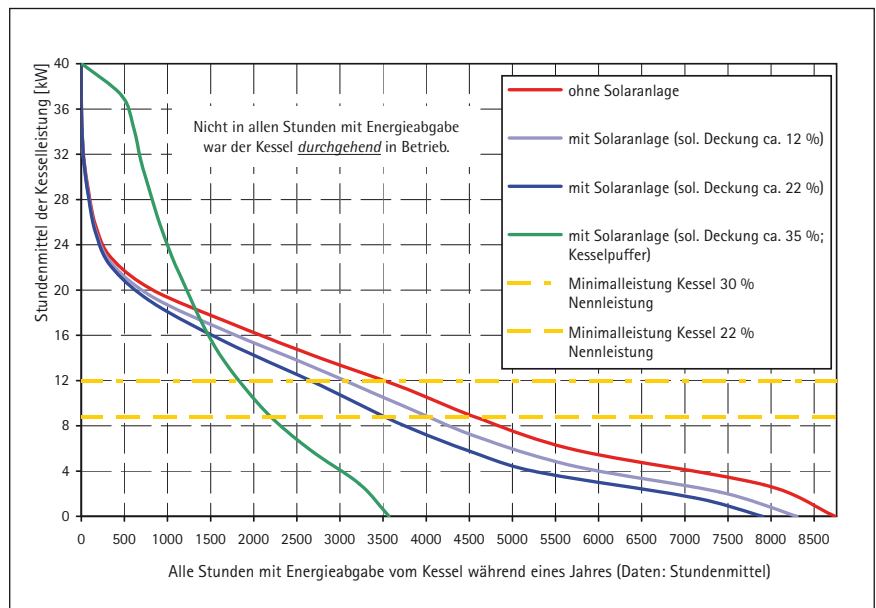
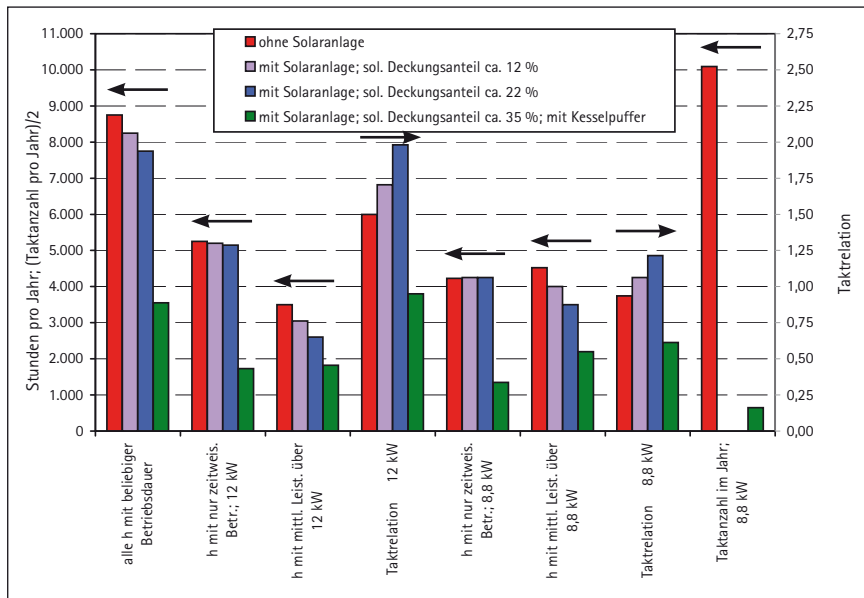


Bild 2: Geordnete Leistungslinie des Kessels in einem MFH mit und ohne Solaranlage (unterschiedlich hohe solare Deckungsanteile)



Quelle: ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH

Bild 3: Stunden mit Kesselbetrieb in unterschiedlicher Leistung, Taktrelat. und Kessel-Taktzahlen pro Jahr bei verschiedenen Kesselminimalleistungen sowie ohne und mit Solaranlagen unterschiedlicher Größe

