

Das Pilot- und Demonstrationsprojekt Kombi-Kompakt+

Einleitung

Verschiedene Herstellerfirmen haben solare Kombisysteme entwickelt, die ein hohes Mass an Vorfertigung und Standardisierung aufweisen. Diese kompakten Kombisysteme bieten die Möglichkeit wesentlicher Kostenreduktion, vereinfachter Installation und zuverlässiger Funktion. Dadurch können Kombisysteme, die in der Schweiz relativ beliebt sind, noch attraktiver werden. Mit dem Auftreten kompakter Kombisysteme sind die Voraussetzungen und die Notwendigkeit gegeben, die Leistungsfähigkeit und die Funktionstüchtigkeit dieser Anlagen im Labor zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden am Institut für Solartechnik in Rapperswil eine Prüfeinrichtung geschaffen und eine Prüfmethode entwickelt. Die vom Bundesamt für Energie unterstützte Aktion Kombi-Kompakt+ gab Anbietern von kompakten Kombianlagen Gelegenheit ihre Produkte prüfen zu lassen. Das Ziel von Kombi-Kompakt+ ist, das Interesse an Anlagen zur kombinierten solaren Raumheizung und Wassererwärmung sowohl auf der Seite der Herstellerfirmen als auch auf der Seite der Endkunden zu verstärken. Durch die Untersuchung von Betriebsverhalten und Leistungsfähigkeit wird die Marktentwicklung durch eine begleitende Qualitätssicherung weiter verstärkt und abgesichert. Das "+" steht für garantierte Systemfunktion, mehr Ertrag und mehr Sicherheit für den Endkunden.

Anforderungen an die Systeme zur Teilnahme an Kombi-Kompakt+

Als Teilnahmebedingung wurden an kompakte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung folgende Anforderungen gestellt:

- Der Speicher und alle anderen Teile der Kellerinstallation können durch eine Tür mit dem Mass 0.79 m Breite und 1.95 m Höhe eingebracht werden. Die für Montage, Betrieb und Unterhalt der Installation notwendige Raumhöhe beträgt 2.25 m. Die rechteckige Aufstellfläche (Grundfläche) ist kleiner als 4 m², wobei zwei angrenzende Flächen des Rechteckes unverrückbare Wände sind. An den beiden anderen Seiten reicht ein zusätzlicher Streifen von einem Meter Breite für Installation und Unterhalt aus.
- Die Bruttofläche des Kollektorfeldes darf höchstens 15 m² betragen. Die Bruttofläche des Kollektorfeldes berechnet sich als Summe der Bruttoflächen der einzelnen Kollektormodule plus der Bruttofläche eventueller Photovoltaikmodule. Den Herstellern wurde empfohlen, diejenige Fläche prüfen zu lassen, für die sie das beste Kosten/Nutzen-Verhältnis erwarten.
- Das System besteht aus den Kellerinstallationen, den Kollektorkreisleitungen, dem Kollektorfeld, Montagematerial und Wärmeträgerflüssigkeit. Die Kellerinstallation besteht aus höchstens zwei Montageeinheiten plus einem Expansionsgefäss für Speicher und Raumwärmeverteilnetz. Die beiden Montageeinheiten beinhalten Speicher, Kessel und alle Armaturen, Ventile, Steuerungen der Kellerinstallation, inkl. ein eventueller Warmwassermischer sowie Steuerung und Expansion des Kollektorkreises, etc. Jede der maximal zwei Montageeinheiten müsste als eine vorgefertigte Einheit (nicht in Einzelteilen) geliefert werden können. Dies bedeutet, dass keine Elemente der Kellerinstallation getrennt von den beiden Montageeinheiten montiert werden. Die Verbindungen zwischen den beiden Montageeinheiten sind so vorbereitet, dass vor Ort keine Wärmedämmung angebracht oder angepasst werden muss. Dasselbe gilt für den Anschluss des Expansionsgefässes an eine Montageeinheit.
- Alle Starkstrom-Elektroinstallationen sind steckfertig vorbereitet. Ein Anschluss an das 230 V Netz reicht aus.
- Zum System gehören alle Aggregate zur Erzeugung und Speicherung von Heizwärme und Warmwasser, also auch Kessel und Brenner.
- Das Anbringen von Wärmedämmmaterial für Speicher, Wärmeerzeuger und Leitungen ist vor Ort nicht nötig, sondern ab Werk vorbereitet. Ausgenommen sind

