



Bild: Wagner Solartechnik

Technik und Effektivität
der solaren Raumheizung

Heizen mit der Sonne

Thomas Pauschinger*

Thermische Solaranlagen lassen sich nicht nur zur Warmwasserbereitung sondern auch zur Raumheizung einsetzen. Die Angebotspalette reicht hier von einfacher Technik mit geringem Deckungsanteil bis zu Anlagen mit fast vollständiger Deckung des gesamten Energiebedarfs. Doch mit welchen Erträgen ist zu rechnen und wie sieht die Kosten-Nutzen-Relation aus?

„Kombianlagen“ werden bereits von fast allen Herstellern auf dem Markt angeboten. Die Palette reicht von einfachen Anlagen mit geringem Deckungsanteil bis zu Anlagen mit fast vollständiger Deckung des gesamten Energiebedarfs.

dingen nicht geheizt wird. Verdeutlicht wird dieses Dilemma in Bild 1, das den Wärmebedarf für Warmwasser und Heizung zeigt sowie die Strahlungsenergie, die auf das Kollektorfeld einer Solaranlage mit 5 bzw. 15 m² trifft. Während der übers Jahr weitgehend konstante Bedarf an Warmwasser der Arbeitsweise der Solaranlage entgegenkommt, kann ein nennenswerter Beitrag zur Raumheizung durch herkömmliche Kombianlagen hauptsächlich in den Übergangsmonaten März bis Mai und September bis Oktober geleistet werden. Der Beitrag zu den Spitzen des Heizwärmebedarfs im Winter ist gering. Der Ausweg aus dem Dilemma heißt saisonale Speicherung: Sonnenenergie wird im Sommer „geerntet“, in Langzeitspeichern „gelagert“ und in der Heizperiode verwendet. Solche Langzeitspeicher sind allerdings sehr groß und im Ein- und Mehrfamilienhaus noch mit hohen Kosten verbunden.

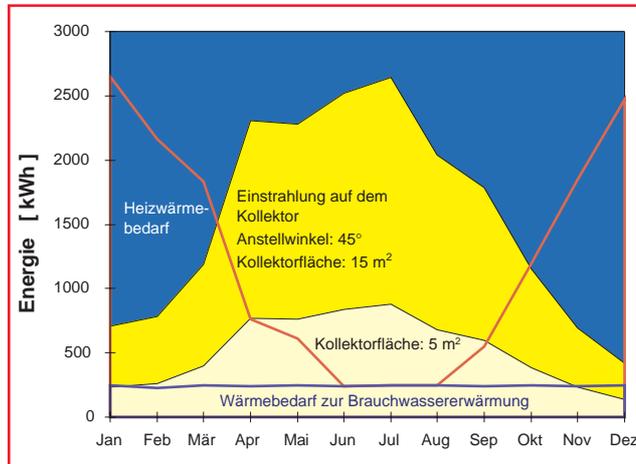


Bild 1 Das Dilemma von Angebot und Nachfrage der Solarenergie wird in diesem Bild verdeutlicht, das den Wärmebedarf für Warmwasser und Heizung zeigt sowie die Strahlungsenergie, die auf das Kollektorfeld einer Solaranlage mit 5 bzw. 15 m² trifft

Das Dilemma mit der Sonne

Das Dilemma des Heizens mit der Sonne ist bekannt: In den Wintermonaten, wo die meiste Heizenergie benötigt wird, ist das Strahlungsangebot an vielen Standorten in Deutschland eher rar. Das Maximum des Strahlungsangebots entfällt auf die Sommermonate, in denen normalerweise aller-

Voraussetzungen für „Kombi's“

Vor dem Einbau einer Kombianlage sollte zunächst geprüft werden, ob der Wärmebedarf durch zusätzliche Dämmung reduziert werden kann. Ist z. B. die Heizungsanlage veraltet oder das Gebäude schlecht gedämmt, so sind zunächst Verbesserungen in diesen Bereichen anzuraten, da sich hiermit höhere Energieeinsparungen erzielen lassen.

