



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 01. Dezember 2014

Applied Research und (inter)nationale Dissemination und Vernetzung

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Solarwärme
CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Institut für Solartechnik SPF
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10
CH-8640 Rapperswil

www.solarenergy.ch

Autoren:

Stefan Brunold, Institut für Solartechnik SPF, stefan.brunold@spf.ch
Andreas Bohren, Institut für Solartechnik SPF, andreas.bohren@spf.ch
Paul Gantenbein, Institut für Solartechnik SPF, paul.gantenbein@spf.ch
Ozan Türk, Institut für Solartechnik SPF, ozan.tuerk@spf.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Jean-Christophe Hadorn

BFE-Vertrags- und Projektnummer: SI/500315-02 / REF-1081-00210

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Abstract

Um flexibel, schnell und gezielt auf Anfragen seitens der Solarthermie-Stakeholder (öffentlich, Industrieverbände, etc.) und der „Thermischen Solarenergie-Szene“ zu reagieren, werden am SPF als Kompetenzzentrum Solarthermie Aktivitäten initiiert, die Forschungsergebnisse von allgemeinem Interesse produzieren, welche sich aus verschiedenen Gründen nicht in grössere Forschungsprojekte einbinden lassen bzw. die möglichst schnell erarbeitet und verbreitet werden sollen. Die Aktivitäten aus den Jahren 2012 - 2014 werden in diesem Bericht erläutert. Ergänzend zu diesen sogenannten „applied research“-Aktivitäten ist für die nicht zwingend projektgebundene Kontinuität der nationalen und internationalen Vernetzung die aF&E-bezogene Mitarbeit des SPF in verschiedenen Gremien und working groups sowie die aktive Mitgliedschaft in Verbänden nötig. Hier werden insbesondere die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Bereich applied research regelmässig zielführend eingebracht und verbreitet.

Applied Research

In den Jahren 2012 - 2014 zählte zu den Applied Research-Aktivitäten die Bearbeitung folgender Themen, die anschliessend kurz erläutert werden:

- Neue Materialien in der Solarthermie
- Machbarkeitsstudie für einen Ganzglaskollektor
- Factsheets für Frischwassermodule
- Messung der Wärmekapazität c_p von Solarfluiden
- Aluminium-Korrosion in einem thermischen Solarkreis bestehend aus einer „Mischinstallation“: Wärmeträgerfluide und Korrosion in gemischten Solarkreisen mit Aluminiumkomponenten
- Vergleich der Messmethoden für Solarspeicher

Neue Materialien in der Solarthermie (abgeschlossen 2012)

Die Fertigung heutiger Flachkollektoren ist noch immer wenig oder nur teilweise automatisiert. Die verwendeten Materialien sind vorwiegend Kupfer, Aluminium und Glas, bei welchen insbesondere in jüngster Vergangenheit extreme Preisfluktuationen festzustellen waren. Beide genannte Aspekte (Prozessautomatisierung und Materialwahl) bergen daher noch erhebliches Potenzial zur Kostenreduktion. Es wird untersucht, in wie weit dieses Potenzial durch den Einsatz von neuen Materialien ausgeschöpft werden könnte.

Unter dem Begriff „neue Materialien“ sind neben den statischen Polymeren auch sogenannte Funktionspolymere, aber auch anorganische funktionale Schichten zu verstehen. Funktionspolymeren und funktionalen Schichten kommen in erster Linie nicht rein statische Aufgaben zu, sondern die speziellen Eigenschaften von Komponenten zu verbessern (z.B. Entspiegelungsschichten auf Abdeckungen) oder dynamisch zu verändern (z.B. Thermotrope). Im Rahmen des Projektes „Neue Materialien in der Solarthermie“ (BFE Projekt SI/500317) wurde am SPF der Einsatz neuer Materialien in der Solarthermie insbesondere im Bereich der Kollektorentwicklung, auch unter dem Aspekt der Lebensdauer unter Berücksichtigung des spezifischen Einsatzes untersucht. Mit dem Ablauf des genannten Projektes am 31.07.2011 wurden jedoch noch zwei aktuelle Themen evaluiert, deren Bearbeitung über eine Applied Research-Aktivität finanziert wurden, die Ergebnisse daraus aber in den Abschlussbericht „Neue Materialien in der Solarthermie“ eingeflossen sind:

- Hydraulische Verbindungen im Kollektorkreislauf:
Um die hydraulische Verbindung von Kollektoren effizienter und kostengünstiger zu gestalten, werden neue Verbindungstechniken und –materialien eingesetzt. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurde ein neues Prüfverfahren für Verbindungen und Dichtungsmaterialien in der Kollektorkreisleitung in Angriff ausgearbeitet.

- Freibewitterung von Kollektorabdeckungsmaterialien:
Es wurde eine neue Freibewitterungskampagne, diesmal mit dem Schwerpunkt „anti-reflex-Gläser“ gestartet. Expositionsorte sind, wie bereits bei der 2005 beendeten 20-jährigen Kampagne (BFE-Projektnummer 43729), Davos und Rapperswil.

Die detaillierten Ergebnisse sind, wie bereits erwähnt, in einem separaten Bericht beschrieben (Projekt 500317 - Neue Materialien in der Solarthermie (Solarwärme und Wärmespeicherung); [Publikation 290759](#);

<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010997.pdf&name=00000290759>).