- die direkten Übergänge auf die Hausinstallationen. Das Anbringen von Dämmmaterial am Speicher ist zulässig, sofern es sich um ab Werk vorbereitete, einfach montier- und demontierbare Elemente, wie z.B. PU-Weichschaumplatten mit Schutzhülle und Verschluss oder vorgefertigte Schalen aus hartem Dämmmaterial, handelt.
- Es werden keine Teile des Systems an der seitlichen oder rückseitigen Wand montiert. Ausgenommen ist die Montage von Anschlussleitungen an die Hausinstallation und ggf. ein zur Wandmontage geeigneter Heizkessel und, sofern dies die hydraulische Schaltung nahe legt, eine einzige Gruppe von weiteren, zwischen Kessel und Wärmeverteilung geschalteten, Elementen (Stellventile, Umschaltventile, etc.).
- Sommerliche Überschusswärme wird nicht an die Heizverteilung abgegeben.
- Die Anlage funktioniert vollständig automatisch. Eingeschlossen ist ein eventuelles Umstellen von Sommer- auf Winterbetrieb.
- Die Kollektorkreisleitung (Verbindungsleitung vom Kollektorfeld zum Speicher) besteht aus einem Strang. D. h. die Vor- und die Rücklaufleitung sind gemeinsam wärmedämmend. Eine einzelne Leitung zum Zusammenführen von Kollektorvorlauf- und Kollektorrücklaufleitung am Kollektorfeldanschluss ist zugelassen.
- Der Abgaskamin, und ggf. der Heizöltank, gehören nicht zum System, bzw. müssen nicht zum System gehören.
- In der Regel gehört ein thermostatischer Warmwassermischer zum System. (vgl. Ausführungen zum Warmwasserkomfort im Abschnitt Positiv-Kriterien der Projektausschreibung).
- Die Regelung der Heizungsvorlauftemperatur gehört zum System.
- Ein Warmwasserverteiler kann, muss aber nicht mit dem System geliefert werden.
- Die Warmwassertemperatur am Ort der Einspeisung in die Warmwasserverteilung ist zwischen 45°C und 60°C einstellbar.
- Das ganze System wird durch einen einzigen Lieferanten (ein Ansprechpartner für den Endabnehmer) geliefert. Die Zusammenarbeit mit einer Zweitfirma für Kessel- und Brennerservice ist zugelassen.
- Durch konstruktive Massnahmen (z.B. federbelastete Rückschlagventile) wird in allen an den Wärmespeicher angeschlossenen Leitungen ungewollte Zirkulation verhindert.
- Das Expansionsgefäss für den Heizungsspeicher und für ein Wärmeverteilnetz mit 150 Liter Inhalt gehört zum System.
- Das System bedarf lediglich diesen hydraulischen Anschlüssen (je nur ein Anschluss) an die bauseitige Haustechnik: Kaltwasser, Warmwasserverteilung, Heizungsvorlauf, Heizungsrücklauf, Abgaskamin, Gas, bzw. Heizöl, ggf. Wasserentsorgung zur Kondensatwegleitung. Thermische Ablasssicherung als Überhitzungsschutz ist jedoch nicht zulässig. Die Sicherheitsgruppe der Wasserversorgung und dessen Anschluss an die Entsorgung gelten als bauseitige Einrichtung.
- Das System muss den üblichen Erwartungen an Qualität und Lebensdauer entsprechen;
- Zum Zeitpunkt der Anmeldung müssen mindestens 2 Anlagen desselben Typs in Betrieb sein.
- Es muss die Absicht bestehen, das System in grosser Zahl in der Schweiz zu vertreiben.
- Die Kollektoren müssen die international genormte Qualitätsprüfung bestanden haben oder bestehen können.
- Die Montage des gesamten Systems ausser der Kollektoren (d.h. die Keller- oder Estrichinstallation sowie die Installation der Kollektorkreisleitung) kann (in einem günstigen Fall) durch zwei Personen in maximal 20 Personenstunden erfolgen. Die Einregulierung der Anlage ist in der Zeit von 20 Stunden nicht eingeschlossen.
- Das System darf keine Qualitätsprobleme aufweisen und muss während der ganzen Prüfung einwandfrei funktionieren.
- Der Warmwasserkomfort muss den typischen Anforderungen für Schweizerische Einfamilienhäuser entsprechen. D. h. es können mindestens 10 kWh über einer Temperatur von 40°C gezapft werden, wobei die Nacherwärmung nach ca. 6.5 kWh Warmwasserbezug während einer Stunde freigegeben ist. Das genaue Vorgehen zur Überprüfung dieses Sachverhalts ist im Anhang, Warmwasserleistungstest, beschrieben. Bei Systemen, deren Warmwassernacherwärmung immer oder sehr häufig während des Tages freigegeben ist, kann die Anforderung reduziert, bzw. der Warmwasserleistungstest angepasst werden.