Eine weitere Voraussetzung für den Einbau einer Kombianlage ist eine Niedertemperaturheizung, da eine Solaranlage um so effektiver arbeitet, je niedriger das Temperaturniveau der Heizung liegt. Bei Neubauten werden heute Rücklauftemperaturen von maximal 40 °C bei Vorlauftemperaturen von maximal 70 °C erreicht. Werden die Heizkörper etwas größer gewählt oder wird das Haus besser als üblich gedämmt, kann die Heizung durchaus auf Vor- und Rück-

Die Energie, die zur Warmwasserbereitung benötigt wird, stellt in der Regel etwa ein Fünftel des gesamten Wärmebedarfs eines Haushalts dar. Hiervon kann wiederum ca. die Hälfte durch eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung eingespart werden. Viele Hausbesitzer geben sich damit aber nicht zufrieden. Nachdem bereits Wasch- und Spülmaschine an die Solaranlage angeschlossen wurden, fragen sie sich, ob durch eine Vergrößerung der Kollektorfläche nicht auch ein nennenswerter Beitrag zur Raumheizung geleistet werden kann. Tatsächlich möglich wird dies mit Solaranlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung. Solche „Kom-

* Dipl.-Ing. Thomas Pauschinger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Test- und Entwicklungszentrum für Solaranlagen (TZS), Stuttgart, am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Uni Stuttgart (Fax: 07 11/6 85 32 42)

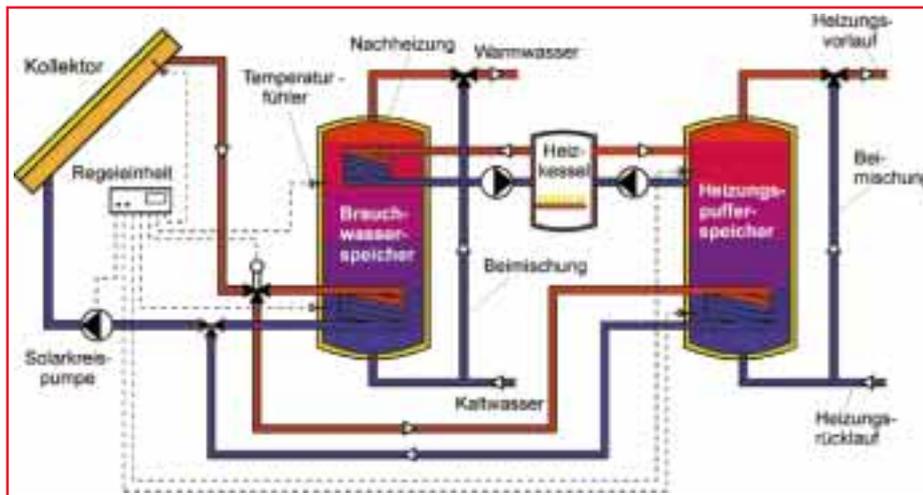


Bild 2 Variante 1: Zweispicheranlage

Vorteile: hoher Nutzungsgrad durch das niedrige Temperaturniveau im Warmwasserspeicher; Einsatz insbesondere bei größeren Wohnanlagen sinnvoll

Nachteile: durch Zweispicherkonzept höhere Wärmeverluste während der Heizperiode; hoher Installations- und Regelaufwand; höhere Investitionskosten; hygienisch bedenklich bei zu groß dimensionierten Warmwasserspeichern

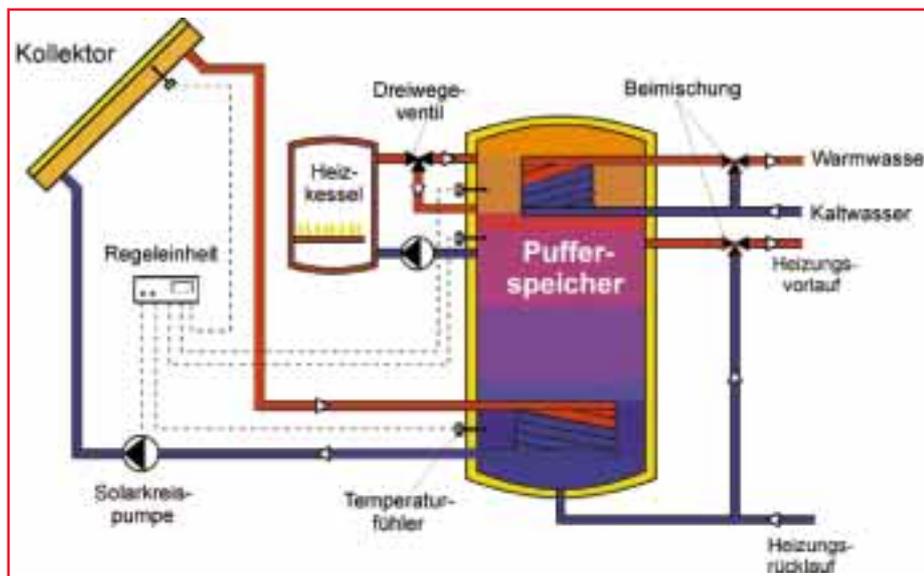


Bild 3 Variante 2: Einspeicheranlage mit eingetauchtem Warmwasser-WT

Vorteile: weniger Wärmeverluste, da nur ein Speicher; geringer Installationsaufwand, da sehr kompakte Bauweise; geringer Regelaufwand; günstige Anlagenvariante; hygienisch unbedenklich