Machbarkeitsstudie Ganzglaskollektor (abgeschlossen 2014)

Glas weist als Material eine hohe Toleranz für hohe Temperaturen und eine sehr gute Beständigkeit gegen vielerlei Umwelteinflüsse auf und hat seine Langzeitstabilität im Aussen-einsatz seit Jahrhunderten unter Beweis gestellt. Zudem ist Glas in grossen Mengen und günstig verfügbar. Deswegen wird als transparente Abdeckung für Sonnenkollektoren fast ausschliesslich Glas verwendet. Typischerweise wird diese mit einem Absorber (Blech mit aufgeschweissten Rohren) aus Kupfer und/oder Aluminium, einer Isolationsschicht aus Mineralwolle und einer Rahmenkonstruktion ergänzt. Interessant wäre jedoch ein Kollektorkonzept, bei dem sowohl die vordere wie auch die rückseitige Abdeckung aus Glas besteht, ähnlich wie bei Isolierverglasungen, welche in einer Vielzahl von Bauvorhaben eingesetzt werden und daher sowohl Architekten und Planern als auch dem Baugewerbe bestens bekannt sind.

Glas/Glas Absorber können Bestandteil eines Ganzglaskollektors sein, aber auch als unbedeckte Kollektoren für Niedertemperaturanwendungen oder als intelligente Verschattungsmöglichkeit zum Einsatz kommen. Ein weiteres Potential liegt auch bei deren Anwendung in PV/T Kollektoren, da ein direktes Laminieren von c-Si Zellen auf Glas problemlos möglich ist.

Ein weiterer Entwicklungsschritt bei Glas/Glas Absorbern betrifft die Realisation eines Überhitzungsschutzes. Da bei einem Absorber ganz aus Glas die Funktion der Solarstrahlungsabsorption von einem schwarzen Fluid übernommen wird, kann die Stagnationstemperatur über die (variable) Einfärbung des Fluides gesteuert werden.

Ziel dieses aR-Projektes ist es, einige grundsätzliche Fragen zur Machbarkeit eines Ganzglasabsorbers mit absorbierendem Fluid beantworten zu können. Dazu wurden sowohl theoretische wie auch experimentelle Untersuchungen durchgeführt.

Die detaillierten Ergebnisse sind in einem separaten Bericht beschrieben.

Factsheets zu Frischwassermodul-Tests (abgeschlossen 2012)

Während des Ende 2011 abgeschlossenen BFE-Projektes „Untersuchung und Bewertung angepasster Lösungen zur Trinkwasserbereitstellung“ (Projektnummer 102955) wurde eine Testprozedur für Frischwassermodule erarbeitet und es wurden Frischwassermodule von sechs führenden Herstellern ausführlich getestet. Während dieses Projektes wurden den beteiligten Herstellern Anonymität zugesichert, daher sind die Resultate im Bericht nur anonymisiert und als Überblick über alle getesteten Module dargestellt.

Mit dem Ziel, die wichtigsten Testresultate für jedermann zugänglich darzustellen (insbesondere Endnutzer, Planer, etc.), wurden im Rahmen des hier beschriebenen Projektes Factsheets kreiert, welche die wichtigsten Resultate auf einer Seite zusammenfassen. Den Herstellern wurde die Möglichkeit gegeben, ihre Testresultate somit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Analog zu anderen Testberichten wurde die SPF-Homepage (<http://www.spf.ch/Frischwassermodule.268.0.html>). Somit können die am SPF durchgeführten Tests von Frischwassermodulen von Herstellern zu Marketingzwecken verwendet werden.

Messung der Wärmekapazität c_p von Solarfluiden Neue Materialien in der Solarthermie (Zusammenfassung der Arbeiten 2014 – Teilprojekt noch nicht abgeschlossen)

Für die Bestimmung des Wirkungsgrades von thermischen Kollektoren und solarthermischen Systemen ist die genaue Kenntnis der Wärmekapazität des verwendeten Solarfluides entscheidend. Die Herstellerangaben sind für den normalen Betrieb einer Anlage ausreichend, für die Messungen eines Forschungs- und Prüflabors sind sie aber zu ungenau. Bisher wurde SPF intern immer ein genau kontrolliertes stabiles Wasser Glykolegemisch verwendet. Damit auch mit anderen Fluida gearbeitet werden kann, wird eine Anlage für die Bestimmung der Wärmekapazität entwickelt und gebaut.

Für die Bestimmung der Wärmekapazität sind verschiedene Verfahren bekannt. Grundsätzlich wird eine genau bekannte Fluidmenge erwärmt. Durch die Messung der Heizleistung in Abhängigkeit der Temperatur kann dann die Wärmekapazität bestimmt werden. Dabei wird allerdings immer auch der Fluidbehälter sowie die Messtechnik im Fluid (z.B. Temperaturlöser) miterwärmt. Das heißt, dass ein Teil der Heizleistung nicht für die Erwärmung des Fluides eingesetzt wird. Zusätzlich müssen verschiedene thermische Verluste berücksichtigt werden, zum Beispiel durch Abstrahlung des Probekörpers oder auch durch Wärmeleitung über die Temperaturlöser oder über die Befestigung des Probekörpers. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Temperaturhomogenität im Fluid. Dazu wird das Fluid umgerührt, was allerdings auch einem zusätzlichen Energieeintrag bedeutet.

Alle diese zusätzlichen Wärmequellen und Wärmeverluste könnten durch geeignete Massnahmen reduziert werden, wie zum Beispiel durch die Platzierung der ganzen Apparatur in einem Vakuum Behälter. Es ist aber nicht möglich alle diese Faktoren so stark zu reduzieren, dass sie ganz vernachlässigt werden können.

