



SPF FORSCHUNGSAUFGABEN

D: INFORMATIK

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	H. Marty, P. Gantenbein, E. Frank, A. Luzzi
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF
Adresse	Hochschule für Technik HSR, Oberseestr. 10, 8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 55 222 48 21, info@solarenergy.ch , www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrags-Nr.	43729 / 153160
BFE-Projektleiter	Jean-Christophe Hadorn
Dauer des Projekts (von – bis)	1.1.2008 – 31.12.2008
Datum	08.12.2008

ZUSAMMENFASSUNG

Soft- & Hardware Support wurde im Berichtsjahr neuerdings gemeinsam vom SPF und der HSR aus geregelt und ausgeführt. Die neue Dateistruktur, passend auf die aktuelle SPF Institutsstruktur, wurde eingeführt. Ebenfalls angepasst wurde der neue Webauftritt, der intensiv überarbeitet wurde. Die Arbeiten an der Typo3 Installation und die Struktur konnten abgeschlossen werden. Auch das Design ist weitgehend abgeschlossen.

Zur Validierung von Polysun4 wurden Messdaten verwendet, die an der HSR-Pilotanlage zum solarthermischen Kühlen aufgenommen wurden. Die Mess- und Simulationsdaten werden in einem Excel-File ausgewertet und einander gegenübergestellt. Eine erste Analyse zeigt eine qualitative Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Daten.

Die Erweiterung für das Nachführen von Kollektoren wurde im Berichtsjahr in Polysun4 implementiert.

Die Arbeiten an der Umsetzung und Implementierung eines besseren Brennermodells für Gas- und Ölbrenner wurden fortgesetzt und stehen kurz vor dem Abschluss. Neu wurde 2008 die Abbildung des Brennwerteffektes im Modell ergänzt, die aus umfangreichen Test-Messungen an Brennwertgeräten abgeleitet wurde.

Die neue und vollständig überarbeitete SPF INFO-CD 2008 wurde in diesem Jahr fertiggestellt. Die Bruttowärmeertragsrechnung der neuen Info-CD wurde von der Programmiersprache Delphi nach Java übersetzt und es wurde eine Schnittstelle implementiert, welche die Anbindung an den Polysun 4 Quellcode erleichtert.

Am 30. Mai 2008 wurde am SPF ein Industrietag mit dem thematischen Schwerpunkt „Heat storage“ durchgeführt.

Projektziele

D-1: SUPPORT, INTRANET, INTERNET

- Allgemeiner Hard- & Software Support der PC Arbeitsplätze
- Support der zahlreichen Labor- und Prüfstandrechner
- Einführen des neuen SPF Filers
- Bestandsaufnahme und Bereinigung des PC Inventars
- Aktualisierung der aktuellen SPF-Webseite
- Umsetzung des neuen SPF Webauftrittes in Typo3

D-2: WEITERENTWICKLUNGEN VON POLYSUN 4 MODULEN, VALIDIERUNG

- Abbilden von realen System
- Validierung Polysun mittels Messdaten
- Nachführung von Kollektoren
- Wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Vela Solaris

D-3: INFO-CD UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

- Abschluss der Arbeiten zur Neuauflage der SPF-Info-CD in einer Architektur, welche ein Update für zukünftige Ausgaben vereinfachen soll
- Planung, Organisation und Durchführung eines Industrietags am SPF

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

D-1: SUPPORT, INTRANET, INTERNET

Support

Soft- & Hardware Support wurde im Berichtsjahr neuerdings gemeinsam vom SPF und der HSR aus geregelt und ausgeführt. Das Ticketsystem für Supportanfragen von der HSR ist eingeführt und SPF Mitarbeiter können und nehmen bei Bedarf vom Ticketsystem Gebrauch.

Die neue Dateistruktur, passend auf die aktuelle SPF Institutsstruktur, wurde eingeführt. Aktuelle und neue Projekte werden auf diesem Speicherplatz und mit einheitlichem Schema abgelegt.

Internet

Die SPF-Internet-Präsenz wurde auch 2008 inhaltlich an die Hauptveränderungen angepasst sowie in Sachen Funktionalität betreut (vgl. Abb. 1).

Am neuen Webauftritt wurde intensiv gearbeitet. Die Arbeiten an der Typo3 Installation und die Struktur konnten abgeschlossen werden. Auch das Design ist weitgehend abgeschlossen (vgl. Abb. 1). Wie der Inhalt zu integrieren ist, lernten ausgewählte SPF-Mitarbeiter in einer Schulung. Das Umschreiben der Webdienste wie das Abrufen der Testberichte (Kollektoren, Systeme, Gläser), und das Verifizieren der Prüfberichte erwies sich als arbeitsintensiver als angenommen, ist jedoch in Arbeit und zur Hälfte erledigt. Der Shop im neuen Webauftritt ist in Planung.



