

Solarwärme: Verbesserung der Betriebseigenschaften von Sonnenkollektoren, solarthermische Entgasung

# Ein Tüftler erfindet die Sonnenkollektoren nochmals neu

Sonnenkollektoren zur Gewinnung von Warmwasser gelten als technisch ausgereift. Trotzdem lässt sich ihr Betrieb optimieren. Das belegen neuste Forschungsergebnisse von Ralph Eismann-Fry an der ETH Zürich. Mit gewieften Ideen erzielt der technisch versierte Physiker immer wieder verblüffende Verbesserungen. Sein Credo: «Herstellungs- und Betriebskosten von Anlagen müssen gesenkt werden, damit die Solarthermie ihr beträchtliches Potenzial im Markt realisieren kann.»



ETH-Forscher Ralph Eismann-Fry vor der Testanlage, mit der er das Strömungsverhalten in Solaranlagen untersucht. (Foto: Bernhard Flora)

Benedikt Vogel

Der Lehrstuhl von Prof. Horst-Michael Prasser an der ETH Zürich ist bekannt für sein Know-how rund um die Nutzung der Kernenergie, vor allem auch zur Sicherheit von Kernkraftwerken und Beherrschung von Störfällen. Dieses Wissen ist aber auch die Grundlage, um die erneuerbaren Energien voranzubringen, wie die vom Bundesamt für Energie mitfinanzierte Forschungsarbeit von Ralph Eismann-Fry zeigt. Der Physiker erforscht am Lehrstuhl Prasser im Rahmen einer Doktorarbeit das Strömungsverhalten in Solaranlagen. «In Sonnenkollektoren können ähnliche Zustände wie in KKW auftreten», sagt Eismann. «Man kann die Strömungen von Flüssigkeit und Dampf daher mit denselben Methoden untersuchen, den Methoden der Thermohydraulik.»

## Mit den Augen des Praktikers

Eismann-Fry ist mit 54 Jahren vergleichsweise alt für einen Doktoranden, dafür bepackt mit der Erfahrung eines Berufslebens. Er war als Industrieberater tätig, entwickelte in den 1990er-Jahren mit der Firma Fenergy einen neuartigen Sonnenkollektor. Dann leitete er neun

Jahre lang die Entwicklung im Geschäftsbereich Sonnenenergie bei der Ernst Schweizer AG in Hedingen, dem grössten Hersteller von Sonnenkollektoren in der Schweiz. Vor drei Jahren verliess er die etablierte Position, wechselte als Forscher an die ETH. «Hier kann ich neue Ideen entwickeln, die für die ganze Branche relevant sind», sagt der geborene Solothurner. «Bei der Umwandlung von Sonnenenergie in Warmwasser ist das Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft.» Eismann-Fry denkt dabei nicht nur an die Heizung und die Warmwasserversorgung von Wohnungen, sondern auch an industrielle Prozesswärme, beispielsweise für Brauereien und die Milchpasteurisierung. An vielen Orten braucht es Wasser mit vergleichsweise niedriger Temperatur. Warmwasser, das über Sonnenkollektoren bereitgestellt werden kann. Je tiefer die Herstellungskosten, desto mehr Anlagen werden zum Einsatz kommen, ist Eismann-Fry überzeugt.

Wenn es um die Nutzung der Sonnenenergie geht, steht in der Regel ein hoher Wirkungsgrad – also eine maximale Ausbeute der eingestrahelten Energie –

im Zentrum. Eismann-Fry verfolgt einen anderen Ansatz: «Energetisch ist man bei den Sonnenkollektoren und Solaranlagen schon sehr weit, aber was die hydraulische Dimensionierung angeht, sind wir noch immer in der Steinzeit.» Er befasst sich mit hydraulischen Fragestellungen wie der richtigen Auslegung der Pumpen und Expansionsgefässe, dem optimalen Querschnitt von Rohren und der optimalen Anordnung von Armaturen im Kreislauf. Das klingt auf Anhieb unspektakulär. Doch der ETH-Forscher, der erst am Technikum Burgdorf Maschinenbau und schliesslich an der ETH Physik studiert hat, weiss, dass in solchen Fragestellungen ungeahntes Verbesserungspotenzial steckt: «Anlagen werden heute nicht kostenoptimal konstruiert. Ich kenne Fälle, wo die Kosten für die Verrohrung 30 Prozent höher liegen als nötig.»

