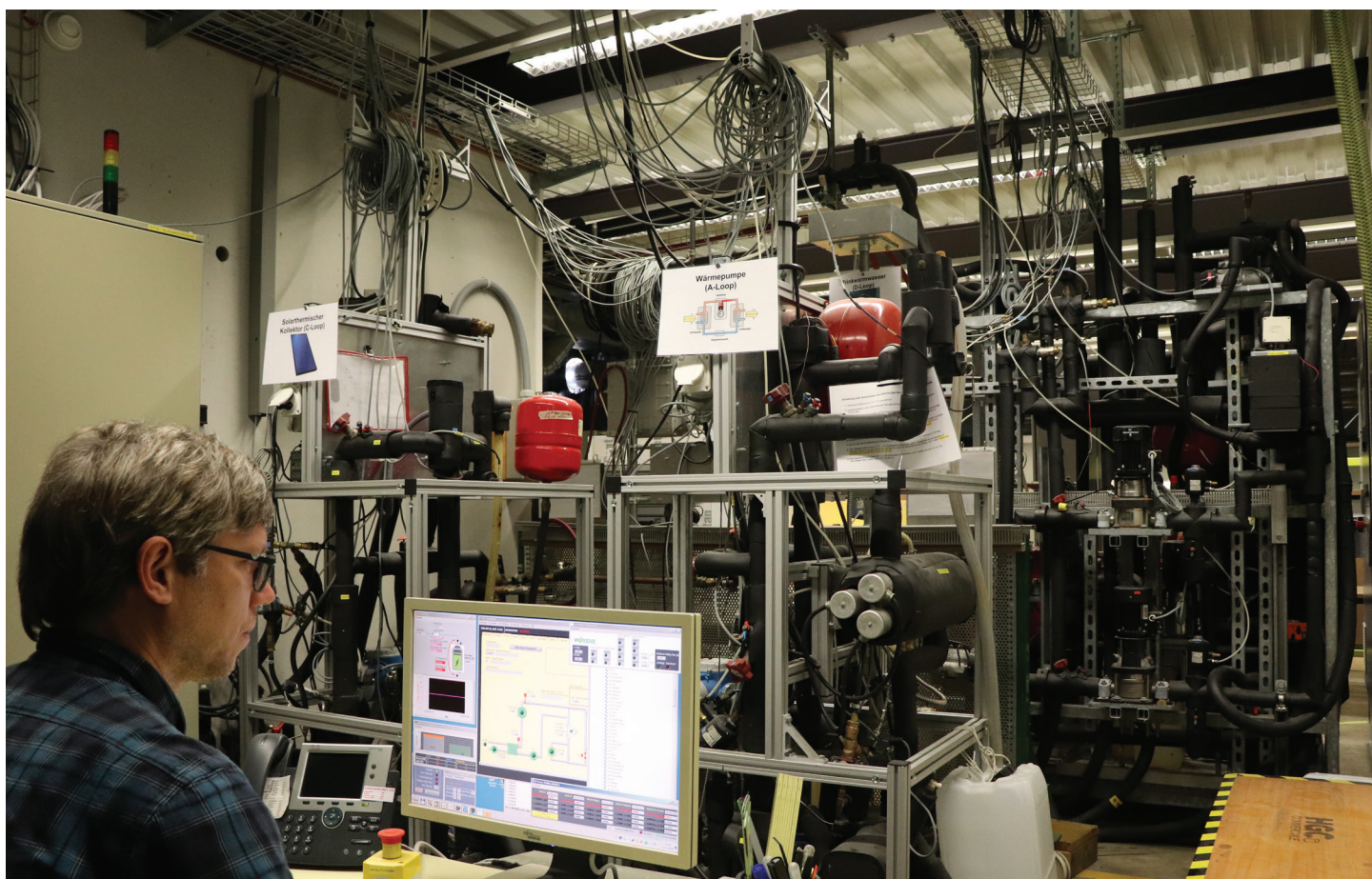


KOMPAKTE UND ROBUSTE SOLARWÄRME-ANLAGEN

Solarthermische Systeme sind ein verlässlicher Weg zur Bereitstellung von Warmwasser und Heizwärme. Für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen spielen die einfache Installation und der störungsfreie Betrieb über einen langen Zeitraum eine zentrale Rolle. Forscher des Instituts für Solartechnik an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) haben nun ein seit vielen Jahren erprobtes Testverfahren für Heizsysteme erweitert, um damit zusätzlich die Kompaktheit und Fehlerresistenz neuer Anlagen bewerten zu können. Sie leisten damit einen Beitrag, um die Akzeptanz der Solarthermie durch potentielle Anwender weiter zu verbessern.



Der Prüfstand des Instituts für Solartechnik an der HSR macht es möglich, solarthermische Energiesysteme eines Anlagenherstellers unter realen Bedingungen zu testen. Im Bild: Robert Haberl, Wissenschaftler am Institut für Solartechnik in Rapperswil. Foto: B. Vogel

