

Kollektoren zur Heizungsunterstützung – mehr Fläche oder höhere Effizienz ?

S. Fischer, E. Hahne

*Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart
Tel.: 0711/685-3536, Fax: 0711/685-3503
email: fischer@itw.uni-stuttgart.de*

Einleitung

Die Energie, die wir zur Erwärmung von Brauchwasser für Küche und Bad benötigen, stellt in der Regel etwa ein Fünftel des gesamten Wärmebedarfs unserer Haushalte dar. Durch eine Solaranlage zur Brauchwassererwärmung kann ca. die Hälfte des Brauchwasser-Wärmebedarfs eingespart werden. Mit Solaranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung, sogenannten 'Kombianlagen', kann auch ein nennenswerter Beitrag zur Raumheizung geleistet werden, die mit ca. 80 % den Löwenanteil unseres Wärmebedarfs ausmacht. Solche Kombianlagen werden bereits von fast allen Herstellern auf dem Markt angeboten. Die Palette reicht von Anlagen mit geringem Deckungsanteil bis zu Anlagen mit fast vollständiger Deckung des gesamten Wärmebedarfs.

Hierbei stellt sich die Frage, ob es sinnvoller ist eine größere Kollektorfläche oder eine geringere, mit hocheffizienten Kollektoren ausgestattete, Fläche einzusetzen. Selbstverständlich lässt sich diese Frage nicht pauschal beantworten. Sieht man einmal vom persönlichen Ästhetikempfinden ab, spielen doch neben den rein energetischen und wirtschaftlichen Überlegungen auch die gegebenen Randbedingungen wie verfügbare Dachfläche und deren Ausrichtung, das Anlagenkonzept, die angestrebte Energieeinsparung uvm. eine ausschlaggebende Rolle. Im folgenden werden Ergebnisse einer Simulationsstudie vorgestellt, in der das Verhalten von fünf unterschiedlichen Kollektoren innerhalb einer, ansonsten identischen Kombianlage detailliert untersucht wurde. Zielgröße hierbei ist die anteilige Energieeinsparung am Gesamtenergieverbrauch eines Einfamilienhauses.

Die Referenzanlage

Als Referenzanlage (vgl. Bild 1) wurde für die hier dargestellte Studie eine „low flow“ - Anlage mit einem Speicher mit Schichtbeladeeinrichtungen (Speichervolumen 750 Liter) ausgewählt. Bei „low flow“ - Anlagen ermöglicht ein niedriger Volumenstrom ($10 - 15 \text{ l}/(\text{m}^2\text{h})$) im Kollektorkreis, die Erwärmung des Fluids bei entsprechender Einstrahlung um 40 - 50K nach einmaligem Durchströmen des Kollektors. Durch eine Schichtbeladeeinrichtung kann diese Wärme direkt im oberen Bereich des Speichers eingespeist werden. Für die Raumheizung wird dem Speicher warmes Wasser entnommen und im Rücklauf entsprechend der Temperatur eingespeist. Die Brauchwassererwärmung geschieht im Durchlauf in einem Wärmeübertrager. Es ergeben sich zwei Vorteile: Zum einen ein höherer Nutzungsgrad als bei herkömmlichen Anlagen, zum anderen Kostenvorteile, da bei geringen Volumenströmen dünnere Rohrleitungen und kleinere Dimensionen aller weiteren Komponenten des Kollektorkreises gewählt werden können.

Die Energieeinsparung durch die Kombianlagen wurde durch detaillierte Berechnungen mit dem Simulationsprogramm TRNSYS ermittelt. Als Referenzfall wurde ein Einfamilienhaus (128 m², 4 Personen) am Standort Würzburg mit einem Dämmstandard entsprechend der Wärmeschutzverordnung '95 angenommen. Die Heizungsregelung wurde witterungsgeführt mit maximalen Vorlauf-/Rücklauftemperaturen von 70/40 °C gewählt. Bei der Simulation wurde der Einfluß der Gebäudekapazitäten und der solaren Gewinne sowie das Regelverhalten der Thermostatventile berücksichtigt.