## Der Trick mit dem Rohrbogen

Eismann-Fry steht vor einem Sonnenkollektor, den er zu Versuchszwecken im Labor der ETH aufgebaut hat. Der Kollektor besteht aus einer dunkelblauen Metallplatte (Absorber), die die Sonnenstrahlung einfängt. An der Unterseite des Absorbers ist ein Metallrohr angeschweisst, in dem ein Wasser-Glykol-Gemisch zirkuliert, das die Wärme abführt. Das Rohr mäandert über die gesamte Fläche des Absorbers, von links nach rechts, von rechts nach links. Die gerade verlaufenden Rohrabschnitte sind an den Absorber geschweisst, nicht hingegen die Rohrbogen links und rechts. Der Grund: Das Anbringen einer gebogenen Schweissnaht ist nur mit Spezialgerät möglich und daher entsprechend teuer. Daher verzichten Hersteller bisher in der Regel auf diese Schweissnaht. Sie sparen damit Investitionskosten für die Schweissanlagen, handeln sich damit aber auch einen Nachteil ein, denn die Wärmetübertra-

gung vom Absorber auf das Rohr ist an diesen Stellen stark vermindert.

Eine Ineffizienz, die einem Tüftler wie Ralph Eismann-Fry keine Ruhe lässt. In seiner Doktorarbeit rechnet der Forscher den Kollektorherstellern nun vor, dass sich das Verschweissen der Rohrbogen – wenn sie es nur richtig anstellen – sehr wohl lohnt. Der Trick: Man verlegt den Rohrbogen – ohne Leistungseinbusse – etwas weiter vom Rand des Absorbers weg. Dadurch verkürzt sich die Länge des Rohrs um einige Zentimeter – was zu einer entsprechenden Materialersparnis (Kupfer) führt. «Für einen einzelnen Rohrbogen fallen die ersparten Materialkosten nicht ins Gewicht. Bei einem Unternehmen, das im Jahr 100000 Kollektoren herstellt, läppert sich das aber zusammen.» Zu welchem Betrag – hat Eismann mit einer «gruusigen Formel», wie er auf Schweizerdeutsch sagt, beispielhaft errechnet. Der Hersteller spart im Jahr Tonnen des wertvollen Rohstoffs Kupfer! Anders ausgedrückt: Unter realistischen Annahmen spart der Unternehmer in einem überschaubaren Zeitraum die Mittel, die er in eine moderne Schweissanlage investieren kann, die auch Rohrbogen meistert.

#### Software-Tool für Stillstandsverhalten

Andere Menschen mögen Theoretiker sein oder Praktiker, mögen mit Zahlen arbeiten oder mit Werkzeugen. Ralph Eismann-Fry scheint diesen Widerspruch nicht zu kennen. Er, der heute an der renommiertesten technischen Hochschule der Schweiz forscht, hat seine Karriere mit einer klassischen Mechanikerlehre begonnen, bei Sulzer Textilmaschinen in Zuchwil. Auch wenn er mit komplizierten Formeln um sich wirft, sieht er die Welt mit den Augen eines Praktikers. Einer, der nicht hinnimmt, wenn Dinge nicht funktionieren, weil man sie nur halb versteht. Ein Beispiel dafür ist die sogenannte