Nachteile: höhere Stütztemperaturen im Bereitschaftsteil bzw. begrenzte Zapfleistung; Leistung stärker von der Rücklauftemperatur der Heizungsanlage abhängig; verringerter Nutzungsgrad

lauftemperaturen von 50 °C bzw. 30 °C ausgelegt werden. Noch günstiger arbeitet die Solaranlage bei einer Fußbodenheizung oder einer Wandheizung, die aus großflächig unter Putz verlegten Heizschlangen besteht. Damit sich allerdings im Praxisbetrieb die niedrigen Rücklauftemperaturen auch tatsächlich ergeben, muß darauf geachtet werden, daß die Heizkörper und Stränge hydraulisch gut einreguliert sind.

Der Markt bietet Vielfalt

Sind diese Bedingungen erfüllt, steht dem Einbau der Kombianlage nichts mehr im Wege. Im Einfamilienhausbereich kommen meist Anlagen mit 10 bis 15 m² Kollektorfläche und einem Speichervolumen von 700–1500 l zum Einsatz. Der Anstellwinkel für die Kollektoren sollte möglichst über 40 Grad sein. Von den Herstellern werden unterschiedliche Anlagenkonfigurationen favorisiert. Die fünf gebräuchlichsten Varianten werden nachfolgend vorgestellt, wobei prinzipiell zwischen „Zweispicher“- und „Einspeicheranlagen“ unterschieden wird.

Bei Zweispicheranlagen (Variante 1, Bild 2) wird neben dem Warmwasserspeicher, der ca. das 2- bis 2,5fache Volumen des täglichen Warmwasserverbrauchs beinhalten sollte, ein Heizungspufferspeicher eingebaut. Das Volumen beider Speicher sollte zusammen 70 bis 100 l je m² Kollektorfläche betragen. Die Beladung durch den Kollektorkreis kann dann, je nach Temperaturen in den Speichern, durch ein Dreiwege-Ventil zwischen Warmwasser- und Heizungspufferspeicher umgeschaltet werden. Bei nicht ausreichender Sonnenstrahlung liefert der Heizkessel als „Nachheizer“ die Wärme, die notwendig ist, um den Inhalt der Bereitschaftsteile beider Speicher auf Solltemperatur anzuheben.

Bei den Anlagenvarianten 2 bis 5 (Bilder 3 bis 6) dient der Pufferspeicher als zentrale Wärmeinheit. Die solare Beladung des Pufferspeichers erfolgt im unteren Speicherbereich, die Beladung im Bereitschaftsteil des Speichers durch den Heizkessel. Die Wassererwärmung erfolgt indirekt z. B. über einen Wärmeübertrager im Durchlaufprinzip. Am effizientesten arbeiten hier sogenannte Frischwasserstationen (Varianten 3 und 5; Bilder 4 und 6), die aus einem externen Plattenwärmeübertrager und einem Durchflußregler für die spei-

chenseitige Pumpe bestehen. Der Wärmeübergang ist so gut, daß das zum Speicher zurückströmende Wasser nur ca. 5 bis 10 °C wärmer als das Kaltwasser ist, was sich günstig auf den Betrieb des Kollektors auswirkt. Anstatt des externen Wärmeübertragers kann wie bei Variante 2 (Bild 3) auch ein eingetauchter Wärmeübertrager eingesetzt werden, in dem das Trinkwasser ebenfalls im Durchlauf erwärmt wird. Diese Lösung ist einfach und kostengünstiger, aber auch weniger effizient, da bei derartigen Anlagen eine Stütztemperatur von ca. 70 °C vorgehalten werden muß, um die notwendige Zapfleistung zu erzielen. Der Speicher wird bei der Entladung durchmischt, so daß die für den Kollektor günstigen Kaltwassertemperaturen im unteren Speicherbereich nicht eingehalten werden.