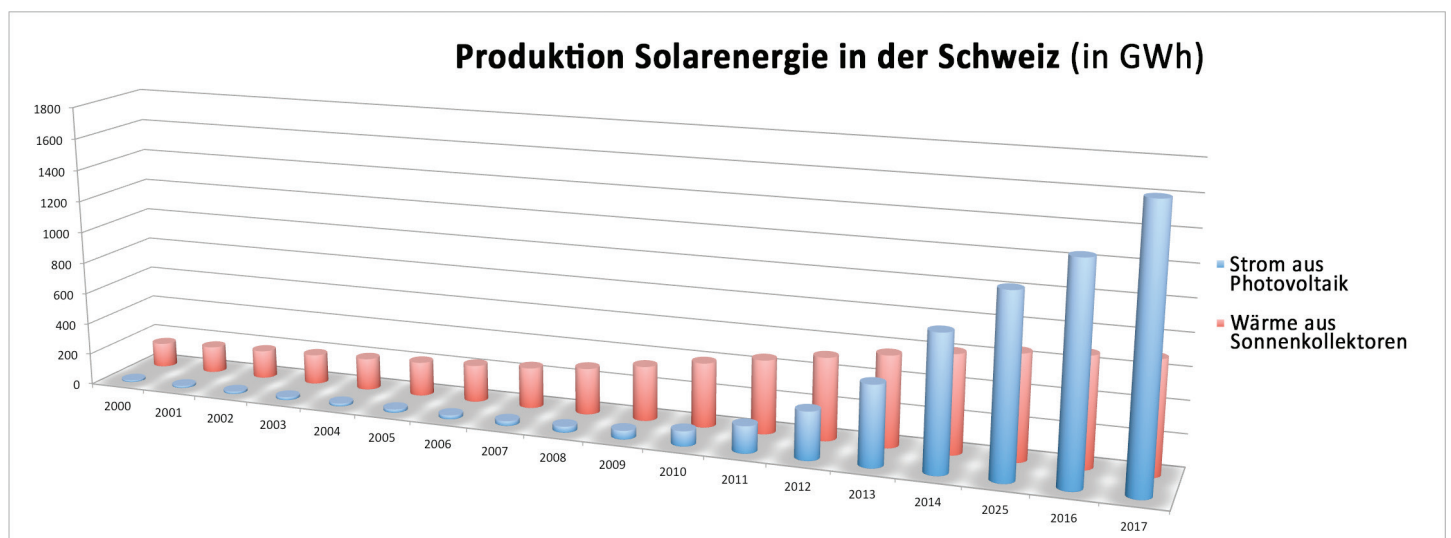
Photovoltaik ist heute in aller Munde. Der Einbau von PV-Modulen auf dem eigenen Dach gehört zum guten Ton. Das macht sich in wachsenden Produktionsmengen bemerkbar: Die Stromherstellung aus Sonnenenergie in der Schweiz hat sich im Zeitraum 2011 bis 2017 auf 1680 GWh verzehnfacht. Das entspricht dem Stromkonsum von 560'000 Vierpersonenhaushalten. Auch die Wärmeproduktion aus Kollektoren, die Sonnenenergie in Warmwasser und Heizenergie umwandeln, hat in den letzten Jahren weiter zugenommen, auf knapp 700 GWh im Jahr 2017. Mit dieser Energie können rund 140'000 Neubau-Vierpersonenhaushalte mit Warmwasser und Heizwärme versorgt werden. Der Zubau von Sonnenkollektoren bleibt in der Schweiz allerdings hinter dem fulminanten Wachstum der Photovoltaik zurück (vgl. Grafik unten).