Das hier entwickelte Verfahren beruht auf drei grundsätzlichen Ansätzen:

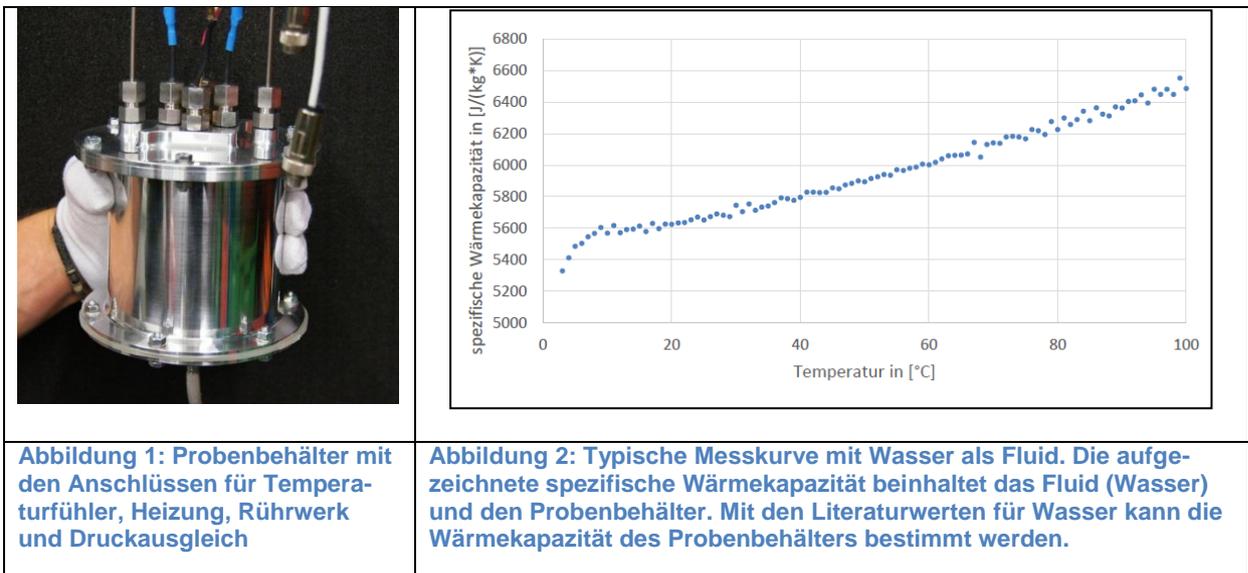
- 1.) Das Rührwerk ist komplett, also inklusive Antrieb, im Fluid eingetaucht. Dadurch kann über eine elektrische Leistungsmessung der Energieeintrag ins Fluid bestimmt werden, unabhängig davon ob die Energie durch Rühren oder durch Abwärme des Antriebs eingetragen wird. Ist der Antrieb nicht im Fluid eingetaucht, kann kaum bestimmt werden wie viel Energie effektiv an das Fluid abgegeben wird.
- 2.) Es werden immer Vergleichsmessungen mit bekannten Fluiden gemacht. Als zuverlässige Referenz gilt Wasser. Für alle anderen Fluide ist die Wärmekapazität nicht sehr genau bekannt. Durch die Vergleichsmessung mit Wasser kann grundsätzlich die Wärmekapazität des Behälters sowie alle parasitären Verlustleistungen durch die ganze Apparatur normiert und bestimmt werden.
- 3.) Die Heizkurve wird so geregelt, dass die Temperatur im Fluid sehr genau eine lineare Funktion der Zeit ist. Durch diese Verschränkung von Zeit und Temperatur können die oben beschriebenen Verluste eindeutig der Apparatur zugeordnet und dann auch wegkalibriert werden.

Die Messanlage wurde aufgebaut und verschiedene Versuche durchgeführt. Die als Rührwerk vorgesehenen Miniaturtauchpumpen waren leider weit unter den Spezifikationen und konnten nicht eingesetzt werden. Leider konnten keine geeigneten Alternativen gefunden werden. Das Problem scheint mittlerweile durch einen eher unkonventionellen Ansatz gelöst zu sein. Als Rührwerk werden bürstenlose Ventilatoren die als Computerlüfter Verwendung finden eingesetzt. Diese können bei entsprechender Vorbehandlung auch eingetaucht betrieben werden.

Verschiedene Messungen wurden durchgeführt. Bei den Messungen mit Wasser sind immer wieder Verunreinigungen der Apparatur aufgetreten, auch bei entsalztem Wasser. Dieses Phänomen wurde auch schon bei anderen Apparaturen am SPF festgestellt und ist nicht ganz verstanden. Beim Einsatz von Wasser-Glykol Gemischen tritt das Problem nicht auf. In

diesem Sinne kann die Apparatur nur ausnahmsweise und möglichst kurzzeitig für Referenzmessungen mit Wasser betrieben werden.

Die Regelung der Temperaturrampe wird aktuell noch verbessert. Grundsätzlich hat das SPF grosse Erfahrung mit der sehr genauen Temperaturregelung in Fluiden. Die präzise Regelung der Temperaturrampe macht allerdings noch Schwierigkeiten.



Das grundsätzliche Problem des Rührwerkes ist nach vielen Schwierigkeiten gelöst, hat aber zu grossen Verzögerungen im Zeitplan geführt. Es sind noch kleineres Problem zu lösen, wir sehen aktuell aber keine grundsätzlichen Probleme mehr. Wichtig ist es dann Messreihen durchzuführen um das Verfahren grundsätzlich zu validieren und um die erreichbare Genauigkeit zu definieren.

Aluminium-Korrosion in einem thermischen Solarkreis bestehend aus einer „Mischinstallation“: Wärmeträgerfluide und Korrosion in gemischten Solarkreisen mit Aluminiumkomponenten (Zusammenfassung der Arbeiten 2014 – Teilprojekt noch nicht abgeschlossen)

Aufgrund des Kostendruckes sind in verschiedene Firmen Projekte zu Ganzaluminiumabsorber für thermische Kollektoren gestartet worden. Dabei soll der Preisvorteil von Aluminium gegenüber Kupfer genutzt werden. Nach allen gängigen Prüfnormen ist das erlaubt, es gibt allerdings verschiedene Meldungen zu Schäden, offenbar verursacht durch Korrosion.