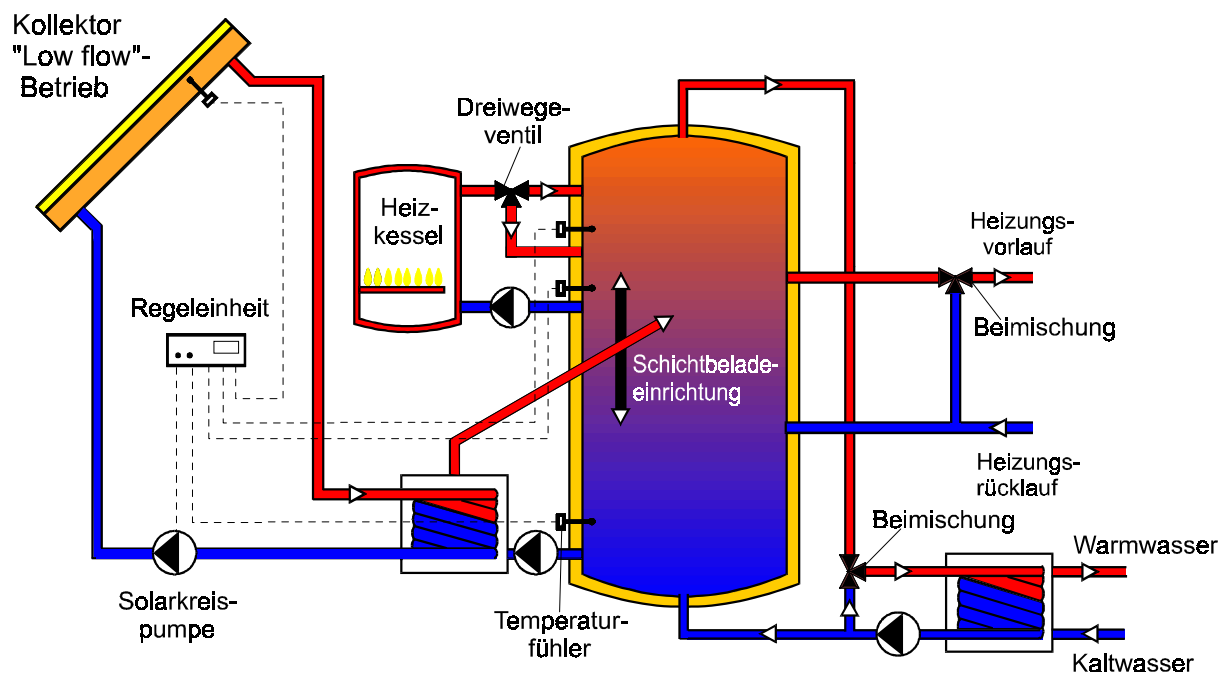


Bild 1: Schematische Darstellung der „low flow“ – Anlage mit Schichtenspeicher

Die untersuchten Kollektoren

Um der Frage nach mehr Kollektorfläche oder einer höheren Effizienz der eingesetzten Kollektoren an diesem ausgesuchten Beispiel nachzugehen wurden fünf Kollektoren ausgewählt. Alle untersuchten Kollektoren wurden in den vergangenen Jahren am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart einer Kollektorprüfung nach DIN 4757, Teil 4 /1/ unterzogen, so daß die, die thermische Leistungsfähigkeit der Kollektoren beschreibenden, Kennwerte verfügbar waren. Die Auswahl erfolgte unter dem Gesichtspunkt das gesamte, am Markt erhältliche Spektrum bezüglich der thermischen Leistungsfähigkeit der Kollektoren abzudecken. Die Kollektoren A und B sind Vakuum-Röhrenkollektoren die sich durch einen geringen Wärmedurchgangskoeffizienten und somit geringe Wärmeverluste auszeichnen. Kollektor B ist zusätzlich mit einem Reflektor ausgestattet. Der Flachkollektor C steht für die leistungsfähigsten Kollektoren dieser Bauart, wohin gegen die Kollektoren D und E, mit nur bedingt selektiven Eigenschaften der Absorberbeschichtung, eher in der unteren Leistungskategorie anzusiedeln sind. In Tabelle 1 sind die Kennwerte der fünf Kollektoren gegenübergestellt und Bild 2 zeigt die Wirkungsgradkennlinien über

dem Betriebsparameter (Differenz von mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur bezogen auf die solare Bestrahlungsstärke) für eine Bestrahlungsstärke von 800 W/m².

Kollektor	η_0 [-]	a_1 [W/(m ² K)]	a_2 [W/(m ² K ²)]	C_{eff} [J/(m ² K)]
A	0,789	1,370	0,005	10,80
B	0,614	0,285	0,011	17,50
C	0,797	2,833	0,013	4,85
D	0,818	5,270	0,023	8,46
E	0,771	4,878	0,044	33,51

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Kennwerte der untersuchten Kollektoren

