

„Kombianlagen“ Ein nationales Projekt für Solaranlagen zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Raumheizung

H. Kerskes¹, W. Heidemann¹, H. Müller-Steinhagen^{1,2}

¹ *Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart
Tel.: 0711/685-3536, Fax: 0711/685-3503
email: kerskes@itw.uni-stuttgart.de*

² *Institut für Technische Thermodynamik
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*

Thermische Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung zeigen derzeit das größte Potential, die Nutzung der Solarenergie im Gebäudebereich weiter zu erhöhen. Sie stellen die konsequente Weiterentwicklung der solaren Trinkwassererwärmung dar. In Deutschland, wie auch in zahlreichen anderen europäischen Ländern, nimmt der Marktanteil von Kombianlagen stetig zu und Fachleute rechnen mit einer Fortsetzung dieses Trends. Zur gezielten Unterstützung dieser Entwicklung hat der Deutsche Fachverband Solarenergie (DFS) gemeinsam mit dem Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart und der deutschen Solarindustrie 1999 das Projekt „Kombianlagen“ initiiert. Der Anspruch des Projekts ist es, bereits in diesem frühen Stadium der Markteinführung von Kombianlagen die benötigte Hilfestellung zu geben, um eine schnelle und sichere Marktentwicklung auf hohem technischem Niveau zu realisieren. Das große Interesse an diesem Projekt und seine Notwendigkeit spiegeln sich in der hohen Beteiligung von 21 deutschen Herstellern wieder. Die Mitarbeit an der von der Internationalen Energie Agentur (IEA) eingesetzten Task 26 „Solar Combisystems“ sicherte einen guten Informationsaustausch zwischen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen. Nach einer Laufzeit von zwei Jahren wurde das Projekt im Januar 2001 erfolgreich abgeschlossen. Dieser Beitrag liefert eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse. Die Inhalte des Projekts gliedern sich in drei Arbeitsschwerpunkte, die nachfolgenden vorgestellt werden. Detaillierte Informationen sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.

1 Grundlagen und Spezialfragen

Als Arbeitsgrundlage für eine energetische Betrachtung von Kombianlagen wurden die erforderlichen Bewertungsgrößen und Definitionen eingeführt und eine herstellernerneutrale, schematische Darstellungsweise erarbeitet (Beispiel s. Bild 1).

In Deutschland existieren sehr unterschiedliche Konzepte von Kombianlagen, jedoch

mangelte es zu Beginn des Projekts an genauen Kenntnissen über das thermische Verhalten der Systeme. So war die zentrale Frage: Wie muss eine Kombianlage beschaffen sein, damit die einzelnen Subsysteme Solarkreis, Raumheizungskreis, Nachheizung und Wärmespeicher bestmöglich zusammenarbeiten und eine maximale Energieeinsparung erzielen? In detaillierten Simulationsstudien wurden verschiedene Kombianlagentypen für unterschiedliche Heizwärmelasten und Auslegungstemperaturen des Heizungskreises bei konstanten Randbedingungen (Wetter) untersucht, um die Abhängigkeiten zwischen den Subsystemen und die Haupteinflussfaktoren auf die jährliche anteilige Energieeinsparung f_{sav} zu identifizieren. Als wesentliche Punkte wurden dabei festgestellt:

Trinkwassererwärmung:

Die Art der Trinkwassererwärmung hat großen Einfluss auf f_{sav} . Generell gilt: Eine Erhöhung der „nutzbaren Warmwassermenge“ (Komfort) führt zu einer Verminderung von f_{sav} . Die nutzbare Warmwassermenge gibt an, wieviel warmes Trinkwasser aus den Speicher mindestens gezapft werden kann. Sie ist somit ein Maß für die Versorgungssicherheit und ist bei einer energetischen Bewertung zu berücksichtigen.

Heizungsauslegung:

Heizungsanlagen mit hohen Auslegungstemperaturen vermindern den solaren Beitrag weniger stark als erwartet und stellen keinen Hinderungsgrund für eine Kombianlage zur Heizungsunterstützung dar. Eine Vergrößerung des Heizungspuffervolumens führt zwar zu einer Verminderung von f_{sav} , reduziert jedoch die jährlichen Brennerstarts des Heizkessels drastisch und führt somit zu einer deutlichen Verminderung des Schadstoffausstosses.

Die Brennwertnutzung des Heizkessels geht in Kombianlagen nur geringfügig zurück.