Am SPF sind in den letzten Jahren verschiedene Auftragsmessungen und Untersuchungen an Aluminiumabsorbern (Aluminiumrohmaterialien) unter Verwendung von speziellen Solarfluiden durchgeführt worden. Dabei handelt es sich allerdings immer um isolierte Untersuchungen von Einzelkomponenten im Labor. Diese Untersuchungen zeigen, dass es unter bestimmten Voraussetzungen durchaus möglich sein sollte, Aluminium in Solarkreisen einzusetzen. Die Voraussetzungen dazu sind die Einhaltung verschiedenster Einschränkungen bezüglich der Materialkombination (Mischinstallation) und der eingesetzten Hilfsstoffe. Eine Trennung von Produktionsstrassen bzw. der Werkzeuge für die unterschiedlichen Materialien ist ein MUSS um keine Verunreinigungen im anderen Material zu verursachen - Werkzeuge zur Bearbeitung von Kupfer dürfen NICHT zur Bearbeitung von Aluminium verwendet werden.

Der von den Fluidherstellern eingesetzte Standardtest ASTM 1384D für die Korrosionsbeständigkeit mit Coupons aus Aluminium (und anderen Materialien) kombiniert mit dem Fluid ist aufgrund der Annahme des Flächenabtrages ungenügend geeignet, um z.B. die Fragen nach der Korrosionsart zu beantworten. Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass in den fluidführenden Absorberrohren aus Al der gefürchtete Lochfrass auftreten kann.

Am SPF wird versucht mit einem Labortest (Laboranlage) und einem Feldversuch (Feldanlage) eine verlässliche Aussage zu den folgenden Fragen finden zu können:

- Wie müsste ein Test aussehen, mit dem das Auftreten von Korrosion (z.B. in Form von Lochfrass) bei der Kombination verschiedener Materialien und Fluide im Solar-kreis überprüft werden kann?
- Mit welchen Kombinationen von Materialien und Fluiden in einem Solarkreis kann Korrosion bzw. Lochfrass sicher ausgeschlossen werden?

Laboranlage: Für die Versuche wurde eine pH-Sonde INPRO4260 von Mettler-Toledo beschafft und in die bestehende Anlage eingebaut. Zur Kalibrierung der pH-Sonde vor und nach den jeweiligen Messungen werden technische Pufferlösungen mit pH=7 und pH=9.21 verwendet. Abbildung 3 zeigt den Aufbau, welcher einer thermischen Solaranlage nachgebildet ist.

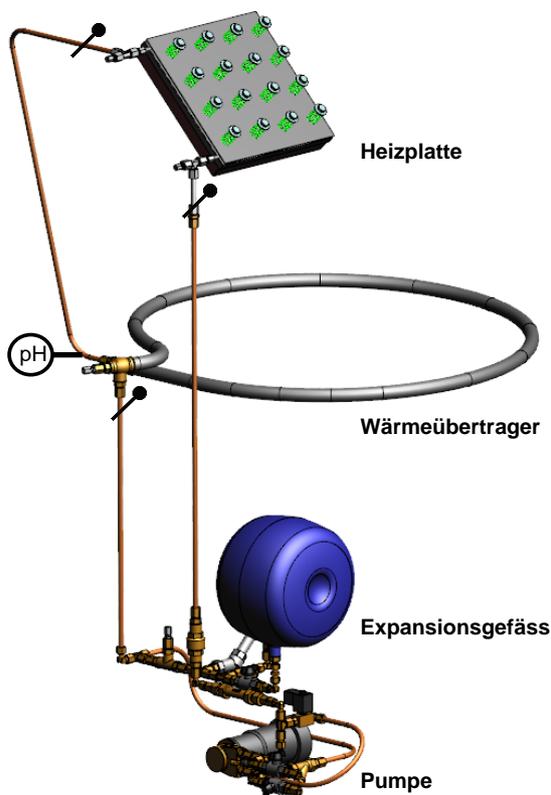


Abbildung 3:

Links: Laborapparatur zu Versuchen mit Modellabsorbbern. Die Anlage ist mit Sensoren und einem Daten-Logger ausgerüstet – Messdaten siehe Abbildung 4. Beachte die Position des pH-Sensors im Vorlauf (heisses Fluid). Rechts: Darstellung des Anschlusses der Cu-Rohrleitung an das Al-Mänder-Rohr.

Feldanlage:

Die Auslegungsdaten für thermische Solaranlagen richten sich nach Energie- und Leistungsbedarf. Daraus ergeben sich (geometrische) Flächen- und Volumen-Verhältnisse der Fluid führenden Komponenten wie Aluminium-Absorber zum Rest der Anlage. Und diese wiederum haben einen Einfluss auf die Korrosion – Aluminium wird im Fluid-Loop einer Mischinstallation zur „Opferanode“. Zur Vereinfachung werden im Vergleich (Labor - Feld) nebst den Betriebsbedingungen „nur“ noch die geometrischen Größen zum Aufbau unserer Solaranlage herangezogen. Dazu sind in Abbildung 4 min. und max. Volumen sowie Wärmeübertrager-Fläche in Funktion der Absorber-Fläche von im Feld vorgeschlagenen Größen angegeben. Die von uns aufgebaute Solaranlage (DHW) findet sich am linken Rand der Grafik in Abbildung 4.