- Die Anlage muss sich zur Prüfung am Institut für Solartechnik SPF, Rapperswil, eignen. Insbesondere muss die Zusatzheizung durch Erdgas oder Heizöl erfolgen.
- Das System muss in der Lage sein, die Raumlufttemperatur zwischen 7 Uhr und 23 Uhr über 19.5°C zu halten. Dies gilt für den Normalbetrieb und den Betrieb bei Auslegungstemperatur von -10°C.
- Durchführung der Prüfungen
- Die kompakten Kombi-Solarsysteme wurden im Zeitraum zwischen Januar 2002 und April 2004 geprüft. Die Prüfung der Sonnenkollektoren erfolgte in der Regel schon früher. Die Systeme wurden durch die Auftrag gebende Firma oder einen Vertreter installiert und in Betrieb genommen. Die geprüften Anlagen wurden durch die Prüfstelle weder ausgesucht noch erworben, sondern durch die Hersteller zur Verfügung gestellt.
- Die Länge der Kollektorkreisleitung mit gemeinsam gedämmtem Vor- und Rücklauf war mit 15 m vorgeschrieben. Die Dimensionierung der Systeme, also die Wahl der Speichergrösse und der Kollektorfeldgrösse erfolgte durch die Herstellerfirmen, wobei die Vorgaben des SPF bezüglich maximalem Speicherdurchmesser, maximaler Speicherhöhe und maximaler Bruttokollektorfläche zu beachten waren. Bei allen im Rahmen von Kombi-Kompakt+ geprüften Systemen wurde zur Regulierung der Raumheizung eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung ohne Raumtemperatureinfluss eingesetzt. Spezielle Möglichkeiten der Steuerungen wie selbst optimierende Algorithmen wurden deaktiviert.
- Bei zwei geprüften Systemen, deren Konzept die Verwendung von Wasser im Kollektorkreis verlangt, wurde Wasser eingesetzt. Beide Systeme sind nicht erfolgreich geprüft worden, weswegen die Prüfberichte nicht öffentlich sind. Aus praktischen Gründen und um eine hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten, wurden die Kollektorkreise aller anderen Anlagen mit demselben Frostschutzmittel gefüllt (Ethylenglykol, Antifrogen N, 33.3 vol.%). Auch die Kollektorleistungsprüfungen wurden mit diesem Frostschutzgemisch ausgeführt.
- Die Einstellungen der Systeme wurden durch die Firmenvertreter und die Installateure vorgenommen oder als Werkseinstellungen belassen. Die Einstellung und die Inbetriebnahme der Brenner erfolgte durch vom Auftraggeber beauftragte Spezialisten. Durch das SPF wurde sichergestellt, dass die Brennereinstellung den Vorgaben des Herstellers entspricht und dass die Anforderungen der aktuellen Schweizerischen Luftreinhalteverordnung eingehalten werden. Einzelne Einstellungen wurden systematisch durch das SPF oder entsprechend den Empfehlungen des SPF angepasst:
- Die Heizgrenze wurde bei 15°C Aussentemperatur eingestellt.
- Die Raumheizung wurde während 24 von 24 Stunden pro Tag freigegeben.
- Es wurde keine Nachtabsenkung der Raumsolltemperatur programmiert.
- Zur Prüfung wird in der Regel eine Warmwassertemperatur an der Zapfstelle von 52.5°C eingestellt. In Absprache mit dem Hersteller konnte auch eine wenig tiefere oder höhere Temperatur eingestellt werden. Die Zapftemperatur musste jedoch während der Prüfung in der Regel zwischen 50°C und 55°C liegen.

Geprüfte Systeme und übergeordnete Resultate

Insgesamt wurden 18 Systeme bzw. Varianten von Systemen geprüft. Sie unterschieden sich stark bezüglich Konzept, Serienreife, Funktionstüchtigkeit, Leistungsfähigkeit, verwendete Materialien, und Dimension (Kollektorfläche, Speichergrösse).

Damit wurden mit einer Ausnahme alle dem SPF bekannten, eindeutig kompakten solaren Kombisystemen, die in bedeutender Stückzahl auf dem Schweizerischen Markt verkauft werden, in mindestens einer angebotenen Variante geprüft. Die nicht geprüfte Ausnahme ist das System 'Arpège' der Firma Agena SA in Moudon, Schweiz.

Unter den erfolgreichen Systemen gibt es

- neue Entwicklungen
- Weiterentwicklungen von schon bewährten Konzepten
- Systeme, die z. T. schon seit mehreren Jahren angeboten werden.

Bei den kompakten Kombisystemen des Herstellers Hoval ("Sun&Fire") handelt es sich um junge Entwicklungen. Die Anlagen der Firma Soltop ("StratiVari-Sonne-Gas", bzw. "StratiVari-Sonne-ÖL") und diejenige der Firma Wagner sind Weiterentwicklungen von bewährten Konzepten hin zu stärkerer Kompaktheit und Standardisierung. Das System der Firma Rüesch Solartechnik AG ("Wärmecenter Familia"), das entweder mit einem Gas- oder

auch mit einem Ölbrenner eingesetzt werden kann, ist schon seit einigen Jahren am Markt. Die Anlagen der Firmen Solvis ("SolvisMax") und Thermo Dynamik Solar ("KHS") sind schon lange am Markt, und wurden über die Jahre kontinuierlich weiterentwickelt. Während der Kombiheizschrank solar (KHS) eine Adaption eines konventionellen Heizgeräts für den zusätzlichen Einsatz von Sonnenwärme ist, wurde das System SolvisMax von Anfang an gezielt für den Einsatz von Sonnenenergie ausgelegt. Es kann als ausgereift bezeichnet werden. Solvis bietet auch Varianten der Anlage mit Ölfeuerung an, es wurde jedoch nur eine Variante mit Gasfeuerung geprüft. In Abhängigkeit ihres Entwicklungsstandes und der verkauften Stückzahlen wurden durch die Prüfung bei den Systemen auch in unterschiedlichem Mass Probleme und Verbesserungspotentiale identifiziert.