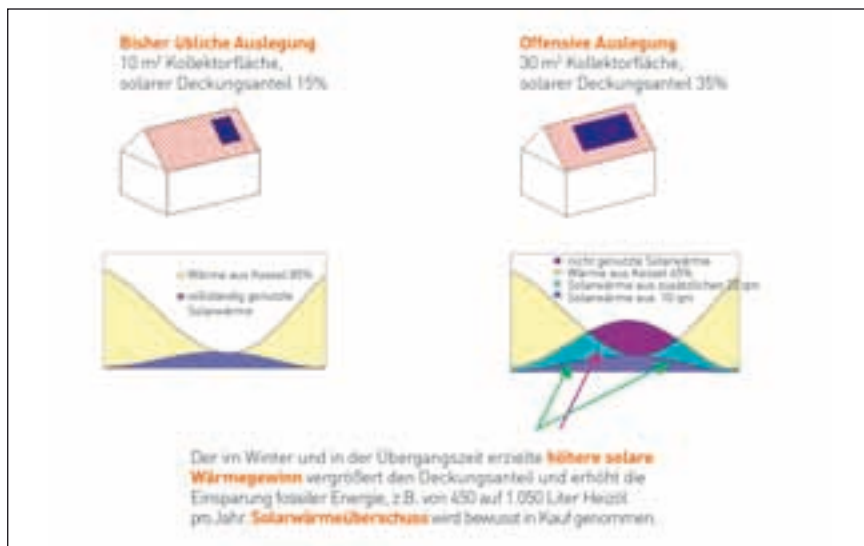
Rücklauftemperaturerhöhung dürfte zu einer schlechteren Kesseffizienz während des Gesamtjahres führen, insbesondere bei Brennwertkesseln.“

Wie bereits erwähnt, untersuchte die Stiftung Warentest im März dieses Jahres zehn Systeme mit Rücklaufanhebung und drei mit Kesselpuffern ausgewählt. Die Systeme mit Rücklaufanhebung schnitten jeweils leicht besser ab. Ein wesentlicher Grund dafür war, dass man sich lediglich auf die Komponenten Speicher und Kollektor bezog, der Heizkessel wurde nicht in den Test mit einbezogen. Folglich wurde der Einfluss auf den Jahresnutzungsgrad der Heizung nicht betrachtet. Wie stark die Rücklaufanhebung Einfluss auf die Effizienz des Heizsystems hat, konnte dadurch nicht ermittelt werden. Prof. Dr. Dietrich Wolff geht davon aus, dass eine Rücklaufanhebung den Jahresnutzungsgrad um 5–6% sinken lässt⁹⁾.

Das Kessel takten bei Solaranlagen

In der Untersuchung der ZfS wurde ein "Niedrigenergie-Mehrfamilienhaus" (MFH; 16 Wohneinheiten) betrachtet. Wie sich die geordnete Kesselleistungs-kurve für dieses MFH ohne und mit unterschiedlich dimensionierten Solaranlagen darstellt sieht man auf Bild 2. Ebenfalls eingetragen sind zwei unterschiedliche Minimal-Kesselleistungen (22% und 30% der Nennleistung bzw. 8,8 kW und 12 kW). Daraus ist zu erkennen für wie viele Stunden und mit welcher Leistung der Kessel während des Jahres in Betrieb wäre.

In Bild 3 ist zu erkennen, dass bei der Konfiguration ohne Solaranlage der Kessel in den 8.760 Jahresstunden fast nie für eine volle Stunde komplett außer Betrieb ist. Dies ändert sich auch mit den Varianten „Solaranlage mit 12% Deckungsanteil“ und „Solaranlage



Quelle: eta green 01/09, succidia AG, www.succidia.de

Bild 4: Vergleich herkömmlicher (defensiver) Auslegung von Solarthermieanlagen zu einer offensiven Auslegung

RAL Denkanstoß Nr. 1

*Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser**

* Mitgliedsunternehmen der RAL Gütegemeinschaft Solarenergieanlagen e.V. unterliegen einer neutralen Fremdkontrolle durch unabhängige Prüfer. Unternehmen, die das RAL Gütezeichen Solar tragen, haben unter Anleitung der Gemeinschaft ein System zur Eigenkontrolle ihrer Leistungen etabliert. Das schafft zu Recht Vertrauen bei Kunden.

Qualität ist das Einhalten von Vereinbarungen

Für Solaranlagen bedeutet dies, dass sie über die Lebensdauer funktionieren und hohe Erträge erwirtschaften. Dies ist der Fall, wenn sie von qualifiziertem Personal nach der guten fachlichen Praxis geplant, ausgeschrieben und aus hochwertigen Komponenten gebaut werden. Eine Bestellung gemäß RAL-GZ 966 definiert die gute fachliche Praxis für Komponenten, Planung und Ausführung rechtsverbindlich. Ein beiderseitiger Vorteil für Auftraggeber und Auftragnehmer.