Schweizer Tüftler haben zur Lösung dieses Problems den „Swiss Tank“ (oder Tank-in-Tank-Speicher) entwickelt (Variante 4; Bild 5), bei dem ein nach unten hin verjüngter Warmwasserspeicher in den Pufferspeicher eingehängt wird. Da das gesamte Warmwasser im inneren Tank vorgehalten wird, kann sich dieses während der Stillstandzeiten bereits erwärmen, so daß bei den Entnahmen ausreichende Leistungen zur Verfügung stehen. Wichtig ist jedoch, daß bei diesen Speichern der innere Tank bis ganz in den unteren Bereich des Pufferspeichers gezogen ist und sich in diesem Bereich auch der Kaltwasserzufluß befindet.

Mit besonders ausgefeilter Regelstrategie werden „Low-flow“-Anlagen (Variante 5; Bild 6) betrieben. Eine niedrige Durchflußrate im Kollektorkreis ermöglicht, daß sich das Fluid bei entsprechender Einstrahlung nach einmaligem Durchströmen des Kollektors bis auf ca. 60–70 °C erhitzt. Durch eine Schichtbeladeeinrichtung kann diese Wärme direkt im oberen Bereich des Speichers eingespeist werden. Dies ist zum einen vorteilhaft, da sich höhere Nutzungsgrade ergeben, als bei herkömmlichen Anlagen. Zum anderen entstehen Kostenvorteile, da aufgrund der geringeren Durchflußraten kleinere Dimensionen bei Rohr-

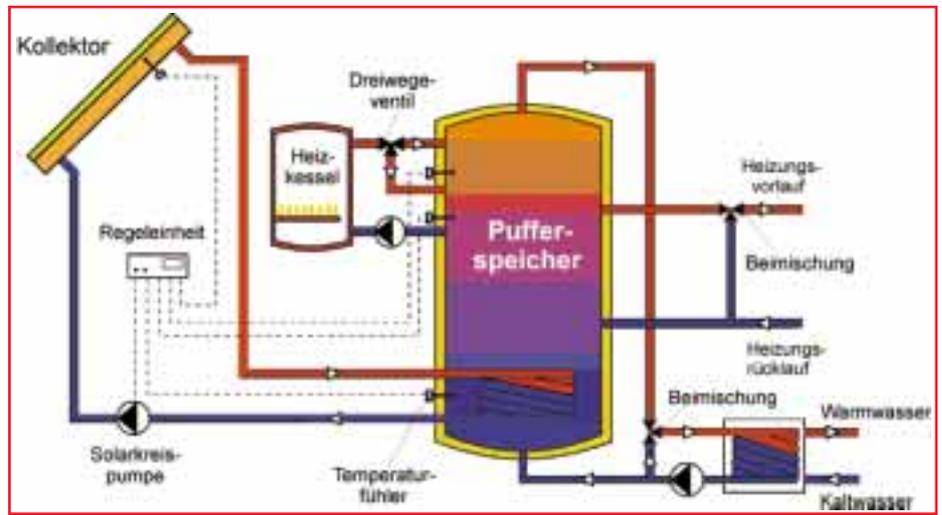


Bild 4 Variante 3: Einspeicheranlage mit externem Warmwasser-WT

Vorteile: weniger Wärmeverluste, da nur ein Speicher; Installationsaufwand gering; hoher Nutzungsgrad; hygienisch unbedenklich