Allgemeine qualitative Resultate

Viele Systeme konnten nicht problemlos geprüft werden. In vielen Fällen, mussten z. T. erhebliche Änderungen und Korrekturen vorgenommen werden, um die Anlagen in einen prüffähigen Zustand zu versetzen. Die häufigsten Probleme die zu Korrekturen Anlass gaben waren:

- Ungenügendes Zusammenspiel der Komponenten wegen nicht korrekter Steuerung oder falscher Einstellung derselben. Meist lagen die Probleme im Bereich der rein konventionellen Anlagenteile Kessel und Raumwärmeverteilung oder im Zusammenspiel dieser Komponenten mit dem Wärmespeicher. In keinem Fall gab es Funktionsprobleme im rein solaren Teil der Anlage.
- Unzulängliche Funktion von Steuerungs- und Regelelementen wie z. B. Mischventilen.
- Fehlerhafte Montage von Temperaturfühlern. Manche Anlagen ermöglichen die Montage von Temperaturfühlern zur Anlagesteuerung oder -regelung an verschiedener Stelle. Eine fehlerhafte Fühlermontage kann sich sehr stark auf das Verhalten der Gesamtanlage auswirken.

Oft waren die Heizungssteuerungen mit ihren aus der konventionellen Heiztechnik bekannten, komplizierten Bedienerführungen zusammen mit ungenügenden schriftlichen Anleitungen für die Probleme mitverantwortlich. Korrekturen wurden vorgenommen, sofern sie zu einer sinnvollen Prüfung der Anlage notwendig waren oder rechtzeitig erkannt wurden. Die häufige Zahl von Funktionsmängeln zeigte auf, dass entgegen der Absicht und entgegen der Teilnahmebedingungen häufig Prototypen oder Vorserienmodelle von Anlagen oder Anlagenteilen in die Prüfung geschickt wurden. Dies trifft zum Teil auch auf die erfolgreich geprüften Anlagen zu. Besonders deswegen sind auch bei den erfolgreich geprüften Anlagen manche Funktionsmängel erkannt worden. Es sei ausdrücklich erwähnt, dass keine der erfolgreich geprüften Anlagen unakzeptable Funktionsmängel zeigte! Ein einwandfreies Funktionieren auch im Detail ist aber anzustreben, denn es ist Bedingung für eine hohe Kundenzufriedenheit und eine erfolgreiche Verbreitung der Sonnenenergienutzung. Die Systeme, die unakzeptable und nicht einfach zu korrigierende Funktionsmängel aufwiesen, gelten nicht als erfolgreich geprüft und es wurde kein Prüfbericht publiziert. Bei zwei erfolgreichen Prüfungen waren Probleme zu beheben, die schon in den Prüfberichten erwähnt sind. Bei der Prüfung des Systems S63 musste die Regelung des Gasheizkessels manuell rückgesetzt werden, nachdem auf Grund eines automatischen Selbsttests fälschlicherweise die Störungsmeldung: "Error Trockenbrand" auftrat." Beim System S51 mussten Probleme mit dem Flammdetektor und der Ölpumpe vor dem Test behoben werden. In beiden Fällen betraf das Problem den Heizkessel. Es handelte sich um Standardprodukte, d. h. Heizkessel, die für den Einsatz im Zusammenhang mit der kompakten Solaranlage nicht modifiziert wurden. Auch die Einbindung in das Solarsystem steht nicht im Zusammenhang mit den festgestellten Problemen. Die Probleme wären also auch bei einer Anwendung der Kessel ohne Sonnenenergienutzung aufgetreten. Die Herstellerfirma des Systems S63 macht geltend, dass das in der Prüfung eingesetzte Gas-Brennwertgerät zwischenzeitlich durch ein Nachfolgemodell abgelöst wurde. Das neue Modell soll über ein modifiziertes Konzept der Regelung und Selbstkontrolle verfügen, das den beobachteten Fehler ausschliesst. Bei den standardisierten, kompakten Anlagen ist es zwingend, dass ernsthafte Probleme durch den Hersteller schnell behoben werden, da sich die Fehler sonst bei einer vielfachen Ausführung (vielen installierten Anlagen) multiplizieren.

Leistungsfähigkeit aller geprüften Anlagen

Die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit sind bedeutend und vor allem darauf zurückzuführen dass:

- Die Kesselnutzungsgrade sind unterschiedlich. Es wurden unter den Anlagen mit Heizöl als Zusatzenergieträger zum Teil kondensierende und zum Teil nicht kondensierende Kessel eingesetzt. Ausserdem hat bei Kesseln mit grosser Masse oder grossem Wasserinhalt die Art und Möglichkeit der Restwärmenutzung einen erheblichen Einfluss auf den Nutzungsgrad.
- In einigen Fällen war das Systemkonzept zum Erreichen eines befriedigenden Systemertrags ungeeignet.
- Die Wärmedämmung war ungenügend oder unvollständig. Die Teilnahmebedingungen verlangten ausschliesslich ab Werk montierte oder vorbereitete Wärmedämmung. Dies hatte zur Folge, dass oft auch bedeutende Anlagenteile nicht gedämmt waren.