Konstruktive Merkmale:

Die Untersuchung einer Reihe von Anlagenvarianten (Heizungsrücklaufanhebung, Heizungspufferung, Speicher mit und ohne Schichtbeladeeinrichtungen, mit externen und internen Wärmeübertrager, Matched-flow-Anlagen uvm.) zeigt, dass zwar Unterschiede bei der erzielten Energieeinsparung resultieren, jeder Anlagentyp jedoch eigene Vorteile (nutzbare Warmwassermenge, geringe Brennerstarts, einfache Bauweise u.ä.) besitzt. Wichtig ist eine sinnvolle hydraulische Verschaltung der Anlage, wie sie Bild 1 am Beispiel einer „Tank-im-Tank“-Anlage zeigt. Besonderer Wert ist auf eine möglichst geringe Wärmeverlustrate des Speichers zu legen.

Die berechnete jährliche Energieeinsparung f_{sav} lag bei gleicher Anlagengröße (Kollektorfläche und Speichervolumen) je nach Bauart der Kombianlage und des zugrunde gelegten Heizwärmebedarfs zwischen 17% und 25%.

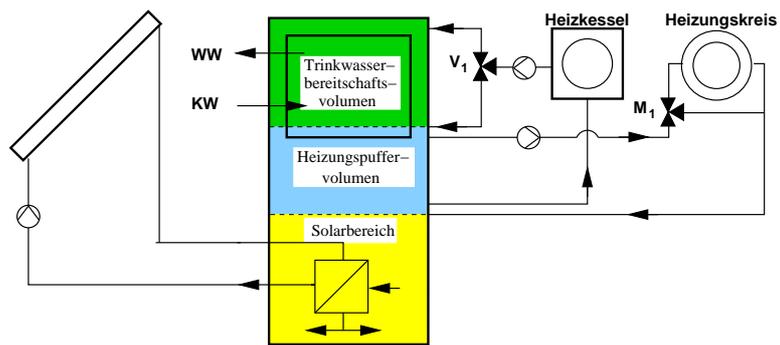


Abb. 1: Schematische Darstellung einer „Tank-im-Tank“-Anlage

2 Know-How Transfer

Ein wichtiges Ziel des Projekts war es, die erarbeiteten Erkenntnisse dem planenden und ausführenden Gewerbe zur Verfügung zu stellen. Unter Leitung des DFS wird ein Leitfaden erstellt, der als Grundlagenwerk mit technischen Informationen für die Auslegung und Planung von Kombianlagen veröffentlicht wird. Hier fließen die erarbeiteten Kenntnisse sowie die Erfahrungen der Hersteller ein, mit dem Ziel, dem Anlagenplaner ein Nachschlagewerk mit den notwendigen Informationen zur Verfügung zu stellen.

3 Prüfverfahren für Kombianlagen

Ebenso wichtig wie die gewonnenen Erkenntnisse zur Verbesserung der Systemtechnik ist ein Prüfverfahren, das in der Lage ist, deren technische Umsetzung zu erfassen. Derzeit gibt es kein genormtes Prüfverfahren für Kombianlagen. Da eine gezielte technische Entwicklung und ein Vergleich verschiedener Systeme ohne Prüfverfahren nicht möglich ist, war es eine wichtige Aufgabe ein entsprechendes Verfahren zu entwickeln. Das komponentenorientierte Testverfahren (CTSS¹) für solare Trinkwassererwärmungsanlagen nach ENV 12977-2 bzw. ENV 12977-3 /1/ stellt die beste Grundlage zur Weiterentwicklung für ein Kombianlagen-Prüfverfahren dar.

Das entwickelte Prüfverfahren für Kombianlagen stützt sich auf die drei Säulen:

Kollektorprüfung

Speicherprüfung

Reglerprüfung.

Aufgabe der drei separaten Prüfungen ist es, Kennwerte zu ermitteln, mit deren Hilfe das thermische Verhalten der einzelnen Komponenten beschrieben werden kann. Damit ist es möglich, mit einem geeigneten Simulationsprogramm (z.B. TRNSYS) das Verhalten der Gesamtanlage zu berechnen und die jährlichen Energieeinsparung einer

¹Component Testing, System Simulation

Kombianlage zu ermitteln. Während zur Prüfung der Kollektoren die neue europäische Norm EN 12975-2 angewendet werden kann, mussten für die Speicher- bzw. Reglerprüfung folgende Ergänzungen gemacht werden:

3.1 Speicherprüfung

Der Speichertest nach ENV 12977-3 musste in wesentlichen Punkten bezüglich der Anforderungen für Kombianlagen erweitert werden. Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit bei der Trinkwassererwärmung wurde eine neue Prüfmethode zur Bestimmung der „nutzbaren Warmwassermenge“ entwickelt.

Die Beschreibung der zum Teil sehr komplexen Kombispeicher mit ihren manigfaltigen Einschichtvorrichtungen machte eine Erweiterung des Speichermodells „Multiport“ (Trnsys Type 140) erforderlich.