Abbildung 1: Vorläufiger Ausschnitt aus dem neuen Typo3 Webauftritt des SPF. Das neue Design ist strukturierter, entspricht der Reorganisation der SPF-Struktur und wie bisher wieder mehrsprachig umgesetzt werden. Eingebunden sind features wie der Webshop und die i-reports.

D-2: WEITERENTWICKLUNGEN VON POLYSUN 4 MODULEN, VALIDIERUNG

Validierung der Polysun4 Software

Zur Validierung von Polysun4 wurden Messdaten verwendet, die an der HSR-Pilotanlage zum solarthermischen Kühlen aufgenommen wurden (vgl. Jahresbericht SPF Forschung 2008, Teil B [1]). Die Pilotanlage wurde mit einem Flachkollektorfeld (30 m^2) und einem Solarspeicher (Warmwasserspeicher 970 Liter mit zwei Wärmeübertragern mit je $A=7.6 \text{ m}^2$) betrieben. Die erfassten Messdaten des Systems werden zum Vergleich von Simulationsdaten aus Polysun4 genutzt. Ziel der Arbeiten ist die Simulationsgenauigkeit von Polysun4 zu quantifizieren.

Für den Vergleich von Mess- und Simulationsdaten muss die Solaranlage so exakt wie möglich in Polysun4 abgebildet werden. Das Kollektorfeld, der Speicher und die kollektorseitige Hydraulik wurde im Detail abgebildet. Die Absorptionskühlmaschine wird auf eine Wärmesenke reduziert. Diese Wärmesenke wird mit Sollwerten für die Vorlauftemperatur, den Fluiddurchfluss sowie der Wärmeenergieabgabe definiert.

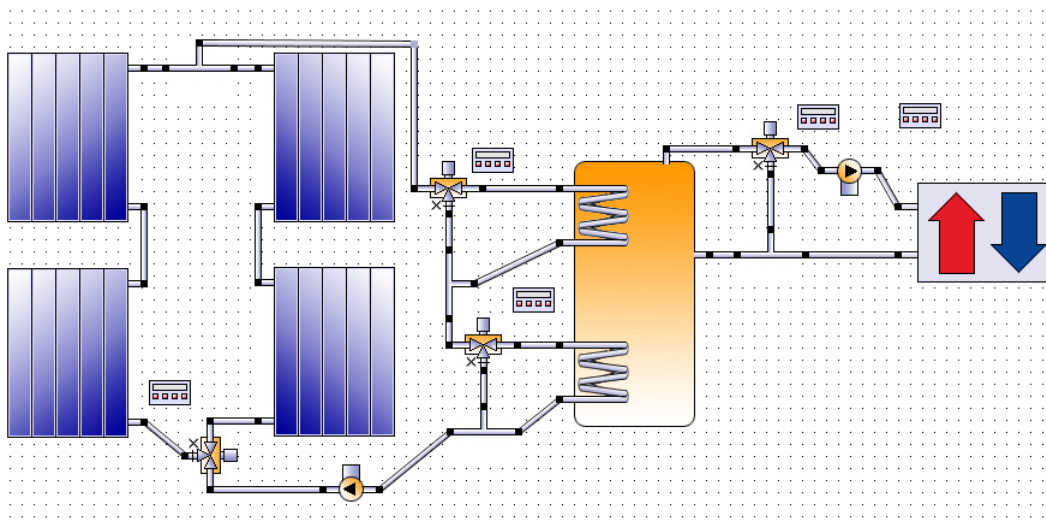


Abbildung 2: Grafische Oberfläche der Solaranlage mit Kollektorfeld, Speicher und Solarpumpstation. Die Absorptionskältemaschine wird als Wärmesenke mit definierten Vorlauftemperatur, Fluiddurchfluss und Wärmeenergiebedarf nachgebildet.

