

Solare Heizungsunterstützung mit Kombianlagen

Abb 1



- ▶ **Energieeinsparung von etwa 20% bei modernen Einfamilienhäusern**
- ▶ **Wärmekosten vergleichbar mit solarer Brauchwassererwärmung**
- ▶ **Nur geringe Abweichungen im solaren Ertrag für unterschiedliche Anlagenkonzepte**
- ▶ **Dimensionierung und Qualität der Komponenten entscheidet über Ertrag**

Kollektoranlage zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Foto: SET)

Bereits jede fünfte in Deutschland installierte Solaranlage liefert neben warmem Wasser auch Wärme für die Heizung. Die Verkaufszahlen steigen auch in anderen europäischen Ländern - in Schweden dominieren Kombianlagen bereits den Markt. Im Vergleich zu reinen Brauchwassersystemen verdoppelt eine typische Kombianlage für ein modernes Einfamilienhaus in etwa den solaren Ertrag auf rund 20-25% des Gesamtwärmebedarfes. Die Solaranlagenhersteller bieten heute Kombianlagen mit sehr unterschiedlichen Konzepten an. Dieser Variantenreichtum wirft nicht nur für den Endkunden, sondern auch für den Fachplaner Fragen auf: Sollten z. B. für Heizung und Brauchwasser separate Speicher installiert werden oder ist ein „Tank-in-Tank“-System vorzuziehen; und in welchen Fällen sollte das Brauchwasser nach dem Durchlauferhitzer-Prinzip erwärmt werden? Welche Vor- und Nachteile haben die unterschiedlichen Speicherladestrategien; wie unterscheiden sich sogenannte „Low-Flow“-Anlagen? Lohnt sich der Einbau einer komplexen Anlage oder ist eine möglichst einfache Anlage vorzuziehen? Welchen Einfluss hat die konventionelle Heizung und die Wär-

meverteilung auf den solaren Ertrag.

Zusammenfassend stellt sich die Frage: Wie müssen Kombianlagen beschaffen sein, so dass Solarkreis, Raumheizungskreis, Nachheizung und Speicher optimal zusammen arbeiten.

Die Beantwortung dieser Fragestellung für unterschiedliche Klimabedingungen und Lastprofile ist das Ziel verschiedener Arbeitsgruppen im „Solar Heating and Cooling“ Programm (SHC) „Solar Combisystems“ (Task 26) der Internationalen Energie Agentur (IEA). Im Rahmen der Arbeiten wird ein einheitliches Verfahren zur Bewertung von solaren Kombianlagen entwickelt. Auf deutscher Seite beteiligen sich mit Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie neben einigen Herstellern, das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart sowie der Fachbereich Physik der Universität Marburg. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Speicherkennwerte und Prüfverfahren entwickelt, die Grundlage für eine internationalen Normung sein sollen. Die Arbeiten ergaben zum Teil recht überraschende Ergebnisse.

► Anlagenkonzepte und Energieertrag

In den letzten Jahren haben sich eine Reihe von Anlagen mit unterschiedlichen Konzepten durchsetzen können. Der Zweispeicheranlage (Abb 3) ist seine historische Abstammung anzusehen - die Solaranlage zur Brauchwassererwärmung wurde um einen weiteren Speicher für die Heizung ergänzt. Von Vorteil ist, dass einfache Speicher einsetzbar sind und dass die relativ geringen Temperaturen am Solarkreis-Wärmetauscher sich günstig auf den Kollektorwirkungsgrad auswirken. Nachteilig ist der größere Wärmeverlust zweier Speicher gegenüber dem gleich gedämmten Einzelspeicher.

Einspeicheranlagen (Abb 4) sind aufgrund ihrer kompakten Bauweise auf dem Markt dominant.

Der Speicher dient zusätzlich als Pufferspeicher für den Heizkessel. Hierdurch eignen sich diese Anlagen für den Einsatz mit Holzheizkesseln, für die ein Puffervolumen zwingend notwendig ist.

Bei Kombispeichern mit eingebauter Wärmequelle (Abb 5) ist der Heizkessel und der Speicher für die Brauchwassererwärmung durch einen großen Speicher ersetzt, in den ein Gas- oder Ölbrenner als Wärmequelle eingebaut ist. Vorteilhaft sind günstige Montagekosten und kompakte Bauweise.