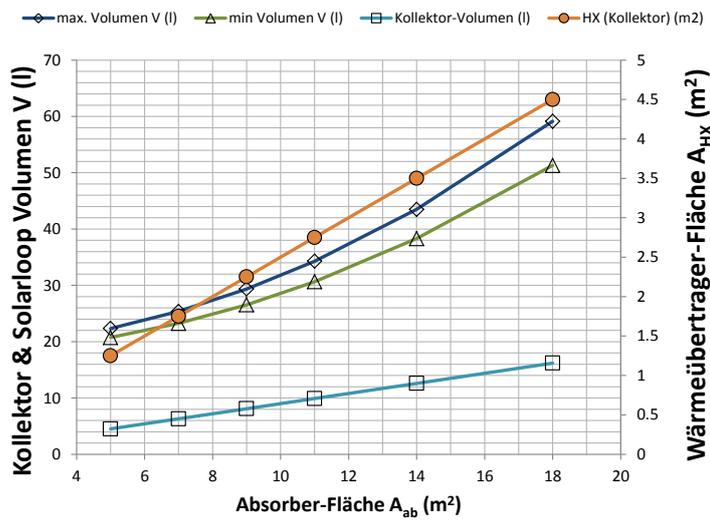


Abbildung 4: Wärmeträgervolumen V (Kollektorfeld plus Solarloop mit Rohrleitungen & Kollektoren) und Fläche des Wärmeübertragers A_{HX} in einer solar-thermischen Anlage in Funktion der Absorberfläche A_{ab} der gesamten Installation für ein Flachkollektor-Feld.

Ergebnisse:

Laboranlage: Nebst den Temperaturen und des Druckes in Funktion der Zeit sind erste in-situ pH-Wert Messergebnisse an einem Fluid eines lokalen Herstellers in Abbildung 5 dargestellt. Der pH-Wert schwankt zwar erwartungsgemäss mit der Temperatur und ein linearer Fit an die Messdaten über die gesamte Messdauer ergibt einen Anstieg des pH-Werts um $\Delta pH=0.19$. Dies bedeutet, dass im Versuch entweder nur eine geringe Korrosion statt fand oder der eingesetzte Puffer die Korrosionsprodukte nahezu neutralisieren konnte. Als Folge dieser pH-Ergebnisse wird die vorgesehene Messposition der pH-Sonde – möglichst nahe am Fluidaustritt aus dem Absorber – nicht weiter beibehalten. Dies weil der pH-Wert zum einen mit der Temperatur schwankt (dies ist bekannt) jedoch bei hohen Temperaturen die Lebensdauer der pH-Sonde mit „einigen“ Monaten doch zu ungewiss ist und das Risiko eines Defektes nicht eingegangen werden soll. In den Versuchen werden daher einzelne Fluidproben gezogen und daran der pH-Wert gemessen. Auf die In-situ Messung wird sowohl in der Laboranlage als auch in der Feldanlage (siehe unten) verzichtet.

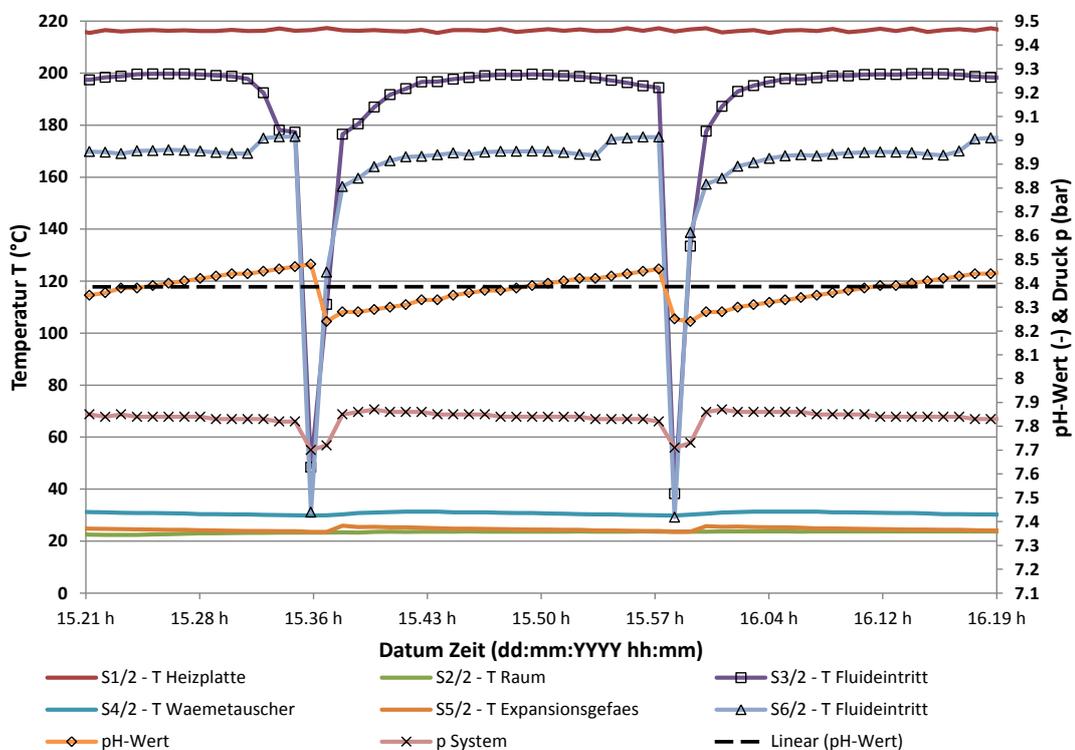


Abbildung 5: Ausschnitt von 2.5 Zyklen aus den Messdaten von total 619 Zyklen und einer gesamten Dauer von 330h. Temperaturen T, Druck p und pH-Wert in Funktion der Zeit für 2.5 Zyklen. Der pH-Wert schwankt mit der Temperatur. Ein linearer Fit (gestichelte Linie) der pH-Messwerte zeigt über die gesamte Versuchsdauer einen Anstieg um $\Delta pH=0.19$.

Feldanlage: Zum Vergleich wird eine einfache Solaranlage zur Warmwasserbereitung aufgebaut und mit Temperatur-, Durchfluss- und Druckfühler ausgerüstet.