Einen Grund für diese verhaltene Entwicklung der Solarthermie sehen Experten in der Installation und dem Betrieb der Kollektorsysteme. «Heute werden die Anlagen zur Nutzung der Solarwärme oft noch aus Einzelkomponenten zusammengebaut. Das ist relativ teuer und erhöht die Fehleranfälligkeit der Systeme», sagt Robert Haberl vom Institut für Solartechnik (SPF) der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR). Dieses Manko könnte nach Meinung des Solarexperten durch kompakte Anlagen, die vom Hersteller als abgestimmtes Gesamtsystem konzipiert sind, behoben werden. Kompakte und robuste Gesamtsysteme aus vorgefertigten Komponenten zu fördern – das ist denn auch das übergeordnete Ziel eines Projekts, das ein Forscherteam um Haberl zusammen

mit Industriepartnern durchgeführt hat. Beteiligt waren die Unternehmen Hoval, Marti Energietechnik, Ratiotherm Heizung+Solartechnik, Soltop Schuppisser, Link3, Meier Tobler und Jenni Energietechnik. Das Bundesamt für Energie hat das Projekt im Rahmen seines Forschungsprogramms «Solarwärme und Wärmespeicherung» unterstützt.

Solarthermische Systeme im Concise Cycle Test

Anlagenhersteller sind seit jeher bemüht, die solarthermische Systemeinheit kompakt und störungsresistent zu bauen. Für einzelne Komponenten wird dieses Ziel gemeinhin erreicht. Schwieriger wird es, wenn es um das gesamte Wärmeversorgungssystem geht. An diesem Punkt kommt die Expertise der SPF-Wissenschaftler zum Tragen. Bereits im Jahr 2002 hatten die Forscher ein Prüfverfahren für solarthermische Systeme unter der Bezeichnung «Concise Cycle Test» (CCT) eingeführt. Der CCT in seiner ursprünglichen Form machte es möglich, in einer Kombination aus einem zwölf-tägigen Prüfzyklus und Simulationen zu bestimmen, wie sich ein solarthermisches System über ein ganzes Jahr hinweg verhält. Dies gelang, indem Wetterbedingungen, Lastprofile und weitere Parameter so definiert werden, dass der Testzyklus das Jahresverhalten des Systems adäquat wiedergibt. «Wenn ein Hersteller seine Anlage bei uns in Rapperswil dem CCT unterzieht, bekommt er neben Auskünften zur Performance seiner Anlage im Idealfall auch gleich die Lösungen für allfällig entdeckte Probleme», sagt Haberl. Ein Anlagentest nimmt einschliesslich Vorbereitung, Aufbau und Auswertung ca. einen Monat in Anspruch. Das CCT-Verfahren wird an der HSR in Rapperswil seit nun-