RAL-GZ 966

Ertrag!
Lebensdauer!
Preis!

mit 22% Deckungsanteil“ nur marginal. Erst bei der Konfiguration „Solaranlage mit 35% Deckungsanteil + Kesselpuffer“ kommt es zu einem deutlich verringerten Kesseltakten. Diese Ergebnisse der ZfS können vor allem in Bezug auf das Taktverhalten zwar nur als grobe Tendenz angesehen werden, ein Projekt, bei dem der Einfluss der Solaranlage auf das Betriebsverhalten des Kessels detaillierter untersucht wird ist beantragt. Mögliches Problem: Nicht die Solaranlage verbessert das Kesselverhalten bezüglich des Taktens bei einem Kombisystem oder einer Solaranlage, die in ein Wärmenetz einspeist, sondern nur ein Kesselpuffer oder – in Grenzen – ein besser modulierender Kessel.

Weniger als erwartet

Ein Problem: Bislang wurde in Simulationsprogrammen der Einfluss der Solaranlage auf den Kessel nicht ausführlich genug berücksichtigt. So sind laut ZfS nicht alle zur Bewertung des Kesselbetriebsverhaltens erforderlichen Werte (z.B. die Anzahl der Ein- und Ausschaltvorgänge) explizit ausgegeben. Denn, das ist auch ein Ergebnis der Untersuchung, die Einbindung einer Solaranlage in ein Heizsystem kann die Effizienz des Kessels durchaus negativ beeinflussen. Zum einen kann es zu erhöhten Rücklauftemperaturen (Verminderung der Brennwertnutzung, höhere Verluste) und zum anderen zu reduziertem Restwärmebedarf (Kesseltakten) kommen.

Weitere Effekte: Hohe Heizungsdurchflüsse durch den Speicher verschlechtern die Speicherschichtung und damit die Gesamteffizienz des Systems, häufiges Brenntakten hat negative Auswirkungen auf die Langlebigkeit des Kessels. Die Folge könnte sein, dass durch eine ungünstige Verschaltung der Solaranlage diese zwar eine erhebliche Menge sola-

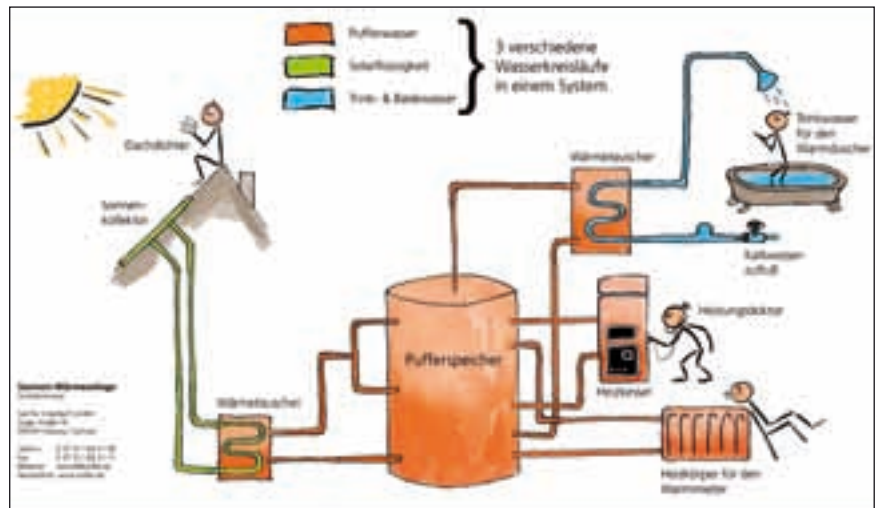


Bild 5: Funktions-Schaubild einer Solarwärmeanlage mit zentralem Kesselpuffer

rer Wärme liefert, jedoch durch das verschlechterte Betriebsverhalten des Kessels die Endenergieeinsparung deutlich geringer ist als der Wärme-Deckungsanteil. Simulationen können somit überhöhte Erwartungen hervorrufen, die in der Praxis nicht erreicht werden.

In einer von Prof. Wolff⁸⁾ in Felduntersuchungen begleiteten Solaranlage in einem Einfamilienhaus kam es gar zu einer Zunahme des Energieverbrauchs gegenüber der Zentralheizung ohne Solartechnik. Gaswandgerät, Solarkollektoren, Solarspeicher und zentraler Regler kamen von unterschiedlichen Herstellern. Die aufwändige Verrohrung sowie der 850 l Pufferspeicher verursachten etwa dreimal soviel Verluste wie der reine Nutzwärmebedarf¹⁰⁾.