In Polysun4 werden zur Anlagensimulation die Wetterdaten für ein Jahr aus [Meteotest METEONORM Version 6.0, 2007] auf Stundenbasis genutzt. Diese Wetterdaten sind nach speziellen statistischen Verfahren aus mehreren Jahren für ein Jahr generiert worden. Um nun örtlich lokal eine Validierung – Vergleich Messdaten Simulationsdaten - der Anlagensimulation machen zu können, müssen die zeitlich entsprechenden Wetterdaten verwendet werden. Dazu wurde die Möglichkeit geschaffen, gemessene Wetterdaten aus einer Textdatei in PS4 einzulesen. Die Meteodatei besteht aus einer Liste der folgenden Parameter:

Nummer des Tages im Jahr	#	[-]
Stunde im Jahr	h	[-]
Globalstrahlung horizontal	G_{horiz}	$[\text{W}/\text{m}^2]$
Diffusstrahlung horizontal	G_{dhoriz}	$[\text{W}/\text{m}^2]$
Aussentemperatur	T_{amb}	$[\text{°C}]$
Himmelstemperatur	T_{sky}	$[\text{°C}]$
Windstärke	v	$[\text{m}/\text{s}]$
Relative Luftfeuchte	rF	$[\%]$

Optional kann auch noch die globale Direktstrahlung G_{Pyrh} $[\text{W}/\text{m}^2]$ definiert bzw. eingelesen werden. Dies ist zur Simulation von der Sonne nachgeführten Kollektorsystemen notwendig.



Abbildung 3: Grafische Oberfläche in Polysun4 zum Einlesen von Wetterdaten aus einer vorbereiteten Textdatei (rot umrahmt).

Alle simulierten Größen werden in Polysun4 bereits als gemittelte Stundenwerte zur Analyse bereitgestellt. Für den Vergleich von Messdaten und Simulationsergebnissen macht es Sinn aus der Simulation zeitlich kürzer aufgelöste Werte zu haben. Zu diesem Zweck werden die Parameter wie z.B. – Kollektormittentemperatur T_m , Durchfluss im Kollektorkreis dVK/dt und im Lastkreis dVL/dt , Temperaturen $T_{i,sp}$ von Schichten im Speicher - in jedem Zeitschritt dt „online“ in ein Textfile geschrieben. Der kürzeste mögliche Zeitabstand in dieser Loggingdatei ist $dt=1s$. Diese Simulationsdaten dienen als Basis zum Vergleich mit den am realen System gemessenen Daten.

Die Mess- und Simulationsdaten werden in einem Excel-File ausgewertet und einander gegenübergestellt. Dazu werden in einem ersten Schritt die Daten auf eine gemeinsame X-Achse aufgetragen und qualitativ verglichen sowie in einem zweiten Schritt eine Standardabweichung bestimmt.

Eine erste Analyse zeigt eine qualitative Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Daten. Eine quantitative Validierung von berechneten Daten wurde für Solaranlagen installiert bei Einfamilienhäusern bereits mit der Vorgängerversion Polysun3.3 gemacht.

Nachführen von Kollektoren

Die Erweiterung für das Nachführen von Kollektoren wurde im Berichtsjahr in Polysun4 implementiert. Nachgeführt werden kann um die vertikale und die horizontale Achse in allen drei möglichen Kombinationen. Vorerst vor allem für das SPF interessant, beispielsweise für die Simulation von konzentrierenden Prozesswärmesystemen, ist die Nachführung der horizontalen Achse.



Abbildung 4: Achsen um welche der Kollektor der Sonne nachgeführt werden kann.

In diesem Zusammenhang wurden die Ausgabe der Resultate von Kollektoren um die Grössen *Dif-fusstrahlung* und *Direktstrahlung* auf den Kollektor, erweitert.

Verschiedene Entwicklungen

Basierend auf der Polysun4 Software oder dem Polysun4 Quellcode wurden am SPF einige Arbeiten durchgeführt, die anhand von Semester und Bachelorarbeiten unterstützt wurden.

Mit Polysun4 wurde ein Heizsystem von Hexis simuliert, dass eine Brennstoffzelle, Gas und Solar kombiniert. Die Arbeit (Kombination von Brennstoffzellenheizgerät und Solarwärmanlage, Daniel Busslinger, 2008) bestätigt, dass eine Brennstoffzellenheizung durchaus sinnvoll mit einem Solarsystem kombiniert werden kann.

Eine weitere Arbeit (Mobile Fernwärme und Solartechnik für zwei Grossverbraucher, Mark Green, 2008) beinhaltet die Analyse eines Heizsystems zweier Grossverbraucher mit Polysun4 sowie deren Potenzialanalyse bei Integration eines Solarsystems.

Unter anderem mit Hilfe des Polysun4 Quellcodes wurde ein Matlab Programm erstellt, welches die direkte Solarspeisung von hydraulischen Pumpen simulieren kann und über die Dimensionierung von Pumpen und PV-Panel in einem System Auskunft gibt. (Direkte Solarspeisung von Hydraulikpumpen, Marcel Knöpfel und Philipp Meyer, 2007).