Diese Anlage soll für ein fiktives Wochenendhaus – Belegung nur am Wochenende – Warmwasser liefern. Die Kollektorfläche der Flachkollektoren welche mit Aluminium- Absorberr bestückt sind, beträgt $A_K=4.2\text{m}^2$, dazu ist in Abbildung 6 dargestellt wie die Kollektoren im Fluidkreis geschaltet sind und in Abbildung 7 ist ein Foto des Kollektorfeldes. Das Fluidvolumen der Kollektoren beträgt je $V_K=1.2\text{l}$, die Kupfer-Rohrleitungen zum und vom Kollektorfeld haben total eine Länge von $L=18\text{m}$ bei einem Durchmesser von $D_{RL}=12\text{mm}$. Dies ergibt ein (Fluid) Volumen der Rohrleitungen $V_{RL}=2\text{l}$. Der Heisswasser-Speicher hat ein Volumen von $V_{Sp}=160\text{l}$. Dieser hat einen integrierten Wärmeübertrager mit einer Fläche $A_{hx}=0.75\text{m}^2$ und einem Rohrleitungsvolumen von $V_{hx}=4.9\text{l}$. Um häufige Stagnationszustände zu provozieren wird ein Warmwasserprofil (DHW) mit einem Verbrauch von 140l/Tag an den beiden Wochenendtagen definiert. In Abbildung 8 ist die prozentuale Verteilung pro Stunde über einen Tag dargestellt. Der Solarregler hat als Führungsgrösse die Differenz zwischen Kollektor- und Speichertemperatur ($\Delta T=T_K-T_{Sp}$).

Die Anlage wird in Kürze in Betrieb genommen und soll 2 Jahre im Betrieb bleiben. Während dieser Betriebszeit werden die Daten der Messfühler erfasst sowie in regelmässigen Abständen Fluidproben gezogen. Deren pH-Wert wird jeweils bei Raumtemperatur T_{RT} gemessen.

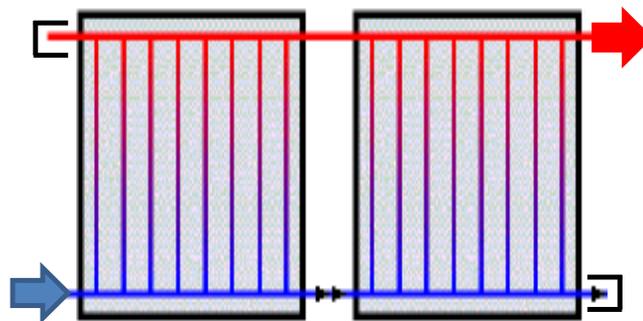


Abbildung 6: Kollektoren mit Harfen-Absorberr aus Aluminium. Wärmeträger-Fluid Eintritt in das Kollektorfeld unten links und Austritt oben rechts. Das Material der Rohrleitungen für Vorlauf und Rücklauf zum Speicher besteht aus Kupfer. Mit dem aus Baustahl gefertigten Wärmeübertrager im Speicher entsteht eine (Material-) Mischinstallation in welcher Aluminium zur Opferanode wird.



Abbildung 7: Foto der Kollektoren mit Harfen-Absorberr aus Aluminium. Links und rechts oben sind die Sensoren für die Messung (Pyranometer) der Solarstrahlung zu sehen.

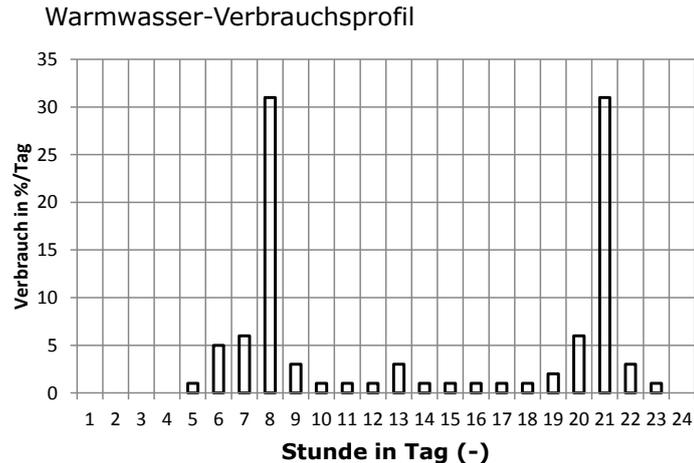


Abbildung 8: Definiertes Verbrauchsprofil in % des Tagesverbrauchs je Stunde für Warmwasser. Im Test wird ein Verbrauch von 140l pro Tag (4 Personen & 35l pro Person) angenommen.

Vergleich der Messmethoden für Solarspeicher (Zusammenfassung der Arbeiten 2014 – Teilprojekt noch nicht abgeschlossen)

Ziel dieses Projektes ist, als Kompetenzstelle eine klare Aussage zu den Unterschieden der Wärmeverlustrate von Warmwasserspeichern aus den verschiedenen Messmethoden zu ermöglichen. Dazu sollten die Wärmeverlustraten zweier Speicher nach verschiedenen Prüfmethoden ermittelt – und die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Diese Information ist wichtig einerseits für die Hersteller, um keinen Wettbewerbsnachteil zu haben (es können die Ergebnisse verschiedener Messmethoden verwendet werden), andererseits aber auch für öffentliche Stellen, zur besseren Einordnung der Klassierungen der Energy Labels.