Die Stromproduktion mit Photovoltaikmodulen ist in den letzten Jahren stark gewachsen, während die Wärmeproduktion mit Sonnenkollektoren seit einigen Jahren nur noch langsam zunimmt. Grafik: B. Vogel/Quelle: BfS

mehr 16 Jahren eingesetzt (vgl. Textbox rechts). Auch ausländische Testinstitute wie das schwedische Solar Energy Research Center SERC (Högskolan Dalarna) und das National Solar Energy Institute CEA INES in Le Bourget du Lac (Frankreich) testen Komplettsysteme nach einem ähnlichen Prinzip. In Rapperswil durchliefen in den letzten Jahren rund 20 Komplettsysteme, die Solarenergie mit Wärmepumpen kombinieren, den Prüfzyklus. Evaluiert wurden auch mehrere Systeme, die Solarkollektoren mit Pelletheizungen verbinden. Auf den Prüfstand kamen in der Vergangenheit ferner Systeme aus Sonnenkollektoren und Gas-/Ölheizungen. Das Institut für Solartechnik nimmt dabei die Rolle einer Entwicklungsdienstleisterin ein. Es stellt seine Testleistungen im Rahmen von aktuellen Forschungsprojekten oder gegen finanzielle Abgeltung zur Verfügung.

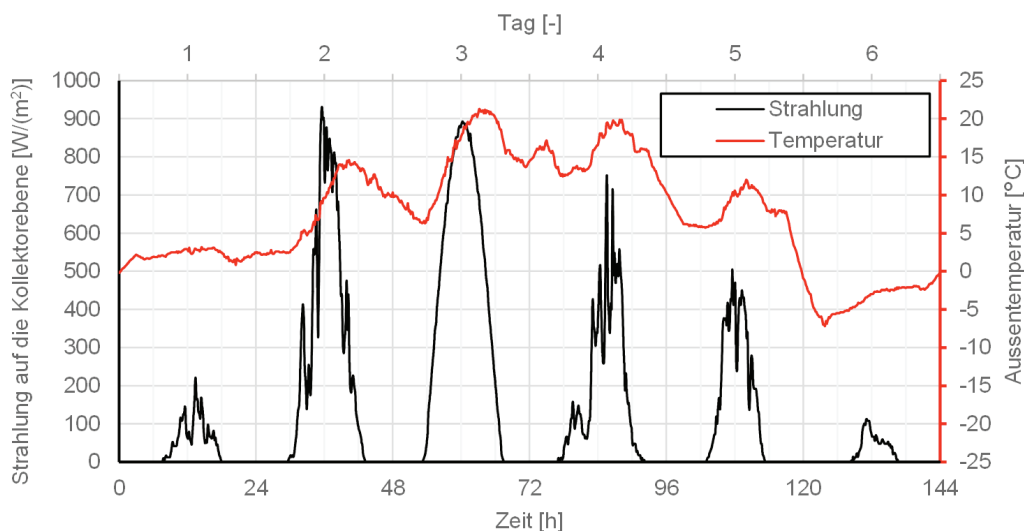
Kompakter und robuster

Das bewährte CCT-Verfahren wurde im Zuge des jüngsten HSR-Projekts nun erweitert, und zwar so, dass neu auch Kompaktheit und Fehlerresistenz eines solarthermischen Energiesystems bewertet werden können (vgl. Textbox S.4). Davon profitieren in erster Linie Hersteller von Komplettsystemen, die solarthermische Komponenten enthalten. Sie erhalten im Zuge eines CCT ihrer Anlage neu neben Aussagen zur energetischen Effizienz auch eine fundierte Rückmeldung zu Kompaktheit und Fehlerresistenz. «Das wird die Hersteller nicht nur motivieren, vermehrt kompakte und robuste Anlagen zu bauen, es ermöglicht ihnen auch, allfällige Schwachstellen zu erkennen und diese nachzubessern, bevor die Anlagen auf den Markt kommen», sagt Haberl.