Bei Anlagen mit Rücklaufanhebung (Abb 6) im Speicher ist nur ein Puffervolumen bzw. ein Bereitschaftsvolumen für die Brauchwassererwärmung vorhanden. Der Heiz-

kessel liefert die Wärme für die Raumheizung direkt in den Heizkreislauf. Ist die Temperatur im unteren Bereich des Speichers höher als die Rücklauftemperatur des Raumheizungskreises, so wird der Rücklauf durch den Speicher geleitet und diesem Wärme entnommen. Diese Wärme hebt das Temperaturniveau des Wassers im Rücklauf an, bevor es im Heizkessel auf Vorlauftemperatur erwärmt wird. Mit der niedrigen Speichertemperatur während der Heizperiode reduzieren sich die Wärmeverluste. Rücklaufanhebung sollte nur in Kombination mit einem modulierenden Brenner oder einem Kessel mit hinreichend großem Wasservolumen als Puffer eingesetzt werden. Andernfalls ist häufiges Takten des Brenners mit entsprechenden Schadstoffemissionen und schlechtem Kesselwirkungsgrad zu erwarten.

Die Leistungsfähigkeit verschiedener Anlagenvarianten wurde in einer Simulationsrechnung untersucht. Als Referenzfall wurde ein Einfamilienhaus mit den Wetterdaten für Würzburg gewählt (Abb 2). Kenngröße für die thermische Leistungsfähigkeit ist die jährliche anteilige Energieeinsparung (f_{sav})

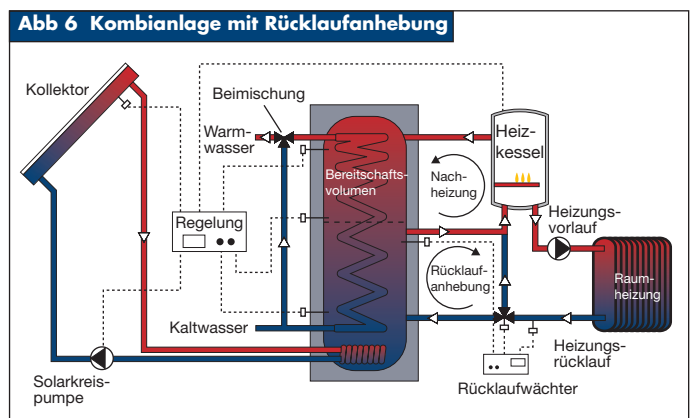
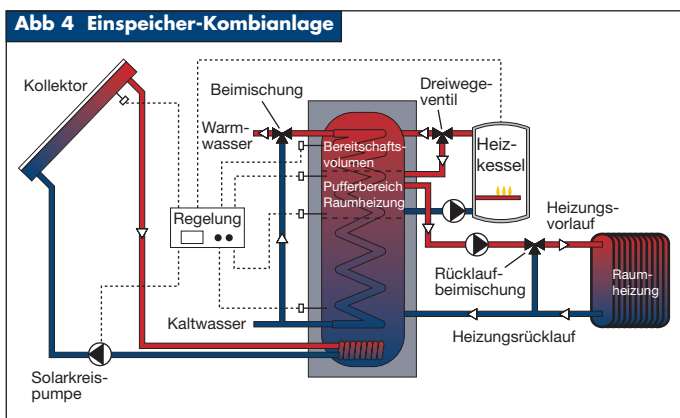
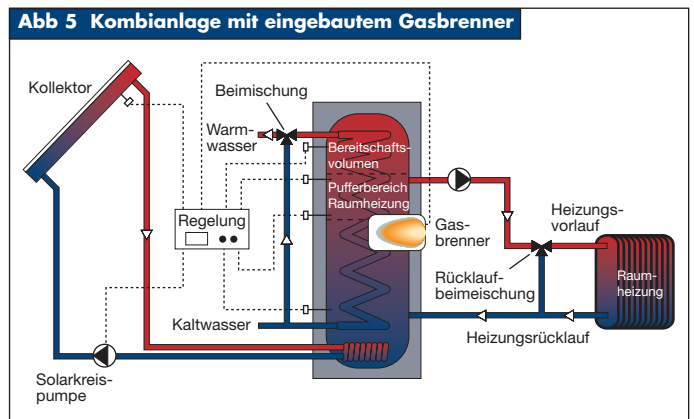
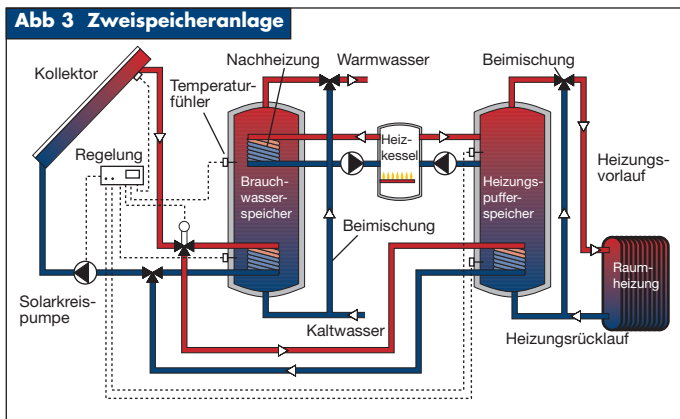
Abb 2 Simuliertes Referenzhaus