Abbildung 9: SBS 801 W installiert auf dem Prüfstand

Als Proband für die ersten Messungen wurde der solare Kombispeicher SBS 801 W der Firma Stiebel Eltron AG (Herrn Oliver Joss) auf dem Speicherprüfstand des SPF montiert. Dieser wurde auch im Projekt StorEx (BFE Vertrag Nr. SI/500935-01) verwendet (Abbildung 9). Als erstes Prüfverfahren wurde EN12977 ausgewählt. Diese Norm ist relevant für die Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen. Das Ziel der in EN12977 be-

schriebenen Prüfungen ist es, Speicher-Kennwerte zu ermitteln, die zur detaillierten Beschreibung des thermischen Verhaltens des Warmwasserspeichers benötigt werden:

- Parameter des Wasserraumes:

1. Höhe
2. effektives Volumen bzw. effektive Wärmekapazität
3. Höhe der Anschlüsse für den Einlass und Auslass
4. Wärmeverlustrate des gesamten Speichers bzw. Boden/Deckel/Mantel
5. Ein Kennwert, der den Abbau der thermischen Schichtung während des Stand-by beschreibt
6. Ein Kennwert, der die Beschaffenheit der thermischen Schichtung während der direkten Entladung beschreibt

- Parameter der Wärmeübertrager:

1. Höhe der Anschlüsse für den Ein- und Auslass
2. Volumen
3. Wärmeübertragungsvermögen als Funktion der Temperatur und des Massendurchflusses
4. Informationen über die Fähigkeit zur geschichteten Beladung
5. Wärmeverlustrate vom Wärmeübertrager zur Umgebung

Die Wärmeverlustrate gibt den vom Speicher an die Umgebung übertragenen Wärmestrom, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen Speichermedium und Umgebung an. Zur Ermittlung der Wärmeverlustrate wird die Prüfsequenz L benötigt. Diese Prüfung besteht aus vier Phasen (siehe Abbildung 10):

1. **Konditionierung:**
In dieser Phase wird der Speicher auf eine homogene Temperatur von 20 °C konditioniert (durchströmt mit Wasser von 20 °C bis ein stationärer Zustand erreicht ist).
2. **Beladung:**
Es wird so lange eine Leistung in den Speicher eingebracht, bis die Austrittstemperatur des Beladekreises 60 °C beträgt. Der Durchsatz während dieser Beladung entspricht dem halben Nennvolumen des Speichers pro Stunde. Als Leistung wird die Nennleistung aus den Herstellerangaben des Speichers verwendet.
3. **Stand-by:**
Der Speicher bleibt 48 h im stand-by.
4. **Entladung:**
In dieser Phase wird der Speicher wieder auf eine homogene Temperatur von 20 °C konditioniert indem er mit 20-gradigem Wasser durchströmt wird (analog zu Phase 1).

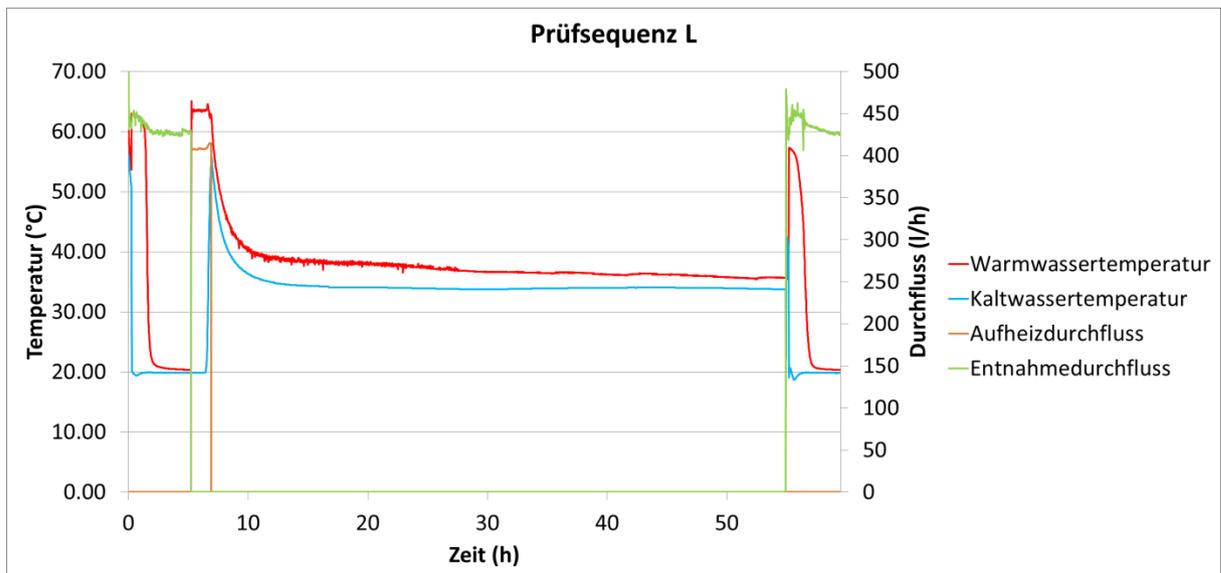


Abbildung 10: Gemessene Temperaturverlauf und Volumenströme während der Prüfsequenz L.

Ausser Prüfsequenz L wurden auch die Prüfsequenzen C, NA und NB durchgeführt. Als nächster Schritt wird die Parameterermittlung durchgeführt.

Der Fortschritt im Projekt ist gegenüber dem Projektplan in Verzug. Der Teststand im Sommer 2014 weitestgehend für ein anderes Projekt besetzt, welches für Winterbetrieb nicht geeignet ist. Deshalb wurden die Speicherprüfungen auf den Winter verschoben. Die ersten Speicherprüfungen konnten erst im November 2014 gestartet werden. Die Prüfungen an dem ersten Prüfling werden in dem ersten Quartal abgeschlossen und der Prüfvorgang wird mit den weiteren Prüflingen fortgesetzt.

(Inter)Nationale Dissemination und Vernetzung

Ergänzend zum applied research ist für die nicht zwingend projektgebundene Kontinuität der nationalen und internationalen Vernetzung die F&E-bezogene Mitarbeit des SPF in verschiedenen Gremien und working groups sowie die aktive Mitgliedschaft in Verbänden nötig. Hier werden insbesondere die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Bereich applied research regelmässig zielführend eingebracht und verbreitet. Einige der zentralen Aktivitäten in diesem Bereich werden im Folgenden aufgeführt.