CONCISE CYCLE TEST HILFT BEI DER FEHLERSUCHE

Der Concise Cycle Test (CCT) ist an der Hochschule für Technik Rapperswil seit Jahren im Einsatz. Anlagen zur Nutzung von Solarenergie werden dabei in Kombination mit den verschiedensten Wärmeerzeugern getestet. Bei diesen Tests deckten die Forscher – um ein Beispiel zu geben – eine falsche Positionierung eines Temperaturfühlers auf, die dazu führte, dass eine Wärmepumpe viel zu häufig die Warmwasserzone im Kombispeicher aufheizte, dies mit gravierenden Folgen für die Effizienz des Gesamtsystems. In einem anderen Fall führten Steuerungsfehler eines Pelletkessels dazu, dass das Potential der Kollektoren als Wärmelieferant wegen übermässiger Wärmeproduktion der Holzheizung nicht voll ausgeschöpft wurde, und dass der Pelletkessel seinen Spielraum in der Leistungsmodulation nicht ausnutzte und dadurch häufiger als nötig ein- und ausschaltete.

Bei der Planung von solaren Energiesystemen werden heute in der Regel Software-Werkzeuge wie Polysun oder TRNSYS (im wissenschaftlichen Bereich) herangezogen. Mit diesen können wichtige Parameter auch komplexer Systeme simuliert werden. Diese Simulationen haben allerdings auch ihre Grenzen. Hier hilft mitunter der Prüfstand am SPF in Rapperswil weiter: Dieser kann zum Beispiel das Schichtungsverhalten im Wärmespeicher offenlegen, wozu Simulationssoftware-Werkzeuge bis anhin nicht in der Lage sind. BV

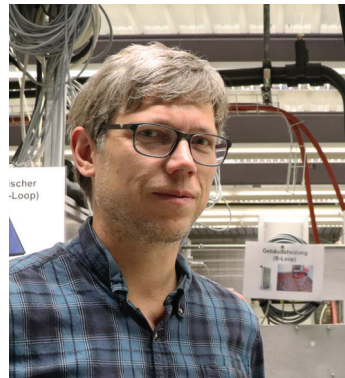


Als Grundlage der Wetterdaten wurden Daten von Meteo Schweiz mit einer Auflösung von 10 Minuten verwendet. Dank der hohen zeitlichen Auflösung können mit dem Prüfstand auch Energiesysteme (wie z.B. Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit Wärmepumpen) getestet werden, die sich dynamischer verhalten als thermische Systeme mit ihrer relativ grossen Trägheit. Grafik: SPF

Das erweiterte Testverfahren könnte künftig zudem einen Nutzen direkt bei den Anwendern von Solarkollektoren und anderen solarthermischen Anlagen entfalten: So erwägt das SPF, die Prüfberichte der Anlagen, sofern der Hersteller zustimmt, direkt auch den Anwendern zugänglich zu machen, und zwar in einer verkürzten, auch für Laien lesbaren Form. Somit bekämen die Anwender, wenn sie eine Anlage auswählen, eine SPF-Bescheinigung zu Kompaktheit und Fehleranfälligkeit, also quasi ein von unabhängiger Seite ausgestelltes Gütesiegel. «Mit unserem erweiterten Prüfverfahren fördern wir die Entwicklung leicht installierbarer und robuster Systeme, und zugleich erhöhen wir die Akzeptanz der Anwender für die Solarthermie», betont Haberl.

Prüfzyklus von zwölf auf sechs Tage verkürzt

Das jüngste SPF-Projekt erreichte noch ein zweites Ziel: Der CCT wurde von zwölf auf sechs Tage verkürzt und in dem Sinn vereinfacht, dass das Prüfverfahren nicht mehr auf Simulationen zurückgreifen muss, um von den Sechs-Tages-Messungen auf die Jahres-Performance zu schliessen. Das Prüfverfahren zeitlich zu halbieren war für die Wissenschaftler eine knifflige Aufgabe. Die zentrale Herausforderung bestand darin, die Wetterdaten und Lastprofile so auszuwählen, dass sie alle Betriebszustände eines Jahres in einer Sechs-Tages-Periode adäquat abbilden, ohne einzelne Zustände überzube-