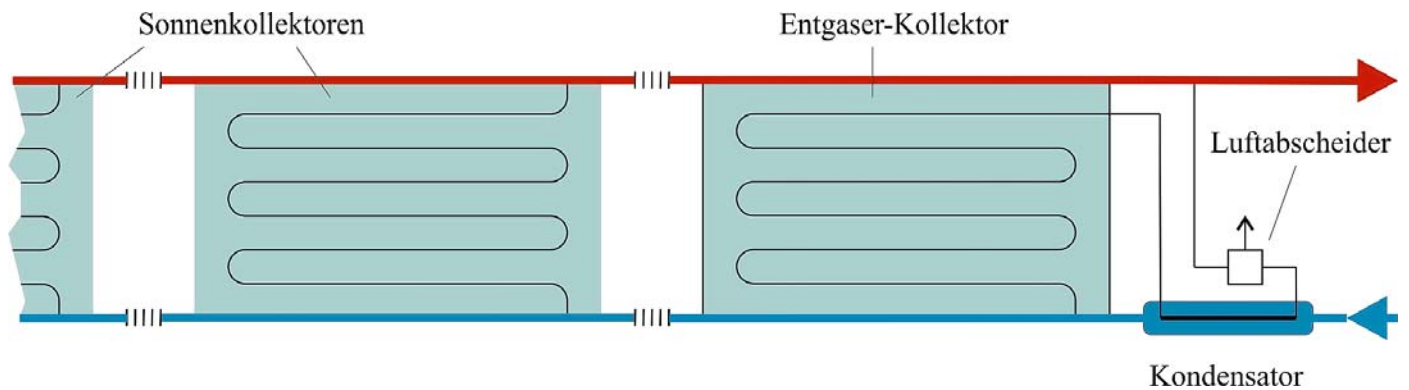
Die Versuchsanlage an der ETH Zürich besteht aus einem umgebauten Solarkollektor. Sie verfügt über einen Tank von 140 Litern für das Wasser-Glykol-Gemisch. (Foto: Eismann-Fry)

Stagnation: Wenn eine Solaranlage an einem sonnigen Tag so viel Warmwasser produziert hat, dass der Speicher randvoll mit heissem Wasser ist, wird die Pumpe abgestellt. Damit wird die Überhitzung vermieden. Der nun einsetzende, sehr dynamische Vorgang heisst Stagnation. Jetzt – bei Stillstand – wird die Wärme nicht mehr aus den Kollektoren abgeführt – in der Folge verdampft das Wasser-Glykol-Gemisch. Dieser ganz normale Vorgang, für den jede Solaranlage ausgelegt werden muss, verläuft meist harmlos. Wenn man die Dampfausbreitung aber unterschätzt, können sehr kostspielige Schäden entstehen. Das kann im Extremfall dazu führen, dass der Dampf bis zum Wärmetauscher beim Boiler vordringt

und dort wegen Kondensation einen Druckschlag verursacht. Wer das nicht glaubt, dem hält Eismann-Fry eine verkrümmte Metallröhre unter die Nase, die von der unbändigen Kraft solcher Druckschläge erzählt.

Eismann-Fry untersucht das Stagnationsverhalten von Solaranlagen seit rund 15 Jahren. Sein jüngster Streich: Er hat mit «Trace» – einer Software, mit der beispielsweise Rohrbrüche und andere Störfälle in KKW simuliert werden – das Stagnationsverhalten in Solaranlagen simuliert. Die Simulation schafft die Grundlage für die Konstruktion neuer, besserer Solaranlagen. Eismann-Fry möchte mit diesem Wissen ein praxistaugliches Software-Tool entwickeln. Dieses soll dem Ingenieur die nötigen





Die Grafik veranschaulicht, wie der von Eismann-Fry neu entwickelte Entgaserkollektor in eine Kollektorreihe eingefügt wird. Der Kondensator ist als Rohrelement im Rücklauf angeordnet. Die entgaste Flüssigkeit wird dem Vorlauf beigemischt. (Grafik: Eismann-Fry)

Auskünfte an die Hand geben, z. B. welcher Rohrquerschnitt nötig ist oder welche Dampffalle er einbauen muss, damit die Gefahr von Druckschlägen gebannt ist. Er plant, ein Handbuch zu verfassen, um seine Erkenntnisse aus dem Elfenbeinturm in die Praxis zu tragen.

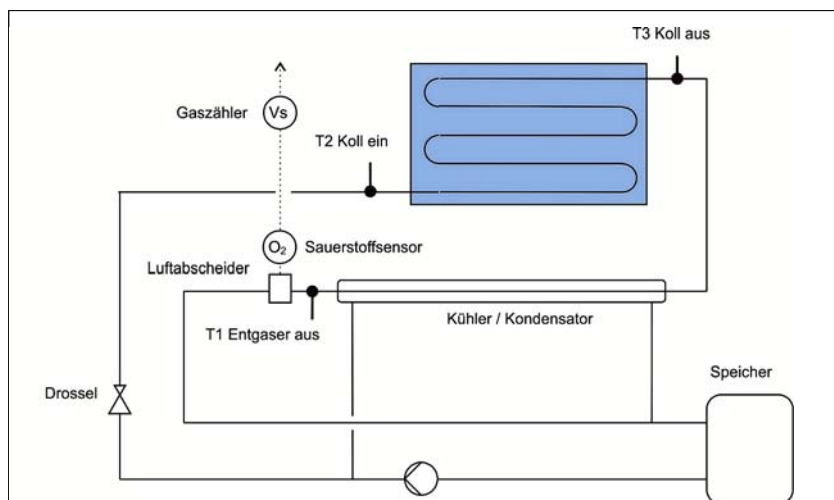
#### Passive Entgasung erspart den Vakuumentgaser