In der Regel konnten die Mängel den betroffenen Firmen mitgeteilt werden, was schon während der Prüfungen zu einer massgeblichen Verbesserung der betroffenen Systeme führte. Wegen der grossen Anzahl der geprüften Anlagen haben sich die Prüfungen über einen beträchtlichen Zeitraum erstreckt. Zwischen dem Zeitpunkt der Prüfung und der gemeinsamen Publikation aller Prüfberichte kann viel Zeit verstrichen sein. Es ist darum anzunehmen, dass Mängel, die nicht kurzfristig zu beheben waren oder erst zu spät erkannt wurden, von den Herstellern unterdessen für die Serienproduktion korrigiert wurden.

Erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Prüfung

Die unbefriedigenden Ergebnisse mancher Prüfungen haben dazu geführt, dass nur die Resultate von rund der Hälfte der geprüften Anlagen publiziert wurden. Dies belegt:

- Die Konzeption, Herstellung, Installation und Inbetriebsetzung von Kombisystemen ist weit schwieriger und führt häufiger zu Mängeln, als dies z. B. bei solaren Warmwassersystemen der Fall ist.
- Qualitätssicherung durch eine gründliche Prüfung ist besonders bei Kombisystemen notwendig, um den Markt vor unbefriedigenden Produkten zu schützen.
- Die Tendenz zu standardisierten, vorgefertigten Produkten ist unterstützungswürdig. Es muss angenommen werden, dass Anlagen mit geringem Vorkonfektionierungsgrad häufiger Funktionsmängel aufweisen, als kompakte Kombianlagen.

Die Leistungsfähigkeit an sich war kein Kriterium, das über ein erfolgreiches Abschneiden und eine Publikation der Resultate entschied. Bei den nicht erfolgreich geprüften und nicht publizierten Systemen haben in einigen Fällen qualitative Resultate gegen die Publikation der Resultate gesprochen und so eine Publikation verhindert. In anderen Fällen haben sich die Hersteller selbst wegen einer bescheidenen Leistungsfähigkeit ihrer Systeme in der Prüfung gegen die Publikation der Prüfergebnisse entschieden. Diese Entscheidungen haben dazu geführt, dass im Rahmen von Kombi-Kompakt+ ausschliesslich Prüfberichte von leistungsfähigen Systemen publiziert werden.

Qualitative Ergebnisse der erfolgreich geprüften Systeme

Was die erfolgreich geprüften und mittels Prüfberichten publizierten Resultate betrifft, sind die qualitativen Erkenntnisse der Prüfungen prinzipiell positiv. Negative Aspekte lassen sich leicht beheben, wenn sie nicht unterdessen schon behoben wurden. Alle wichtigen qualitativen Anforderungen wurden von den erfolgreich geprüften Systemen mit Leichtigkeit erfüllt:

- Die erfolgreich geprüften Anlagen konnten den mässigen Raumheizungsbedarf einfach decken. Die im Test bezüglich Niveau und Gleichmässigkeit geforderte Raumtemperatur wurde immer eingehalten. Alle Anlagen wurden mit rein witterungsgeführter Vorlauftemperaturregelung betrieben. Eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung passt die Temperatur des in das Raumwärmeverteilsystem eintretenden Wasserstroms in Abhängigkeit von der Aussenlufttemperatur an. Wegen des Charakters der Prüfung wurde ggf. die Mittelung der Aussentemperatur deaktiviert. Die Qualität der Steuerung der Vorlauftemperatur ist abhängig vom Systemkonzept, den Möglichkeiten der Regelung des Systems und insbesondere der Regelung des Brenners (Modulation) mehr oder weniger kontinuierlich. Die erfolgreich geprüften kompakten solaren Kombisysteme unterscheiden sich in dieser Hinsicht kaum von konventionellen

Heizsystemen. Bei Raumwärmeversorgung mittels gespeicherter Sonnenenergie ist die Raumwärmeversorgung bei allen Systemen sehr stetig. In den Fällen, in denen Kessel und Speicher eine Einheit bilden, kann die Stetigkeit der Raumwärmeversorgung konventionelle Heizsysteme während der ganzen Heizperiode übertreffen.