Otti-Symposium-Beiratschaften des SPF (Thermische Solarenergie, Aktiv-Solarhaus, Solartechnik in der Entwicklungszusammenarbeit)

Das Ostbayerische Technologie-Transfer-Institut (OTTI) veranstaltet seit 1986 Tagungen und Seminare im Bereich der Erneuerbaren Energien. In diesem Themenbereich ist OTTI zu einem der bekanntesten Konferenzveranstalter im deutschen Sprachraum und darüber hinaus geworden.

Dabei ist insbesondere das jährlich stattfindende „Symposium Thermische Solarenergie“ zu nennen, welches zweifellos zu den bedeutendsten Veranstaltungen zum Thema Solarthermie im deutschen Sprachraum zu zählen ist. Mit Prof. Matthias Rommel und Stefan Brunold ist das SPF gleich mit zwei Personen prominent im fachlichen Beirat vertreten. Zu den Tätigkeiten als Beirat (neben den Planungstreffen) gehören z.B. Sitzungsleitungen und Bewertungen von Beiträgen und Postern während der Veranstaltungen, die Auswahl von eingeladenen Referenten sowie die Beurteilung eingereicherter Beiträge und deren Zuordnung zu einer Präsentationsart (Vortrag, Poster) im Vorfeld des Symposiums. Dadurch kann das SPF massgeblich an dieser wichtigen Veranstaltung mitgestalten. Insbesondere sei zu erwähnen, dass das 25. Jubiläumssymposium, welches sich aktuell in der Vorbereitungsphase befindet, fachlich von Prof. Matthias Rommel geleitet werden wird.

Ebenfalls mit zwei Personen ist das SPF auch im Fachbeirat der OTTI Konferenz „Solar Energy Technology in Development Cooperation“ vertreten. Neben Prof. Matthias Rommel ist noch Dr. Elimar Frank an der Gestaltung dieser Veranstaltung beteiligt, welche dieses Jahr am 6. & 7. November zum ersten Mal ausgetragen wurde. Im OTTI Symposium „Aktiv Solarhaus“ stellt das SPF mit Dr. Elimar Frank ebenfalls einen Fachbeirat.

SPF-Industrietag

Wie bereits in den Jahren zuvor wurde auch zwischen 2012 und 2014 der jährliche SPF-Industrietag jeweils im März durchgeführt. Das zentrale Anliegen des Industrietages ist, die Branche über die aktuellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten am SPF zu informieren. Dabei stehen die vom SPF bearbeiteten BFE Projekte naturgemäss im Mittelpunkt. Zur Eröffnung wird aber auch regelmässig BFE Vertretern die Möglichkeit gegeben, zum Beispiel über aktuelle politische Entwicklungen und Rahmenbedingungen zu referieren. Zudem werden auch SPF Industriekunden eingeladen, um gemeinsame Projekte vorzustellen.

Mit Themen wie „Forschung und Entwicklung für erneuerbare Energiesysteme“ (2014), „Solarthermie: Vom Eisspeicher bis zur Prozesswärme“ (2013) oder „Kombination von Solarthermie mit anderen regenerativen Energietechniken“ (2012) konnten jedes Jahr gut 150 Teilnehmer motiviert werden, unsere Veranstaltung in der Aula der HSR zu besuchen.

In Ergänzung zu den Vorträgen haben die Teilnehmer die Möglichkeit auf einer Technical-Tour Einblick in die Forschungs- und Prüfeinrichtungen des SPF zu erhalten. Das soziale Begleitprogramm (Lunch, Kaffeepausen, Apéro) wird von den anwesenden Herstellern, Planern und Solarthermie-Experten rege genutzt, um gemeinsam über neue Entwicklungen und Trends aus der Branche zu diskutieren, Kontakte zu knüpfen und zu vertiefen.

Mitarbeit im BRENET

Durch die Mitarbeit im BRENET entstehen vielfältige interdisziplinäre Kontakte zu anderen Forschungsinstitutionen und zur Industrie. Für die Aktivitäten zum Thema Wärmepumpe und Solarthermie (IEA SHC und IEA HPP) wird die Koordination der Schweizer Institute und BRENET Mitglieder vom SPF übernommen.

Prof. Matthias Rommel arbeitet seit Herbst 2009 aktiv im Beirat des Status-Symposiums mit. 2012 und 2014 wurde jeweils ein BRENET-Statusseminar durchgeführt.

Aktivitäten ISES und Reviewing-Tätigkeiten

Seit Februar 2009 ist Dr. Elimar Frank National Liaison Officer von ISES (International Solar Energy Society) und Mitglied des Governing Board von ISES Europe. Im Oktober 2010 wurde Elimar Frank darüber hinaus als Repräsentant der Schweizer ISES-Sektion zum Mitglied des ISES International Board of Directors ernannt. Mitte 2011 wurde er Vice President von ISES Europe und ist seit Mitte 2013 Präsident von ISES Europe (bis Mitte 2015). Im November 2013 wurde er in das fünfköpfige Executive Committee von ISES International gewählt.

Zu den Hauptaufgaben gehörte die wissenschaftliche Leitung und Ko-Organisation der „10th International Conference on Solar Energy and Buildings“ (ISES EuroSun 2014) die im September 2014 in Aix-les-Bains (Frankreich) stattgefunden hat

Zudem konnten am SPF verschiedene review-Tätigkeiten, z.B. für die renommierten Zeitschriften „Solar Energy“, „Journal of Renewable and Sustainable Energy“ und „Renewable Energy Reviews“, angenommen und ausgeführt werden sowie für den ISES Solar World Congress in Cancun/Mexico 2013 sowie für die Eurosun Konferenzen 2012 und 2014.

Vortragstätigkeiten von allgemeiner Bedeutung

Das SPF stellt regelmässig Referenten für verschiedene öffentliche Veranstaltungen in der Schweiz, die z.B. von Kommunen, Vereinen, politischen Gruppierungen und Interessensverbänden durchgeführt werden.