Robert Haberl hat an der Fachhochschule Ulm Maschinenbau mit Spezialisierung Energietechnik studiert. Heute ist er als Forscher und Projektleiter am Institut für Solartechnik an der HSR in Rapperswil tätig. Foto: B. Vogel

werten. Die Auswertungen zeigen, dass ihnen dies gelungen ist. Dass mit den Änderungen am Prüfzyklus neu jegliche Systeme zur Bereitstellung von Wärme und ggf. auch Strom für Einfamilienhäuser geprüft werden können, ist dabei ein gern gesehener «Nebeneffekt» der Arbeiten.

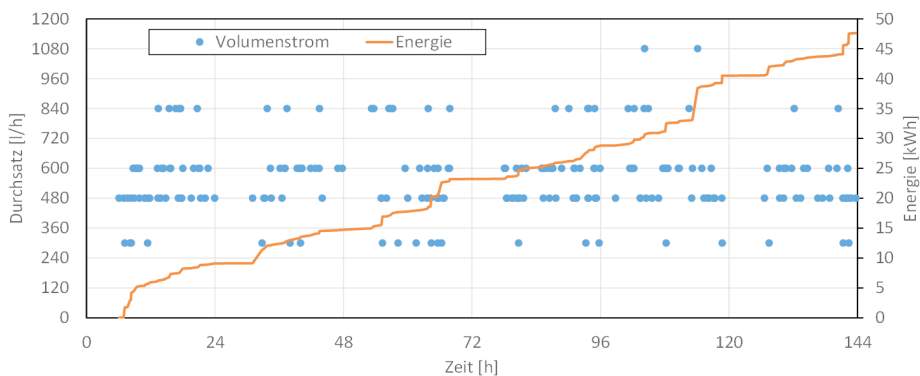
Dr. Elimar Frank, der im Auftrag des BFE das Forschungsprogramm «Solarwärme und Wärmespeicherung» leitet, unterstreicht die Vorzüge des neuen Verfahrens: «Dieses Projekt der Rapperswiler Forscher leistet einen Beitrag zur Energiewende, indem es für Wärmeversorgungsanlagen, die mit Solarthermie kombiniert sind, jetzt einen aussagekräftigen «real operation test» gibt. Dieser ermöglicht (ähnlich wie die «real

KRITERIEN FÜR KOMPAKTHEIT UND FEHLERANFÄLLIGKEIT

Die SPF-Forscher haben gemeinsam mit einer Begleitgruppe aus Industrievertretern eine Reihe von Kriterien definiert, mit denen Kompaktheit und Fehlerresistenz eines solaren Energiesystems beurteilt werden können. Zur Beurteilung der **Kompaktheit** werden demnach die folgenden fünf Kriterien herangezogen: a) Anzahl der gelieferten Einzelkomponenten, b) Dimension und Gewicht der gelieferten Einzelkomponenten, c) Anzahl Regler-Einheiten, d) Anzahl Personen-Stunden für die Installation und Inbetriebnahme, e) Vollständigkeit, respektive Kompaktheit der gelieferten oder vormontierten Wärmedämmung.