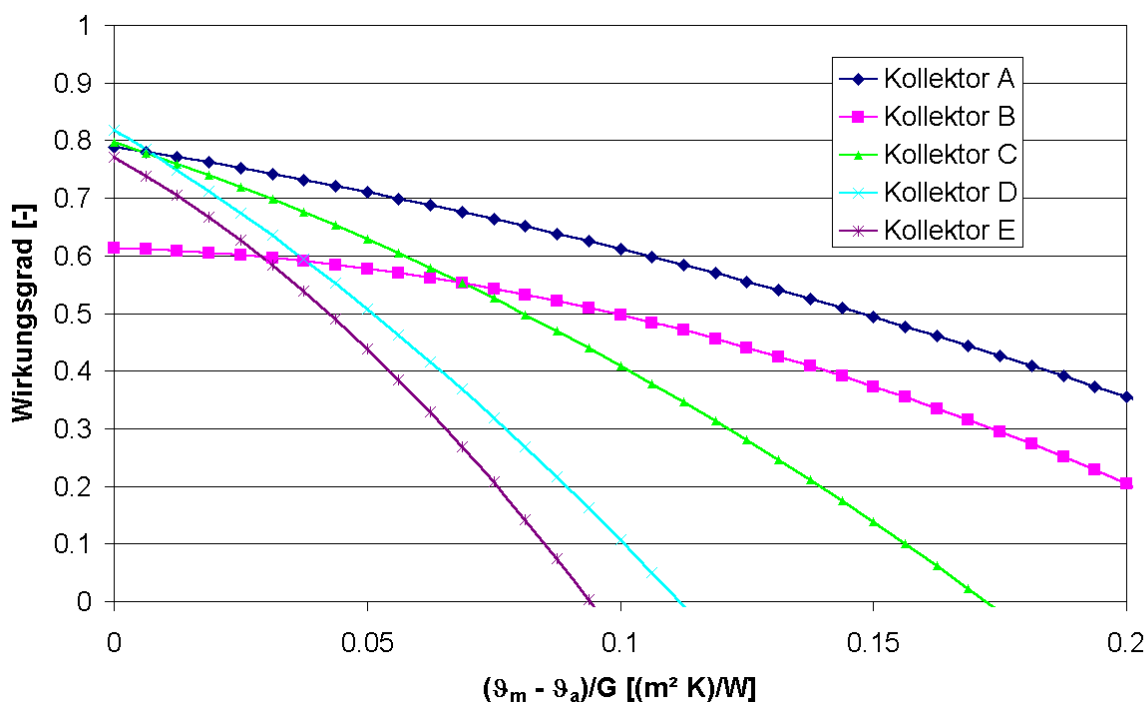


Bild 2: Wirkungsgradkennlinien der untersuchten Kollektoren

Ergebnisse

Um die Frage nach mehr Fläche oder einer höheren Effizienz für den vorliegenden Fall zu beantworten, wurde jeder der fünf Kollektoren, charakterisiert durch die in Tabelle 1 dokumentierten Kennwerte, in die, in TRNSYS implementierte, Referenzanlage eingebunden. Ziel der Untersuchung ist es eine Aussage darüber zu treffen ob auch ein „ineffizienter“ Kollektor die angestrebte Energieeinsparung erreichen kann und um welchen Faktor ein Quadratmeter dieses Kollektors billiger sein muß, um im Gesamtanschaffungspreis nicht mehr zu kosten als der „effiziente“

Kollektor. In Bild 3 ist die anteilige Energieeinsparung der fünf Kollektoren über der Fläche aufgetragen. Dabei fallen folgende Punkte auf:

1. Mit allen fünf Kollektoren läßt sich eine Energieeinsparung von 20% erreichen. Höhere Energieeinsparungen lassen sich mit diesem Anlagenkonzept jedoch nur mit den Kollektoren A bis D erzielen.
2. Je effizienter der Kollektor ist, desto geringer ist die benötigte Fläche und desto steiler steigt die anteilige Energieeinsparung bei der Erhöhung der Kollektorfläche.