- Der Warmwasserkomfort (Warmwassermenge, Warmwasservolumen) war bei allen erfolgreich geprüften und publizierten Systemen hoch bzw. sehr hoch. Dies hat es den Herstellern erlaubt, die Solltemperatur des Warmwassers bei Erwärmung durch das Zusatzheizgerät tief zu legen und die Freigabezeiten zur Wassererwärmung restriktiv zu setzen um die Energieeinsparung zu optimieren. Von dieser Möglichkeit haben, ausser einem (Solvis), alle Hersteller von erfolgreich geprüften Systemen Gebrauch gemacht. Selbst bei Systemen mit optimierten Einstellungen war der Warmwasserkomfort, bzw. die zur Verfügung stehende Menge Warmwasser noch hoch. Dies wurde durch einen separaten Test überprüft (vgl. Anhang). Bei der Anlage S42 ('SolvisMax') wurde der Sollwert der Warmwassertemperatur beim Benutzer angehoben um den Anforderungen an diesen Punkt zu entsprechen. Da diese Anlage Warmwasser ausschliesslich im Durchlaufverfahren mittels eines externen Wärmetauschers erzeugt, ist eine tiefe Einstellung der Warmwassersolltemperatur (wie im Anlieferungszustand) uneingeschränkt empfehlenswert. Die bei Anlieferung grosszügige Einstellung der Freigabezeit der Wassererwärmung wurde belassen. Mit diesen Einstellungen weist das System ('SolvisMax') eine sehr hohe Warmwasserleistung auf. Ein hoher Warmwasserkomfort (Bereitschaft und Temperatur) wirkt sich immer negativ auf die Leistungsfähigkeit einer Solaranlage aus. Für alle erfolgreich geprüften Systeme gilt: Durch Erweitern der Freigabezeiten zur Wassererwärmung oder Erhöhen der Solltemperatur des Warmwassers kann (zu Lasten der Energieeinsparung) der Warmwasserkomfort weiter erhöht werden.
- Viele der erfolgreich geprüften Anlagen sind mit Zusatzheizungen mit hoher Wärmeleistung ausgestattet und können darum auch in Zeiten mit geringer Solarstrahlung eine hohe Wärmelast decken. Kompakte solare Kombisysteme sind darum in vielen Fällen auch für Zweifamilienhäuser geeignet. Dort werden sie oft in der Lage sein, die Komfortansprüche sowohl bezüglich Warmwasser als auch bezüglich Raumheizung zu erfüllen. Da eine hohe Last immer zu einer höheren Energieeinsparung und damit zu kostengünstigeren Gesamtanlagen führt, sollte diese Anwendung wo immer möglich erwogen werden.
- Die Dokumentation der Systeme, d. h. die Anleitungen für den Installateur und den Benutzer waren nicht Gegenstand der Prüfung und wurden nicht beurteilt. Mehrheitlich lassen die Dokumente zu den Anlagen zu wünschen übrig, weil sie nicht vollständig, nicht präzise und nicht zusammenhängend sind. In einzelnen Fällen waren Anleitungen so schlecht, dass selbst der Hersteller nicht in der Lage war, die Anlagen wunschgemäss einzustellen. Dies hat sogar bei zwei erfolgreich geprüften Systemen zu Problemen geführt, die in den Prüfberichten vermerkt wurden. Die Dokumentationen der Deutschen Hersteller heben sich positiv von den Anleitungen der Schweizer Konkurrenten ab. Vorbildlich ist die Dokumentation zu System S42 ('SolvisMax').
- Die Installationsfreundlichkeit der Kellerinstallationen war Gegenstand der Anforderungen und der Prüfung. Bei allen Systemen ist der relativ geringe Aufwand zur Montage der Kellerinstallationen positiv aufgefallen. Die Installationsfreundlichkeit des Kollektorfeldes war nicht Gegenstand der Prüfung.

Da die Prüfung keine Untersuchung der Dauerhaftigkeit oder gar Lebensdauer der Systeme mit einschliesst, handelt es sich nicht um eine eigentliche Qualitätsprüfung in der Art wie sie für Sonnenkollektoren angeboten und regelmässig durchgeführt wird. Alle erfolgreich im Rahmen von Kombi-Kompak+ geprüften Systeme mit durch das SPF publizierten Prüfberichten sind nach Auffassung des SPF nach den Regeln der Technik konstruiert. Es dürfen hohe Erwartungen an die Dauerhaftigkeit der erfolgreich geprüften Systeme gestellt werden. Anders als die SPF zertifizierten Warmwassersysteme sind die im Rahmen von Kombi-Kompak+ erfolgreich geprüften Systeme nicht SPF-zertifiziert.

Leistungsfähigkeit der erfolgreich geprüften Systeme

Im Durchschnitt ist die Energieeinsparung der erfolgreich geprüften Systeme sehr hoch. Die in den Prüfberichten ausgewiesenen Leistungsdaten treffen nur für die angewendeten Randbedingungen zu. Die Energieeinsparung ist stark von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig, die sich zwischen verschiedenen realen Anwendungen der Systeme extrem unterscheiden können:

- Raumwärme- und Warmwasserbedarf (inkl. ggf. Zirkulation)
- Kollektorfläche, Neigung und Orientierung des Kollektorfeldes
- Spezifische Raumheizungslast und Raumwärmeverteilsystem
- Passive Sonnenenergienutzung (Fensterflächen)
- Warmwasserkomfort (Warmwasserbereitschaft, Warmwasserleistung, Warmwassertemperatur)

Entsprechend ist die ausgewiesene Energieeinsparung nur vergleichbar, wenn im Test die oben aufgeführten Bedingungen für die geprüften Systeme hundertprozentig identisch sind. Dies ist aber nicht perfekt der Fall:

- Der Warmwasserkomfort kann zwischen den Systemen nicht perfekt abgeglichen werden und wurde auch nicht abgeglichen. Den Herstellern war es freigestellt, die Grundeinstellungen des Systems zu belassen, oder anzupassen um eine maximale Energieeinsparung zu erzielen. Die Warmwassersolltemperatur und die Freigabezeiten der Wassererwärmung wirken sich erheblich auf die Energieeinsparung aus.
- Manche Systeme stellen besondere Anforderungen an die Raumwärmeverteilung. So verlangt der Kessel eines der geprüften Systeme bei Brennerbetrieb eine erhebliche minimale Durchflussmenge.
- Die Kollektorfläche konnte von den Herstellern frei bestimmt werden, wobei die Gesamtbruttofläche der Kollektormodule und, gegebenenfalls, eines Photovoltaikmoduls 15 m² nicht überschreiten durfte. Den Herstellern war empfohlen worden, die für die Anwendung passende Zahl von Kollektoren für die Prüfung zu spezifizieren. Viele Hersteller haben sich für die maximal zulässige Fläche entschieden. Als Folge davon wurden viele Anlagen mit einer grossen zum Teil mit der für die Prüfung maximal zulässigen Kollektorfläche von 15 m² geprüft¹.

Die in den Prüfberichten ausgewiesenen Leistungsdaten sind darum nur beschränkt vergleichbar und es wird von einem direkten reinen Vergleich der Zahlenwerte abgeraten. Die Prüfberichte der einzelnen Anlagen weisen darauf hin, wenn es für das geprüfte System Abweichungen vom üblichen Vorgehen oder Abweichungen von den üblichen Voraussetzungen gab. Der direkte Vergleich von Systemen mit verschiedenen Brennstoffen als Zusatzenergieträger ist besonders problematisch, da für Erdgas bzw. Heizöl verschiedene Referenzsysteme definiert wurden.

Der Energieverbrauch des Solarsystems wird mit dem Verbrauch eines typischen Referenzsystems ohne Sonnenkollektoren verglichen. Die Differenz ist die Energieeinsparung. Sie ist ein Mass für die Leistungsfähigkeit. Eine Beschreibung der Referenzsysteme mit Erdgasheizung bzw. Heizölkessel befindet sich im Dokument *Referenzbedingungen: Klima, Wärmelast, Kollektorfeldausrüstung und Referenzsystem zur Leistungsbestimmung von Heizsystemen für Raumheizung und Wassererwärmung*. Solaranlagen mit Zusatzheizung Erdgas werden also mit einem anderen Referenzsystem verglichen als Solarsysteme mit Zusatzenergieträger Heizöl. Die Definition der Referenzsysteme ohne Sonnenkollektoren richtet sich nach dem aktuellen Stand der Technik. Ältere Kessel und ältere Speicher-Wassererwärmer weisen in der Regel einen höheren Energieverbrauch auf. Im Ersatzfall wäre eine entsprechend höhere Energieeinsparung zu erwarten. Eine Beschreibung der Klimadaten und der Last, die zur Leistungsermittlung angewendet wurden, befindet sich im Dokument *Referenzbedingungen: Klima, Wärmelast, Kollektorfeldausrüstung und Referenzsystem zur Leistungsbestimmung von Heizsystemen für Raumheizung und Wassererwärmung*. Die Leistungsdaten gelten nur für diese Bedingungen.

¹ Eine nicht ganze Zahl von Kollektormodulen war bei der Wahl von maximaler Fläche möglich, da die Kollektoren vorgängig geprüft wurden. Die Wirkungsgradkennwerte aus dieser Prüfung wurden für die Simulation der Kollektoren durch den Teststand verwendet. Die Bruttofläche der Kollektormodule war auf 15 m², inklusive ggf. einem Photovoltaikmodul beschränkt.

Hinweise zur Interpretation der Resultate

Bei den in den Prüfberichten festgehaltenen Systembeschreibungen und Erkenntnissen handelt es sich um eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Durchführung der Messungen. Die Prüfberichte werden aufgrund von Änderungen an den Systemen, die nach den Messungen erfolgten, oder noch erfolgen werden, nicht angepasst.

Die ausgewiesenen Leistungswerte sind ebenfalls eine Bestandsaufnahme im Moment der Prüfung.

Es kann und soll davon ausgegangen werden, dass die Systeme in Zukunft weiter angepasst und verbessert werden. Das prüfende Institut übernimmt deshalb keine Gewähr für die Richtigkeit der Leistungswerte in der praktischen Anwendung.