Der Kesselpuffer als zentrales Element

Um dieser Problematik aus dem Weg zu gehen schlägt Timo Leukefeld vor komplett auf die traditionelle Rücklaufanhe-

bung zu verzichten: „Sind Pufferspeicher und Heizkessel parallel geschaltet, muss die „Kilowattstunde Sonnenwärme“ nur durch den Speicher und kann dann direkt in den Heizkörper gelangen oder zur Duschwassererwärmung genutzt werden (Bild 5). Wenn die Sonnenwärme zur Beheizung und Warmwasserbereitung von März bis Oktober komplett ausreicht, ist in dieser Zeit der Heizkessel weitestgehend abgeschaltet. Der Heizkessel fährt immer auf den Pufferspeicher und verringert seine Taktzeiten. Das alles verbessert den Jahresnutzungsgrad erheblich. Im Ergebnis kann ein solches System viel solare Wärme liefern, und durch das verbesserte Betriebsverhalten des Heizkessels ist die prozentuale Brennstoffeinsparung deutlich höher als der solare Deckungsanteil.“ Die Nutzung des Kesselpuffers als „Energiezentrale“ bedeutet natürlich auch, dass die Speicherverluste möglichst gering gehalten werden müssen. Sonst kann es zu einem gegenteiligen Effekt kommen.

RAL Denkanstoß Nr. 2

Die Sonne bringt es an den Tag*

* Das Erneuerbare Energien Gesetz gibt Investoren und Anlegern die Chance, über 20 Jahre eine gesetzlich garantierte Vergütung für Solarstrom zu erhalten. Neben einer soliden wirtschaftlichen Projektgrundlage ist aber auch die Technik entscheidend. Viele Banken und Versicherungen vertrauen bereits heute auf die RAL-GZ 966 zur Sicherung ihrer Investition.

Qualität ist das Einhalten von Vereinbarungen

Für Solaranlagen bedeutet dies, dass sie über die Lebensdauer funktionieren und hohe Erträge erwirtschaften. Dies ist der Fall, wenn sie von qualifiziertem Personal nach der guten fachlichen Praxis geplant, ausgeschrieben und aus hochwertigen Komponenten gebaut werden. Eine Bestellung gemäß RAL-GZ 966 definiert die gute fachliche Praxis für Komponenten, Planung und Ausführung rechtsverbindlich. Ein beiderseitiger Vorteil für Auftraggeber und Auftragnehmer.



Ohne Heizungsoptimierung geht nichts

Warmwasserheizungen arbeiten sehr oft nicht als Niedertemperaturheizsystem, sondern mit deutlich höheren Wassertemperaturen. So sind die Heizflächen und Rohrnetze meist nicht für niedrige Rücklaufemperaturen ausgelegt. Zudem wurde der für den optimalen Betrieb notwendige hydraulische Abgleich meist nicht durchgeführt. Obwohl dieser in der VOB Teil C und in der EnEV gefordert ist, wird er in der Praxis von Heizungs Monteuren immer noch zu selten ausgeführt bzw. von der Bauleitung überprüft.

Zusammen mit der Heizungsoptimierung hat eine entsprechend große Solaranlage den Vorteil genau in den Monaten des schlechtesten Heizkesselwirkungsgrades von Ende März bis Ende Oktober im Durchschnitt 100% der benötigten Wärme für Heizung und Warmwasser liefern zu können. In diesen Monaten wird der schlechte Kesselwirkungsgrad ausgeglichen. Das erhöht den Jahresnutzungsgrad des Heizkessels erheblich und führt zu zusätzlichen Brennstoffeinsparungen.

Auch herrscht nach wie vor die Meinung, dass größere solare Deckungsanteile im Ein- und Mehrfamilienhaus technisch nur sehr schwer zu realisieren sind. In der Ausgabe 4/08 der SONNENENERGIE wurde bereits darüber berichtet¹¹⁾, dass es die Auffassung einer oberen Grenze von solarer Raumwärmeunterstützung gibt. So seien Anlagen, die größer 2,5-mal dem Trinkwarmwasserbedarf ausgelegt werden, nicht mehr sinnvoll. Diese wären dann ineffizient und nicht mehr betriebssicher. Das trifft zwar sicherlich auf die meisten Systemverschaltungen zu, ist aber als absolute Aussage nicht richtig. Sonnenhäuser und ähnliche Konzepte haben das schon länger bewiesen.