Nachteil: Regelaufwand für Frischwassersystem

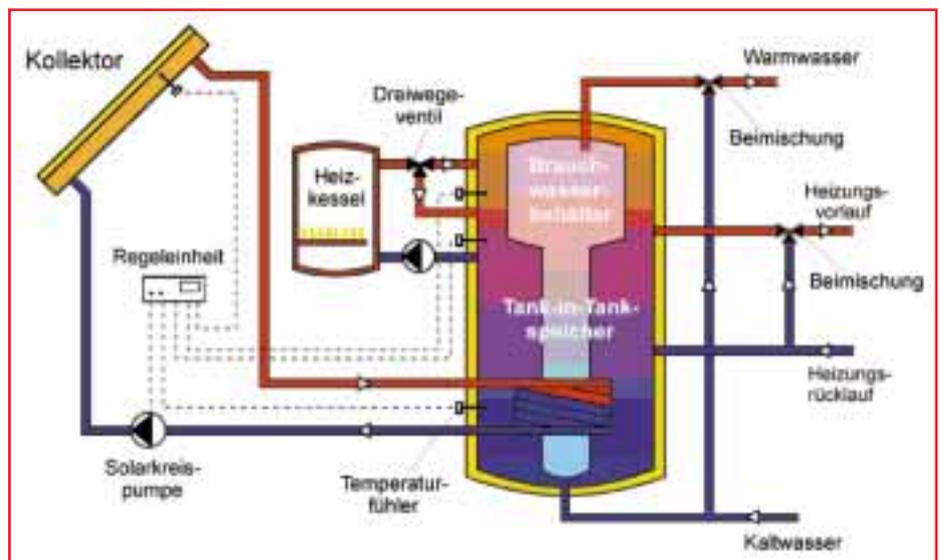


Bild 5 Variante 4: Anlage mit Tank-in-Tank-Speicher

Vorteile: weniger Wärmeverluste, da nur ein Speicher; geringer Installationsaufwand, da sehr kompakte Bauweise; geringer Regelaufwand

Nachteile: hygienisch bedenklich bei zu groß dimensionierten Warmwasserbehältern; höhere Stütztemperaturen im Bereitschaftsteil

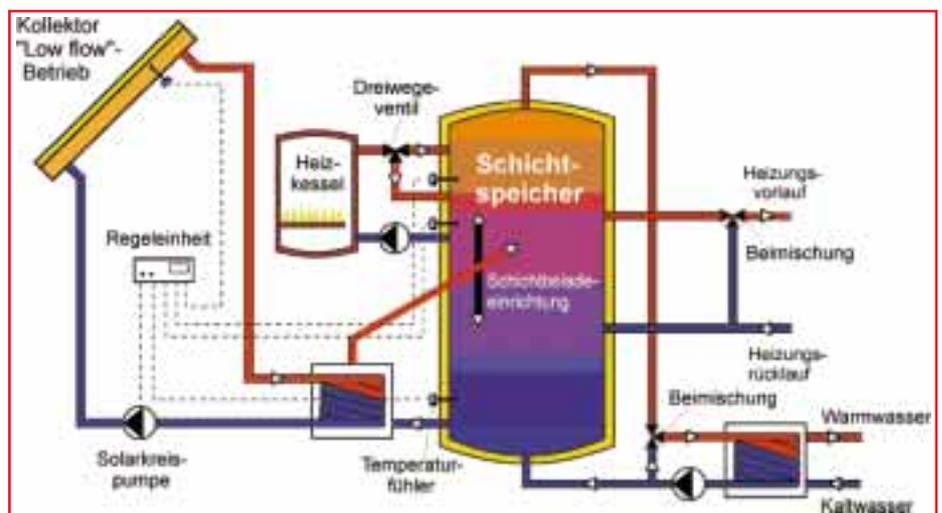


Bild 6 Variante 5: „Low-flow“-Anlage mit Schichtspeicher

Vorteile: weniger Wärmeverluste, da nur ein Speicher; Installationsaufwand gering; hoher Nutzungsgrad; hygienisch unbedenklich

Nachteil: Regelaufwand für Frischwassersystem

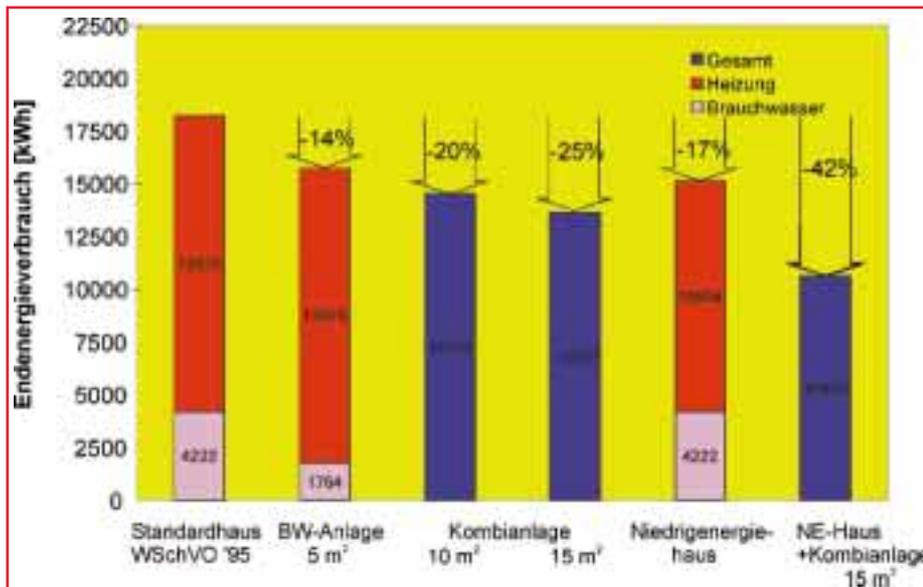


Bild 7 Endenergieverbrauch des Referenzhauses und Endenergiegewinne durch Niedrigenergiebauweise, solare Warmwasserbereitung und Raumheizung

leitungen und allen weiteren Komponenten des Kollektorkreises gewählt werden können.