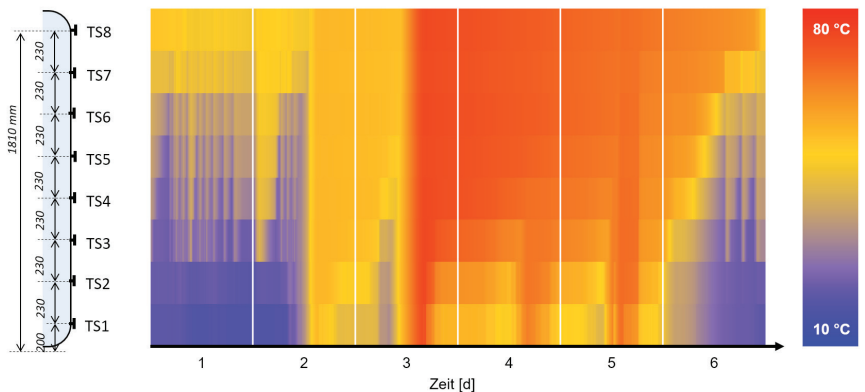
Zur Beurteilung von **Fehlerresistenz/Ausfallsicherheit** werden a) die Effektivität der Verhinderung von unerwünschter Schwerkraftzirkulation und b) die Siphonierung der Anschlüsse herangezogen. Hinzu kommen die folgenden Kriterien: c) Vollständigkeit der Lieferung, d) Vollständigkeit der Dokumentation, e) Eindeutigkeit der Anschlüsse (hydraulisch), f) Eindeutigkeit der Sensorplatzierung und -anschlüsse, g) Pumpenanschluss, h) Füllverhalten, i) Frostschutzlieferung, j) Bedienung und Fehlererkennung des Reglers, k) Monitoring der Wärmemengen, l) Stagnationsverhalten.

Anhand dieser Kriterien kann nun jede Anlage, die den CCT in Rapperswil durchläuft, auf Kompaktheit und Fehlerresistenz klassifiziert werden. Das Ergebnis wird ausgedrückt mit einem Symbol, das zum Ausdruck bringt, wie sich die untersuchte Anlage im Vergleich zu einem heute üblichen Standardsystem (Stand der Technik) verhält, nämlich besser (+ und ++) oder schlechter (- und --). Anhand dieser Einstufung erhält ein Kunde eine leicht verständliche Auskunft, was er von der Anlage hinsichtlich Kompaktheit und Fehlerresistenz erwarten darf. BV



Zapfprofil für Warmwasser, das dem sechstägigen Prüfzyklus des CCT zugrunde gelegt wird. Rot: Die für die Wärmeproduktion erforderliche Energie. Grafik: Schlussbericht SolProof

Während des SolProof-Projekts haben die SPF-Forscher Systeme von vier Herstellern getestet. Bei dem vorliegenden System handelt es sich um einen Kombispeicher, der über ein Kollektorfeld und eine Luft-Wasser Wärmepumpe beladen wird. Die Grafik zeigt die Temperatur im Kombispeicher während der sechs Tage des Testzyklus, jeweils bezogen auf acht Schichten des ca. 1,8 m hohen Speichers. Grafik: SPF



driving emissions» bei Fahrzeugen) eine Einschätzung der effektiven Leistungsfähigkeit im Realbetrieb. Davon profitieren Hersteller und Kunden, indem Hersteller künftig ihre Anlagen verstärkt so bauen können, dass die Installation beim Kunden vereinfacht wird und mögliche Fehlerquellen schon ab Werk systematisch ausgeschlossen werden.» Die Anlagenverkäufer und Installateure sollten diese Entwicklung mittragen, indem sie die Vorteile von Gesamtsystemen aus vorgefertigten und aufeinander abgestimmten Komponenten hervorheben, sagt Frank. «Damit wird die Akzeptanz der Solarthermie als hoch-effiziente Möglichkeit zur Reduktion fossiler Energien in der breiten Öffentlichkeit erhöht und die Nutzung der Sonnenenergie unterstützt.»

➤ Den **Schlussbericht** zum Projekt «Kompaktheit und Fehlerresistenz von Solaren Heizsystemen auf dem Prüfstand» (SolProof) finden Sie unter:
<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=36710>

➤ **Auskünfte** zum Projekt erteilen Robert Haberl (Robert.Haberl[at]spf.ch), Forscher am Institut für Solartechnik der HSR, und Dr. Elimar Frank (elimar.frank[at]frank-ener-

gy.com), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Solarwärme und Wärmespeicherung.

➤ Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Solarwärme und Wärmespeicherung finden Sie unter:
www.bfe.admin.ch/ec-solar.