Fazit

Welchen Status Solaranlagen bei manchen Fachleuten oftmals haben, merkt man daran, dass dem Heizkessel nach wie vor die Hauptrolle zugedacht wird. Die Solaranlage besitzt immer noch eine untergeordnete Bedeutung. So unterlässt man es oft, die für eine heizungsunterstützende Solaranlage notwendigen Parameter abzugleichen, die Solaranlage wird somit dem bestehenden Heizungssystem angepasst. Ihren eigentlichen Charakter kann eine Solaranlage deshalb meist gar nicht ausleben. Dies hat Einfluss sowohl auf die Art der Anbindung als auch auf die Parametrierung der Regelung. Ohne den Heizkessel läuft nichts, die Solaranlage wird an das bestehende System einfach angehängt, nicht integriert.

Noch schlimmer, am vorhandenen System wird meist nichts Wesentliches geändert. Das hat zur Folge, dass viel zu selten der Pufferspeicher als zentrales Element betrachtet wird. Die Nachteile, welche sich durch eine schlecht angebundene Solaranlage für einen Heizkessel ergeben können, werden oft unterschätzt bzw. sind noch zu wenig bekannt. Die angesprochene Anpassung der Heizung an die Solaranlage soll Thema eines weiteren Artikels in der SONNENENERGIE sein.

- 1) „Wärme fürs Wasser“, Süddeutsche Zeitung vom 20.05.2009, <http://www.sueddeutsche.de/immobilien/425/468985/text/>
- 2) Informationsblatt Nr. 17: Thermische Solaranlagen, Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung
- 3) Fachhochschule Gießen-Friedberg, Lehrgebiet Energiewirtschaft
- 4) Potenzial ohne Ende, Solarthermie kann Mengenproblem auf dem Wärmemarkt in Deutschland lösen, eta green 01/09, www.succidia.de

- 5) Solifer Solardach GmbH, 09599 Freiberg
- 6) Falk Auer: Klimafreund Wärmepumpe? SONNENENERGIE, Ausgabe 3/2009
- 7) ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH (gegründet 1980 als Zentralstelle für Solartechnik)
- 8) Beeinflussung des Kesselbetriebsverhaltens durch ein thermisches Solarsystem: Felix A. Peuser, Reiner Croy, Hans Peter Wirth, 18. Symposium Thermische Solarenergie (OTTI, Kloster Banz)
- 9) Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln, Institut für Energieoptimierte Systeme (EOS) an der FH Braunschweig-Wolfenbüttel
- 10) Energieeinsparung, Steigerung der Systemeffizienz und Einsatz regenerativer Energien, Heizungsjournal, Ausgabe 3/09
- 11) Wo Österreich anfängt hört Deutschland auf: Anmerkungen zum 18. Symposium Thermische Solarenergie

Linktipp:

Sonnenfleck Ausgabe Juni:

<http://www.solifer.de/4/42/archiv/sonnenfleck.457.html>

ZUM AUTOR:

► *Dipl.-Ing. (FH) Matthias Hüttmann* ist Vorsitzender der Sektion Mittelfranken in der DGS sowie Ausschussvorsitzender S4 in der Gütegemeinschaft Solarenergieanlagen e.V.

huettmann@dgs.de

RAL Denkanstoß Nr. 3

Kunden wollen Solarstrom*

- * Bei Investitionen in Photovoltaikanlagen steht für Kunden der Ertrag im Vordergrund. Sie möchten über den EEG-Vergütungszeitraum von 20 Jahren eine funktionsfähige Anlage haben. Schließlich kann das wirtschaftliche Ergebnis nur erreicht werden, wenn alle Teile der Technik vom Montagegestell bis zu elektrischen Bauteilen ihren Dienst verrichten.

Qualität ist das Einhalten von Vereinbarungen

Für Solaranlagen bedeutet dies, dass sie über die Lebensdauer funktionieren und hohe Erträge erwirtschaften. Dies ist der Fall, wenn sie von qualifiziertem Personal nach der guten fachlichen Praxis geplant, ausgeschrieben und aus hochwertigen Komponenten gebaut werden. Eine Bestellung gemäß RAL-GZ 966 definiert die gute fachliche Praxis für Komponenten, Planung und Ausführung rechtsverbindlich. Ein beiderseitiger Vorteil für Auftraggeber und Auftragnehmer.



RAL-GZ 966