Welche Variante ist die beste?

Welche der Varianten sich am besten eignet und wie sich die Solaranlage am besten in die Heizungsanlage integrieren läßt, hängt von den jeweiligen Gegebenheiten ab. Die jeweiligen Vor- und Nachteile der Anlagenvarianten sind in den Bildunterschriften erwähnt.

Generell sollten folgenden Regeln eingehalten werden: Der Anschluß für das kalte Trinkwasser bzw. der Frischwasserstation soll möglichst weit unten am Speicher sein, so daß der Kollektor mit niedrigen Temperaturen betrieben wird. Dies erhöht seinen Nutzungsgrad. Außerdem muß die Solltemperatur im Bereitschaftsteil möglichst niedrig sein, um den Nachheizbedarf zu minimieren.

Ein Bonus beim Betrieb der Kombianlagen ist, daß sich der Pufferspeicher der Solaranlage positiv auf den Betrieb des Heizkessels auswirkt. Anstatt häufiger Brennerstarts bei geringem Wärmebedarf kann der Kessel den gesamten Bereitschaftsteil des Pufferspeichers beladen und dann für längere Zeit abschalten. Dies erhöht den Nutzungsgrad des Heizkessels und verringert die Schadstoffemissionen durch häufige Brennerstarts.

Energieeinsparung und Kosten-Nutzen-Relation

Wieviel Energie sich durch eine Kombianlage einsparen läßt, wurde an der Universität Stuttgart mit Computer-Simulationen ermittelt. Das „Referenzgebäude“ der Wissenschaftler ist ein Einfamilienhaus (128 m², 4 Personen) am Standort Würzburg, das entsprechend der Wärmeschutzverordnung '95 gebaut wurde. Die Heizungsanlage wurde auf eine maximale Vorlauftemperatur von 50 °C und eine Rücklauftemperatur von 30 °C – und somit günstig für eine Solaranlage – ausgelegt.

Bild 7 zeigt, wie sich unterschiedliche Maßnahmen auf den ursprünglichen Endenergieverbrauch von 18 MWh für Warmwasserbereitung und Raumheizung auswirken.

Anlagenvarianten im Vergleich

Eine Kombianlage nach Variante 5 (Bild 6) mit 15 m² Flachkollektoren reduziert den ursprünglichen Bedarf an Öl oder Gas um ca. 25 % (Bild 7). Dies ist ca. die doppelte Einsparung gegenüber einer solaren Warmwasserbereitungsanlage mit 5 m². Für den Betrieb der Kombianlage fällt dabei jährlich ein Stromverbrauch von ca. 100 kWh an. Werden vor dem Einbau der Kombianlage zusätzliche Wärmeschutzmaßnahmen getroffen, bzw. das Haus als Niedrigenergiehaus mit einem um ca. 20 % niedrigeren Wärmebedarf für die Raumheizung ausgeführt, so können zusammen mit derselben Kombianlage gegenüber der Referenz über 40 % an Endenergie eingespart werden.

Durch eine weitere Erhöhung der Kollektorfläche bis 30 m² kann eine Einsparung an Endenergie von über 35 % erzielt werden (Bild 8). Die effizienteren Vakuumröhrenkollektoren erreichen bei gleicher Fläche über 40 %. Für ein Einfamilienhaus, das mit Flachkollektoren bestückt werden soll, werden in der Regel 10 bis 15 m² Kollektorfläche empfohlen, bei Vakuumröhrenkollektoren entsprechend weniger. Beim Leistungsvergleich der unterschiedlichen Varianten hat die „Low-flow“-Technik knapp die Nase vorn (Bild 9). Die Anlage erzielt eine jährliche Einsparung von ca. 4500 kWh (ca. 450 l Öl oder 450 m³ Gas). Der Ertrag der Anlagenvarianten 1, 3 und 4 ist geringfügig niedriger. Das Schluß-