Wo Eismann-Fry hinschaut, da hat er wieder eine frische Idee, wie bei Solaranlagen unnötige Fehlerkosten vermieden werden können. Etwa bei der Entgasung. Mit dem Entlüften einer Solaranlage nach dem Befüllen ist es nämlich oft nicht getan. Denn vor allem dann, wenn eine Anlage bei hohen Temperaturen betrieben wird, werden die im Wasser-Glykol-Gemisch gelösten Gase frei – und behindern dann die Zir-

kulation der Flüssigkeit im Kreislauf der Anlage. Das mindert die Effizienz und kann zu Schäden führen. Solche Solaranlagen müssen bei der Inbetriebnahme und in Wartungsintervallen entgast werden, zumindest wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind (z. B. hohe Betriebstemperaturen etwa für solarthermische Kühlung, grosse Höhendifferenz zwischen Keller und Kollektoren, oder weitverzweigte Rohrnetze). Bisher werden dafür mobile Vakuumentgaser eingesetzt. Diese arbeiten zuverlässig, verursachen pro Entgasung aber hohe Kosten.

Eismann hat – mit angeregt durch seinen Doktorvater Horst-Michael Prasser – eine Alternative entwickelt. Bei seiner Methode ist kein Entgaser nötig. Der von ihm entworfene Kollektor lässt sich in eine Anlage einbauen und sorgt dort

für die Entgasung der gesamten Anlage. Eismann-Fry hat den Kollektor so gebaut, dass die Flüssigkeit ihn langsamer durchströmt und infolge der Erhitzung zu einem kleinen Teil verdampft. Der in der Flüssigkeit gelöste Stickstoff geht dabei praktisch vollständig in den Dampf über. Der Dampf wird anschliessend so abgekühlt, dass dieser kondensiert – Stickstoff kondensiert nicht und kann in Form von Gasblasen elegant abgeführt werden. Die Betriebstemperatur des Kollektors mit der Entgasungsfunktion liegt je nach Betriebsdruck zwischen 115 bis 130 °C; damit ist sichergestellt, dass das Wasser-Glykol-Gemisch nicht übermässig erhitzt und geschädigt wird (was erst bei einer Temperatur von 160 bis 180 °C – abhängig vom verwendeten Glykol – der Fall wäre). Im ETH-Labor hat Eismann eine Anlage aufgebaut und die Funktionstüchtigkeit seiner Idee an einem Prototyp dargestellt. Diese Methode ist günstiger als die Vakuumentgasung. Auch muss für die Entgasung kein Spezialist gerufen werden, sondern die Entgasung geschieht passiv, also von alleine. «Auch dies wird helfen, die Solaranlagen günstiger zu machen und deren Einsatz damit zu fördern», wiederholt Eismann-Fry sein Credo. Bereits hat er das Patent für die Anlage angemeldet. ■



Das Schema zeigt vereinfacht den Versuchsaufbau mit dem speziellen Entgaser-Kollektor. Dieser wird hier – statt von der Sonne – mit vier Halogenstrahlern zu je 1500 W geheizt. Der entstehende Dampf kondensiert im Kondensator. Der nicht kondensierbare Stickstoff wird über den Luftabscheider an die Umgebung abgegeben. (Grafik: Eismann-Fry)

Der Schlussbericht des Forschungsprojekts ist zu finden unter: [www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=de&publication=11063](http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=de&publication=11063)

Auskünfte zum BFE-Forschungsprogramm «Solarwärme und Wärmespeicherung» erteilt: Jean-Christophe Hadorn, [jchadorn@baseconsultants.com](mailto:jchadorn@baseconsultants.com)