3.2 Reglertest

Bezüglich des Reglertests wurden neue Wege beschritten, denn die bisher beschriebenen Prüfverfahren (s. ENV 12977-2) sind für die zum Teil sehr umfangreichen Kombianlagenregler nicht zweckmäßig.

Bild 2 zeigt den schematischen Aufbau des Prüfstandes. Zentrales Bauteil des entwickelten Reglerprüfverfahrens ist ein elektronischer „Controller“, mit dessen Hilfe alle Temperatursignale, die der zu untersuchende Regler benötigt, simuliert werden. Der Controller wird seinerseits von einem Computer angesteuert. Die Antwort des Reglers wird vom Controller eingelesen, an den Computer weitergeleitet und dort protokolliert.

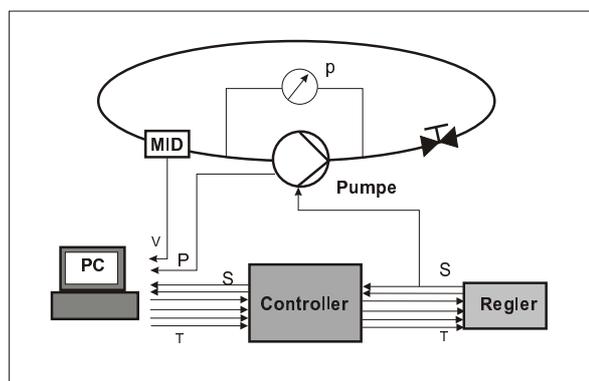


Abb. 2:

Darstellung des Reglerprüfstandes

Auf diese Weise können beliebige Eingangssequenzen für einen Regler programmiert werden, so dass auch komplexen Regelstrategien über lange Zeiträume untersucht werden können. In Verbindung mit dem ebenfalls in Bild 2 dargestellten Pumpenkreislauf wird die Überprüfung von Regelkonzepten mit variablem Volumenstrom möglich. Über ein Volumenstrommessgerät wird der vom Regler an der Pumpe eingestellte Volumenstrom gemessen und das Messsignal an den Messrechner weitergegeben.

3.3 Validierung des Prüfverfahrens

Die Validierung des Prüfverfahrens erfolgte mit Hilfe einer einjährigen Insitu-Messung. In einem Einfamilienhaus in Böblingen wurde eine Kombianlage (7 m² Vakuumröhrenkollektor, 550 l Kombispeicher) installiert und mit Messtechnik so ausgerüstet, dass alle Energieströme kontinuierlich aufgezeichnet werden können.

Den Vergleich der gemessenen Energieeinsparung f_{sav} und der unter Verwendung der gleichen Eingangsgrößen (Wetter, Last) durch Simulation berechneten Energieeinsparung zeigt Bild 3. Die gemessene Energieeinsparung betrug 23,1% gegenüber einer konventionellen Heizungsanlage. Die simulierten Werte liegen mit 24,2% nur geringfügig höher.

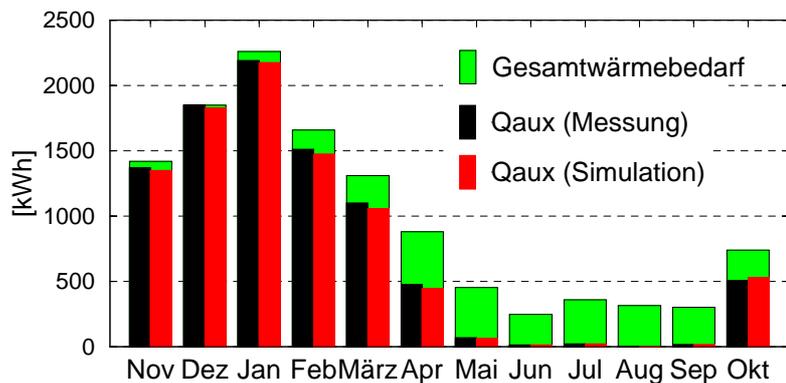


Abb. 3: Vergleich der gemessenen und der simulierten Zusatzenergie zum Gesamtwärmebedarf

Mit Abschluss des Kombianlagenprojekts steht nun ein vollständiges, validiertes Prüfverfahren zur Bestimmung der thermischen Leistungsfähigkeit von Kombianlagen zur Verfügung. Zusätzlich wurde durch die Identifizierung weiterer Größen (z.B. nutzbare Warmwassermenge) die Grundlage für eine Bewertung bzw. einen Vergleich von Kombianlagen geschaffen.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde von der „Deutschen Bundesstiftung Umwelt“ (DBU) gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung.

Literatur

- /1/ H. Drück, Th. Pauschinger, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen, Endlich sind sie da! Die europäischen Normen für thermische Solaranlagen. Zur Veröffentlichung beim elften Symposium Thermische Solarenergie, Otti-Technologie-Kolleg, Regensburg, 2001