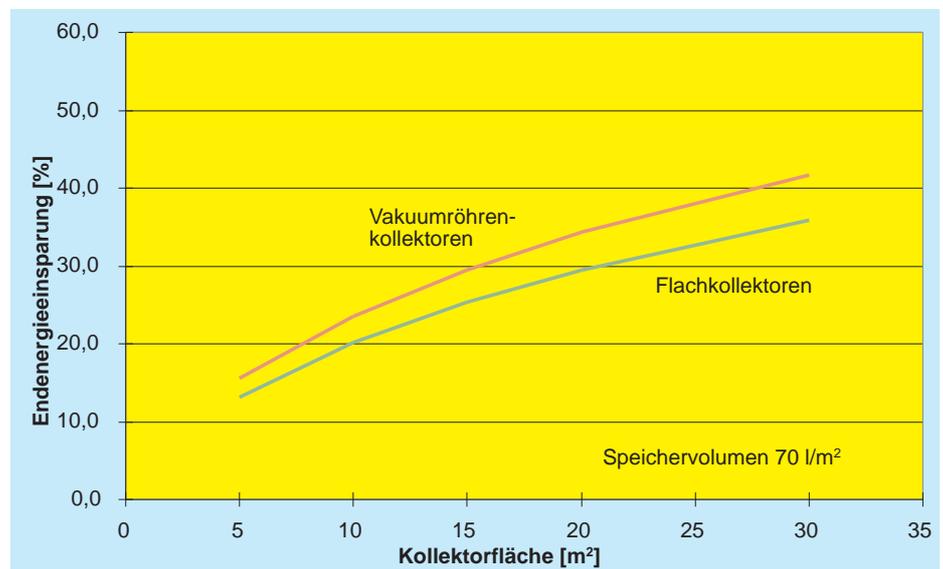


Bild 8 Endenergieeinsparung durch solare Raumheizung in Abhängigkeit von Kollektortyp und Kollektorfläche

licht bildet die Anlage mit eingetauchtem WW-Wärmeübertrager, deren Einsparung um ca. 600 kWh kleiner ist als die der besten Anlage. Werden die Auslegungstemperaturen der Heizung auf 70/40 erhöht, reduziert sich die Endenergieeinsparung um 2 bis 3 %.

Wohin mit der Überschußwärme?

Bei der Planung der Kombianlage sollte berücksichtigt werden, daß die Anlage im Sommer erheblichen Wärmeüberschuß erzeugt. Bei Schönwetter führt dies dazu, daß die Speicher ihre Maximaltemperatur erreichen, die Pumpe des Kollektorkreises abgeschaltet wird und die Solaranlage stillsteht: Prinzipiell kein Problem. Bei manchen Kollektoren kann es jedoch bei oftmaliger Stagnation zu einer beschleunigten Materialalterung und einer geringen Wirkungsgradabnahme des Kollektors kommen. In solchen Fällen werden Vorkehrungen empfohlen, um die überschüssige Energie z. B. über Heizkörper abzuführen. Ideal ist ein zusätzlicher Sommerwärmebedarf z. B. durch ein Schwimmbad.

Kosten-Nutzen-Verhältnis

Der Preis einer Kombianlage mit 10 oder 15 m² Flachkollektorfläche liegt bei ca. 16 000 DM bzw. 22 000 DM. Hinzu kommen ca. 4000 bis 5000 DM für die Rohrleitungen, Zubehör und Montage. Je nach Variante und Anbieter sind Unterschiede bis 30 % möglich.

Eine wichtige ökonomische Bewertungsgröße ist – neben der Höhe der Investition – das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Es wird berechnet, als Verhältnis von Investitionskosten zu Energieeinsparung. Ausgehend

Anlage/Flachkollektorfläche	Gesamtkosten* DM	Endenergieeinsparung kWh/a	Kosten-Nutzen-Verhältnis Pf/kWh
Warmwasseranlage 5 m ²	12 500	2485	55
Kombianlage 10 m ²	18 500	3673	55
Kombianlage 15 m ²	25 500	4538	61

* 1500,- DM Gutschrift für Speicher

Tabelle Kosten-Nutzen-Verhältnis

von einer Lebensdauer von 20 bis 25 Jahren läßt sich daraus – je nach Finanzierungsart und Förderanteil – der Preis je eingesparter Kilowattstunde berechnen. Dabei werden 1500 DM für einen konventionellen Warmwasserspeicher gut geschrieben, der beim Einbau einer Solaranlage entfällt. Die Tabelle zeigt den Vergleich für eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung mit 5 m² und eine Kombianlage mit 10 bzw. 15 m² Flachkollektorfläche. Die Kombianlagen können mit dem Kosten-Nutzen-Verhältnis der Warmwasseranlage bestens konkurrieren.