Rapperswil, 22. September 2004

Rev. 22. August 2005

SPF, Institut für Solartechnik Prüfung Forschung
Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil, Schweiz
systems@solarenergy.ch

Anhang zu: Das Pilot- und Demonstrationsprojekt Kombi-Kompakt+

Warmwasserleistungstest

Testablauf

Vorgang	Anfangszeitpunkt	Endzeitpunkt	Name des Vorgangs	Beschreibung des Testablaufs und Kriterium zur Beendigung des Vorgangs
1	-	-	Anfangskonditionieren	Der gesamte Speicherinhalt soll am Ende des Anfangskonditionierens im Durchschnitt $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ aufweisen. Alle Temperaturen im Speicher und ggf. in einem eingebauten Wassererwärmer sollen zwischen 25°C und 35°C liegen.
2	Anschliessend an das Anfangskonditionieren	-	Konditionieren der Warmwasserzone	Die Zusatzwärmequelle wird zur Wassererwärmung während 4 h (+1, -1 h) freigegeben. Die Dauer wird aber verlängert, wenn sie nicht ausreicht um das nacherwärmte Volumen auf Solltemperatur zu erwärmen.
3	Anschliessend an Vorgang 2.	-	Stillstand (optional)	Die Zusatzheizung wird bis auf Weiteres gesperrt. Dauer des optionalen Stillstands: maximal 1 h.
4	t_0 , anschliessend an Stillstand	-	Entnahme 1	Entnahme von 5 kWh mit 900 l/h. Dauer: ca. 8 min.
5	$t_0 + 30$ min	-	Entnahme 2	Entnahme von 1 kWh mit 600 l/h. Dauer: ca. 2.5 min.
6	$t_0 + 45$ min	-	Entnahme 3	Entnahme von 1 kWh mit 300 l/h. Dauer: ca. 5 min. Während diese Entnahme wird die Zusatzheizung zur Wassererwärmung freigegeben. Vgl. nächster Vorgang.
7	$t_0 + 47$ min	$t_0 + 107$ min	Nachheizung	Die Zusatzheizung wird während 1 h (± 2 min) freigegeben und schaltet in der Regel ein. Falls die Nacherwärmung nicht selbständig einschaltet, soll nach Möglichkeit die Steuerung manipuliert werden um ein Einschalten zu bewirken. Ausnahme: Verfügt das System während der System-Leistungsprüfung nur über eine nächtliche Freigabe der Zusatzheizung zur Wassererwärmung, wird auf diese Nachheizung verzichtet.
8	$t_0 + 95$ min	-	Schlussentnahme	Entnahme mit 600 l/h. Beendigung der Entnahme und Beendigung des Tests, wenn die Warmwassertemperatur 30°C unterschreitet.

Testablauf Details

Freigabe und Einstellung der Zusatzheizung: Wenn die Zusatzheizung freigegeben ist, sind die Einstellungen der Zusatzheizung (Solltemperaturen, Pumpendrehzahlen, Ventilpositionen, etc.) so zu wählen, wie sie während der Leistungsprüfung eingestellt sind oder sein werden. Variiert die Systemsteuerung die Einstellungen selbsttätig während der Prüfung, sind die Einstellung möglichst so zu wählen, dass sich die Zusatzheizung möglichst äquivalent verhält wie während Tagen ohne Raumwärmebedarf und ohne Sonneneinstrahlung.

Kaltwassertemperatur: Die Kaltwassertemperatur beträgt während des gesamten Warmwasserleistungstest 12°C . Der Mittelwert der Kaltwassertemperatur jeder Entnahme soll zwischen 10°C und 14°C liegen. Alle Minutenmittelwerte sollen zwischen 7°C und 17°C liegen.

Durchflussrate: Die Durchflussrate wird an der Stelle der Einspeisung in das Wärmeverteilnetz, also ggf. nach einem thermischen Mischventil und nach ggf. einem Warmwasserwärmetauscher gemessen. Für die Genauigkeit der Durchflussrate soll gelten: Der Mittelwert jeder einzelnen Entnahme soll nicht mehr als 100 l/h vom angegebenen Wert abweichen. Der gleitende Minutenmittelwert soll nicht mehr als 150 l/h vom angegebenen Wert abweichen.

Warmwassertemperatur: Die Warmwassertemperatur wird an der Stelle der Verbraucher gemessen. D. h. dass die Messung ggf. nach dem Warmwassermischer erfolgt. Die Warmwassertemperatur und die entnommene Energie werden dokumentiert.

Beurteilung der Warmwasserleistungsfähigkeit

Prinzipiell kann der Verlauf der Warmwassertemperatur allein und für verschiedene Anforderungen zur Beurteilung der Warmwasserleistung herangezogen werden. Im Rahmen von Kombi-Kompakt+ gilt als Mindestanforderung: Die Warmwassertemperatur soll frühestens nach 10 kWh unter 40°C fallen. Bei Systemen, deren Warmwassernachwärmung immer oder sehr häufig während des Tages freigegeben ist, kann die Anforderung reduziert, bzw. der Warmwasserleistungstest angepasst werden. Insbesondere wenn die Warmwassererwärmung immer freigegeben ist und dies wegen eines kleinen Warmwasservolumens auch nahe liegend ist, soll die Warmwassererwärmung nach dem Konditionieren der Warmwasserzone freigegeben bleiben. Sie soll erst am Ende der normalen Nachheizphase (Vorgang 7) gesperrt werden.