Wetterdaten	Würzburg
Beheizte Wohnfläche	128 m ²
Belegung	4 Personen
Baustandard	WSVO 95
Heizwärmebedarf	93 kWh/m ² a
Nutzungsgrad des Heizkessels	85 %
Energiebedarf (ohne Solaranlage) für Brauchwassererwärmung und Raumheizung	ca. 18200 kWh/a
maximale Vor/Rücklauftemperatur	70/40 °C
Warmwasserbedarf (bei 45 °C)	200 l
Kollektorfläche („guter“ Flachkollektor)	10 m ²

am Gesamtenergiebedarf des Hauses.

Die Energieeinsparung lag für alle Systemvarianten nahe beieinander. Sie betrug rund 20%, mit Abweichungen von maximal 0,5%. Da die Energieeinsparung weitgehend unabhängig von der Wahl des Anlagenkonzeptes ist, sollte sich die Auswahl an der optimalen Anpassung der vorhandenen oder geplanten Gebäudetechnik ausrichten:

- charakteristische Kenngrößen des Heizkessels (maximale bzw. minimale Leistung, Taktverhalten etc.)
- Puffervolumen, das für den Heizkessel zur Verfügung steht
- Wärmequelle für Zusatzheizung (Gas, Heizöl, Holz)
- Versorgungssicherheit mit Warmwasser: Solltemperatur des Bereitschaftsvolumens
- Betriebsstrategie des Kollektorkreises: Low-flow, high-flow



► Auslegung von Kombianlagen

Der Energiebedarf zur Brauchwassererwärmung in einem Einfamilienhaus ist über das gesamte Jahr annähernd konstant und kann im Sommer schon mit kleinen solaren Brauchwasseranlagen fast vollständig gedeckt werden. Durch das in den Übergangszeiten noch gute Strahlungsangebot und dem gleichzeitig geringen Wärmebedarf für die Raumheizung kann eine Solaranlage zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung in diesen Zeiten einen beträchtlichen Teil des Heizwärme-

bedarfs decken. Günstige Voraussetzungen für eine solare Heizungsunterstützung bieten Gebäude mit niederem Heizwärmebedarf und Heizungssysteme mit niederen Vorlauftemperaturen (Heizungsauslegung max. 70/40 °C).

Kombianlagen mit einer Kollektorfläche von 10 m² (Flachkollektoren) und einem Speichervolumen von etwa 750 Litern reduzieren den Energieverbrauch für die Brauchwassererwärmung und Raumheizung eines 'typischen' Einfamilienhauses um ca. 20%. Die konkrete Dimensionierung erfolgt auf Basis der Gebäude-

Abb 7 Auslegung einer Kombianlage für ein Ein- bis Zweifamilienhaus (4-6 Personen)

Kollektorfläche	10 – 25 m ²
Speichervolumen	50-80 Liter pro m ² Flachkollektoren 70 -100 pro m ² Vakuumröhrenkollektoren
Kesselpuffervolumen (bei Kesselpufferung)	70 – 150 Liter
Übertragungsleistung des Solarkreisübertragers	80 W / (K m ²)
Trinkwasser-Bereitschaftsvolumen	150 Liter

daten, der Bewohnerzahl und der Verbrauchsgewohnheiten. Übliche Auslegungsparameter zeigt **Abb 7**. Geeignete Systeme werden in Deutschland bereits von fast allen Solaranlagen-Herstellern in unter-

schiedlichen Varianten angeboten. Einige Anlagen wurden von der Stiftung Warentest einem Vergleichstest unterzogen.

► Speicherkonzepte und Energieertrag

Bei der solarunterstützten Trinkwassererwärmung und Raumheizung hat der Speicher mehrere Funktionen: Er dient sowohl als Wärmespeicher für die Solaranlage, als auch zur Erwärmung des Trinkwassers und ggf. auch als Pufferspeicher für den Heizkessel. Kombispeicher unterscheiden sich vor allem durch die Art der Trinkwassererwärmung und die solare Beladung.

Welchen Einfluss hat das Speicherkonzept auf die Energieeinsparung?