Maßnahmen zum besseren Wärmeschutz sind zunächst kostengünstiger als eine Solaranlage. Ab einem gewissen Dämmstandard gehören jedoch Kollektoren aufs Dach. Zur Warmwasserbereitung gibt es keine umweltfreundlichere Alternative als die aktive Solarenergienutzung.

Fazit der Untersuchung

Als Fazit gilt für die untersuchten Kombianlagen läßt sich sagen:
– Kombianlagen können einen beträchtlichen Teil der in einem Ein- oder Mehr-

familienhaus für die Warmwasserbereitung und Raumheizung benötigten Energie einsparen. Die Leistung der unterschiedlichen Anlagenvarianten unterscheidet sich nur gering.

– Vor dem Einbau einer Kombianlage sollte geprüft werden, ob der Heizwärmebedarf durch Dämmmaßnahmen gesenkt werden kann. Die Heizung sollte auf möglichst niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen ausgelegt sein. 40 °C im Rücklauf sollten nicht überschritten werden.

– Kombianlagen können bei zwei- bis dreifacher Kollektorfläche das gleiche Kosten-Nutzen-Verhältnis wie Solaranlagen zur Warmwasserbereitung erreichen.

Wenn ein Hauseigentümer die Kosten nicht scheut, kann er im Ein- und Mehrfamilienhaus den Schritt zu Anlagen mit Langzeitspeicher wagen. Auf diese Art lassen sich über 50 % der Energie für Warmwasser und Heizung einsparen, da die im Sommer „geerntete“ Sonnenenergie bis in den November „gelagert“ und dann zum Heizen verwendet werden kann. Wird ein Neubau gut gedämmt und nach den Regeln der passiven Solarenergienutzung gebaut, ist der Schritt zum „Nullenergiehaus“ nicht mehr weit. Bei dem vorgestellten Niedrigenergiehaus lassen sich z. B. durch eine Anlage mit 30-m²-Kollektorfläche und einem 15-m³-Speicher rund 45 % an Gas oder Öl einsparen. Allerdings nimmt ein solch großer Speicher eine zentrale Rolle im Haus ein. Das bedeutet, daß das Gebäude quasi um den Wärmespeicher herumgebaut werden muß. □

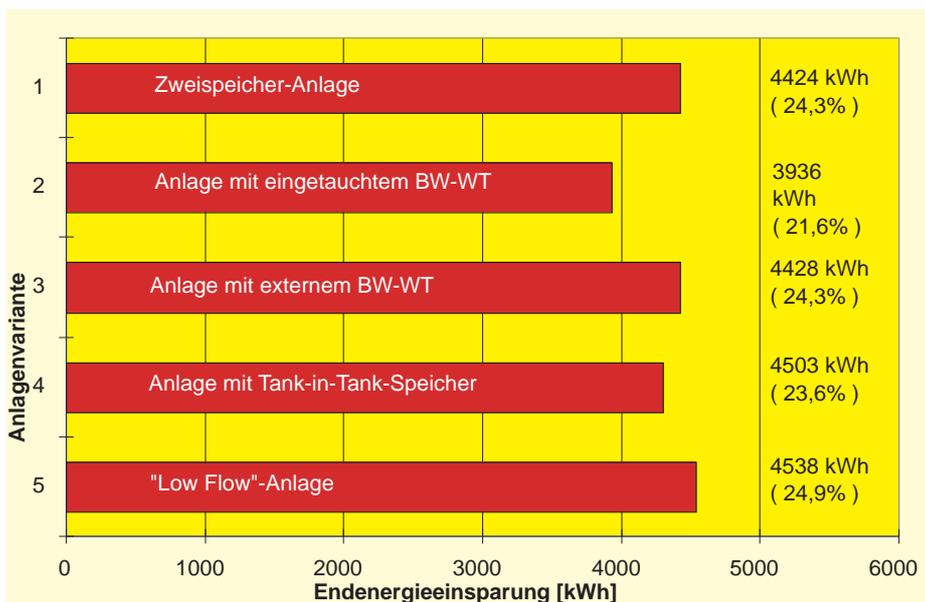


Bild 9 Endenergieeinsparung verschiedener Anlagenvarianten zur solaren Raumheizung