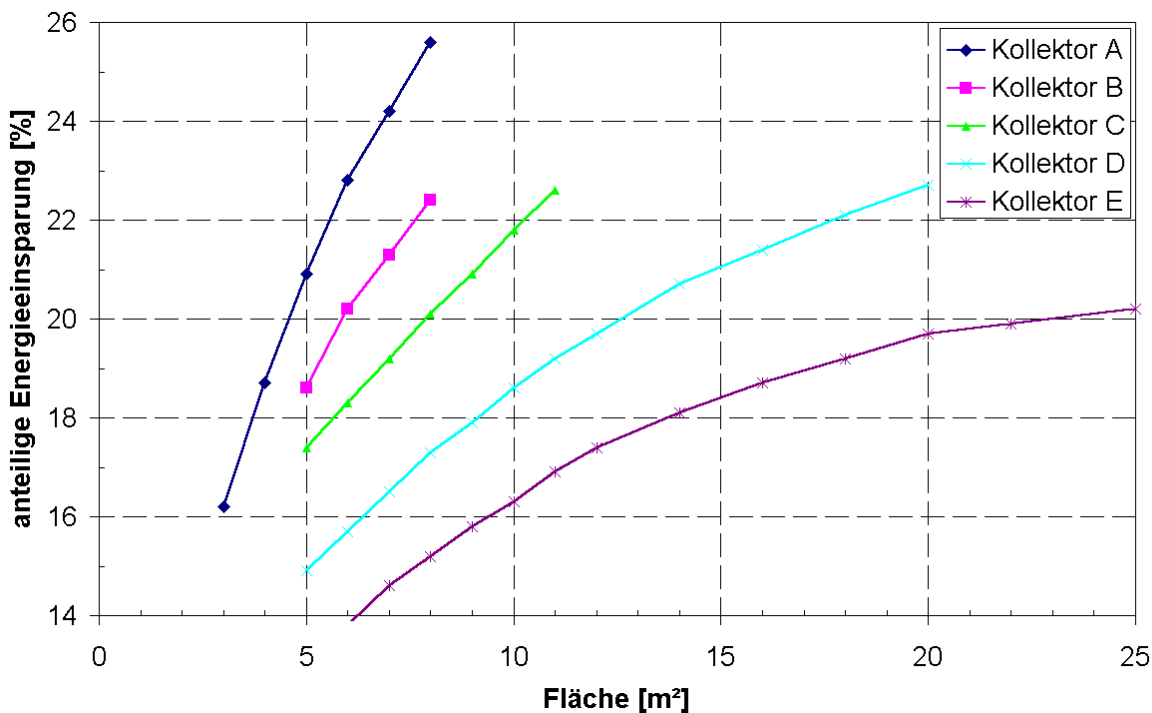


Bild 3: Anteilige Energieeinsparung der einzelnen Kollektoren in Abhängigkeit der Fläche

In Tabelle 2 sind für die fünf Kollektoren die für eine Energieeinsparung von 20% benötigten Flächen dargestellt. Multipliziert man die benötigte Fläche mit den Kosten pro Quadratmeter erhält man für jeden Kollektor den Preis um die anteilige Energieeinsparung von 20% zu erreichen.

	Kollektor A	Kollektor B	Kollektor C	Kollektor D	Kollektor E
Fläche [m²]	4,6	5,9	7,9	12,6	23,0

Tabelle 2: Benötigte Kollektorflächen für die Energieeinsparung von 20 %

Da die Kollektorkosten ständigen Änderungen unterliegen wurde diese Berechnung hier nicht durchgeführt. Sind im speziellen Fall die Preise bekannt, läßt sich eine eindeutige Aussage, - mehr Fläche oder höhere Effizienz - unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für die untersuchte Referenzanlage treffen. Werden jedoch andere Randbedingungen festgelegt oder eine andere Energieeinsparung angestrebt, verschieben sich die Flächenverhältnisse der Kollektoren zueinander, so daß die Wahl auf einen anderen Kollektor fallen kann.

Zusammenfassung

Die Frage, ob eine Anlage zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung mit mehr Kollektorfläche oder mit effizienteren Kollektoren ausgestattet werden sollte, lässt sich nicht grundsätzlich beantworten. Zu groß sind die Unterschiede in den denkbaren Anlagenkonzepten und zu vielfältig die möglichen Heizungssysteme. Daher wurde an einem ausgesuchten Beispiel unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten dieser Frage nachgegangen. Die dabei vorgestellte Methode lässt sich auf jeden anderen Anlagentyp und jede gewünschte Energieeinsparung anwenden.

Nomenklatur

Formelzeichen

a_1	$W/(m^2K)$	Konstanter Wärmedurchgangskoeffizient
a_2	$W/(m^2 K^2)$	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient
C_{eff}	$J/(m^2 K)$	Effektive Wärmekapazität des Kollektors
G	W/m^2	solare Bestrahlungsstärke
G	W/m^2	solare Bestrahlungsstärke
η_0	-	Konversionsfaktor
ϑ_a	$^{\circ}C$	Umgebungstemperatur
ϑ_m	$^{\circ}C$	Mittlere Fluidtemperatur

Literatur

/1/ DIN V 4757-4, Teil 4: Sonnenkollektoren, Bestimmung von Wirkungsgrad, Wärmekapazität und Druckabfall, November 1995

*Dipl.-Ing. Stephan Fischer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart.
Prof. Dr.-Ing. Erich Hahne ist der Leiter dieses Instituts.*