Vier marktverfügbare Speicher mit unterschiedlichen Speicherkonzepten wurden an einem Teststand vermessen. Mit diesen Daten wurde wiederum das Referenz-Einfamilienhaus (**Abb 2**) simuliert und die Energieeinsparung f_{sav} ermittelt.

Ergebnis: Die Jahresenergieeinsparung variierte zwischen 18,3 und 20,8% oder absolut um ca. 470 kWh. Die konstruktionsbedingten Unterschiede sind aber weitaus geringer. Wiederholt man die Simulationsrechnung mit gleichen Randbedingungen für den Speicher, so variiert die Jahresenergieeinsparung zwischen 19,7% und 21,0% oder absolut um ca. 240 kWh.

Der unterschiedliche solare Ertrag resultierte weniger aus den verschiedenen Anlagen- bzw. Speicherkonzepten als vielmehr aus der Ausführung und Abstimmung der einzelnen Komponenten. Wichtig sind die optimale Wärmedämmung und Dimensionierung des Speichers sowie ausreichend große Wärmeübertragerleistungen der Wärmetauscher.

Speicherparameter und Energieertrag

Welchen Einfluss haben verschiedene Speicherkenngrößen wie Wärmedämmung oder Wärmeübertragungsvermögen des Solarkreiswärmetauschers auf die Energieeinsparung f_{sav} ? Wie wirkt sich eine Änderung der Solltemperatur im Bereitschaftsvolumen aus? Zur Beantwortung dieser Fragen wurde das Referenzhaus Würzburg mit folgenden Daten simuliert:

■ Speicher (Tank in Tank System) gesamt / Brauchwasser: 750/230 l

■ Wärmeverlustrate des Speichers: 2,5 W/K

■ Einbindung der Solaranlage: Rücklaufanhebung

Wärmeverlustrate

Die Wärmeverlustrate ist ein Maß für die Wärmeverluste des Speichers an die Umgebung. Bei einem Vergleich der Wärmeverluste von Speichern ist es wichtig, das Speichervolumen mit zu berücksichtigen. Bei gleicher Qualität der Wärmedämmung ist die Wärmeverlustrate bei Speichern mit größerem Volumen, aufgrund der größeren Oberfläche, höher.

Abb 8 zeigt den Einfluss der Wärmeverlustrate auf die anteilige Energieeinsparung. Die für den Referenzfall gewählte Wärmeverlustrate von 2,5 W/K stellt bereits einen sehr guten Wert dar, der in der Realität bisher nur von sehr wenigen Speichern erreicht wird. Durch eine weitere Verbesserung der Wärmedämmung sollte eine Reduzierung der Wärmeverlustrate auf 2,0 W/K mit einer Steigerung von f_{sav} um 0,4% möglich sein. In der Praxis tritt bei den Speichern mit einem Volumen von etwa 750 Litern oft eine deutlich größere Wärmeverlustrate auf, die sich im Bereich von 4 bis 5 W/K bewegen kann. Die Ursachen hierfür sind meist nicht eine geringere Dicke oder größere Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung, sondern Wärmebrücken im Bereich von Anschlüssen, Flanschen und Temperaturfühlern, die auf eine unsaubere Verarbeitung bzw. ungünstige Konstruktion zurückzuführen sind.

Solltemperatur des Bereitschaftsvolumens

Das nutzbare Volumen des Bereitschaftsteils ist durch die Geometrie des Speichers (z. B. Volumen, Position der Anschlüsse und Temperaturfühler) vorgegeben. Ein kleines, auf niedrigerem Temperaturniveau betriebenes Bereitschaftsvolumen für die Brauchwasser-

erwärmung wirkt sich positiv auf die mit der Solaranlage erzielbare Energieeinsparung aus. Es ist deshalb wichtig, dass das Bereitschaftsvolumen keinesfalls überdimensioniert wird. Zusätzlich zu diesen Größen ist die Warmwassermenge, die dem Speicher bei einer Zapfung entnommen werden kann, von der Solltemperatur des Bereitschaftsvolumens abhängig. Neben der Versorgungssicherheit hat die Solltemperatur jedoch auch einen ausgeprägten Einfluss auf die anteilige Energieeinsparung (**Abb 9**). Da die Brauchwasserlast bereits ab einer Solltemperatur von 43 °C vollständig gedeckt wird, bringen höhere Werte für die Solltemperatur im vorliegenden Fall keinen weiteren Vorteil - im Gegenteil: mit zunehmender Solltemperatur des Bereitschaftsvolumens verringert sich die anteilige Energieeinsparung signifikant.

Abb 8 Einfluss der Wärmeverlustrate auf f_{sav}

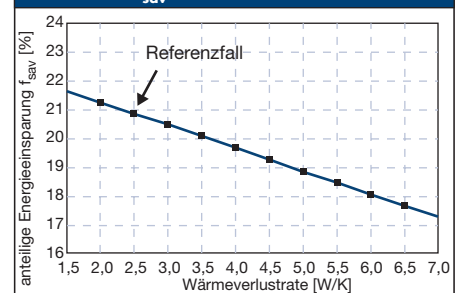
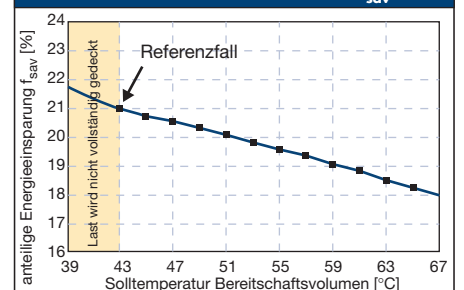


Abb 9 Einfluss der Solltemperatur des Bereitschaftsvolumens auf f_{sav}



► Fazit

Über den solare Ertrag einer Solaranlage zur kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung entscheidet weniger das Anlagenkonzept als vielmehr die Ausführung und Dimensionierung der einzelnen Komponenten. Wichtig sind die optimale Größe des Speichers sowie ausreichend große Wärmeübertragerleistungen der Wärmetauscher.

Besondere Bedeutung kommt der Wärmedämmqualität des Speichers zu. Einige gestetete Speicher haben höhere Wärmeverluste als die Dämmstärke zunächst erwarten lässt. Ursache ist oft die Qualität der Dämmung an Durchbrüchen, z. B. für Anschlüsse oder Flansche. In einigen Fällen können aber auch konstruktive Mängel benannt werden. Die Verlegung der Anschlüsse in kältere Speicherbereiche und die konstruktive Vermeidung von Konvektionsströmungen minimiert Wärmeverluste. Schwachstellen machten im Praxistest oft Mehrerträge ausgefeilter Beladestrategien zunichte. Gute Speicher müssen aber weder teuer noch kompliziert sein. Bei Kombianlagen spielt die Schichtungsfähigkeit des Speichers eine geringere Rolle als bei reinen Brauchwasseranlagen.

Das Warmwasser-Bereitschaftsvolumen und die Temperatur sollten möglichst klein gewählt werden, aber groß genug sein, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Eine Vergrößerung des Heizungspuffervolumens vermindert die Energieeinsparung, führt aber auch zu einer geringeren Anzahl schadstoffintensiver Brennerstarts.

Heizungsanlagen mit hohen Auslegungstemperaturen vermindern den solaren Ertrag weniger stark als erwartet. Dies macht Kombianlagen auch für die Nachrüstung in Altbauten interessant. Auch mit Brennwertkesseln lassen sich Kombianlagen ohne wesentliche Minderung des Kesselwirkungsgrades kombinieren.

Auch wenn der Einfluss des Anlagenkonzeptes auf den solaren Ertrag gering ist, haben die untersuchten Varianten spezifische Vor- und Nachteile. Platzbedarf, Einbindung weiterer Wärmequellen wie z.B. Holzfeuerung, oder das für den Heizkessel verfügbare Puffervolumen, können bei der Auswahl den Ausschlag geben.

► PROJEKTADRESSEN

- Universität Stuttgart
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Dipl.-Ing. Harald Drück
Pfaffenwaldring 6
70550 Stuttgart

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Kerskes, K.; Drück, H.; Bachmann, S.:
Kombianlagen - Solaranlagen zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben 0329728B.
Hrsg.: Stuttgart Univ. Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW).
Stuttgart, 2001.

Service

- Ergänzende Informationen wie Literatur, Adressen, Ansprechpartner und Internet-Links sind unter <http://bine.fiz-karlsruhe.de>, "Service/Infoplus" abrufbar.

PROJEKTORGANISATION

- **Förderung des Vorhabens**
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
53182 Bonn
Projektträger Jülich (PTJ) des BMWi
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Volkmar Lottner
52425 Jülich
- **Förderkennzeichen**
0329728B

IMPRESSUM

- **ISSN**
0937 – 8367
- **Herausgeber**
Fachinformationszentrum Karlsruhe,
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische
Information mbH
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
- **Nachdruck**
Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.
- **Redaktion**
Dr. Franz Meyer

BINE – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Profi-Infos
- basisEnergie

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Meckenstr. 57
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: <http://www.bine.info>