Zur Leistungssimulation und wirtschaftlichen Bewertung von Photovoltaik-Anlagen wurde ein Java Programm erstellt. Wählbar sind Parameter des Wetters, PV-Moduls, Wechselrichters und Leitungsnetzes. Anhand dieses Inputs resultiert ein kompakter informativer Report. (Java Programm zur Leistungssimulation und wirtschaftlichen Bewertung von Photovoltaik Anlagen, Beat Steiner, 2008).

Die Arbeiten an der Umsetzung und Implementierung eines besseren Brennermodells für Gas- und Ölbrenner wurden fortgesetzt und stehen kurz vor dem Abschluss. Das Modell erzielt eine erhöhte Genauigkeit bei der computergestützten Ertragsrechnung von Heizsystemen. Gegenüber gängigen Modellen erlaubt das neue Brennermodell unter anderem, Effekte des Teillastbetriebs, den Elektrizitätsverbrauch und die Kondensationsgewinne in Abhängigkeit von der Rücklauftemperatur zu quantifizieren. Neu wurde 2008 die Abbildung des Brennwerteffektes im Modell ergänzt, die aus umfangreichen Test-Messungen an Brennwertgeräten abgeleitet wurde und in Form unterschiedlicher Modellgleichungen mit variierendem Detaillierungsgrad zunächst in TRNSYS abgebildet wurden. Die Polysun-Variante des Modells soll nun ermöglichen, Parameter aus standardisierten Kesselmessungen in das Modell einsetzen zu können.

D-3: INFO-CD UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die INFO-CD 2008 wurde in diesem Jahr fertiggestellt und wird nun über den Webshop verkauft. Das SPF hatte sich 2007 für die dringend notwendige Überarbeitung der SPF-Info-CD entschieden eine neue, zukunftsgerichtete Technologie einzuführen und die dazugehörige CD Architektur von Grund auf neu zu gestalten und zu programmieren. Die Programmierungsumsetzung auf der Basis Java und MySQL wurde in Zusammenarbeit mit der Vela Solaris AG durchgeführt. Die Bedieneroberfläche der neuen Info-CD wurde bereits im Vorjahr überarbeitet. Sie ist nun übersichtlicher und entspricht den

Anforderungen an moderne Software. Um einen einfachen und sicheren Datentransfer von SPF's unter Labview betriebener Kollektordatenbank zu gewährleisten, stützte man sich mehrheitlich auf die interne Topologie der bestehenden Datenbank. Deren Stammdatenerfassung wurde Anfang 2008 beendet.

Die Bruttowärmeertragsrechnung der neuen Info-CD wurde von der Programmiersprache Delphi nach Java übersetzt. Des weitem wurde eine Schnittstelle implementiert, welche die Anbindung an den Polysun 4 Quellcode erleichtert. So können bereits implementierte Komponenten wie das Kollektor-, Standort- und Horizontmodell aus Polysun 4 integriert werden. Die Integration der neuen Bruttowärmeertragsrechnung in die Info-CD erfolgte Anfang 2008 (vgl. Abb. 5).

The screenshot shows the 'SPF Kollektorkatalog' application. The top menu bar includes 'Datei', 'Sprache', and 'Hilfe'. Below it is a table of solar collectors with columns: SPF-Nr, Modell, Typ, and Hersteller. The table lists various models from Wikosun and AOSP, with '918 HVK Seido 1' highlighted. To the right is a 'Solar Collector Factsheet' image of a house with solar panels. Below the table is a 'Filter' input field. The bottom section contains tabs for 'Vertrieb', 'Technische Angaben', 'Montage', 'Betrieb', 'Aufbau', 'Leistungskennzahlen', and 'Ertragszahlen'. The 'Ertragszahlen' tab is active, showing a 'Standort' section with dropdowns for 'Region' (Westeuropa), 'Land' (Schweiz), and 'Ortschaft' (Rapperswil (SG)). Below this are buttons for 'Wärmeertrag' and 'Sonnenbahn'. The 'Kollektorausrichtung' section shows 'Kollektor: 918 - ensaco HVK Seido 1' and 'Orientierung: 0°'. The 'Einstrahlung in die Kollektorebene' section displays a table of monthly and annual global radiation. The 'Kollektorertrag bei fester mittlerer Kollektortemperatur' section displays a table of monthly and annual collector yield for different temperatures.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Globalstrahlung	51	72	113	130	142	138	153	147	119	86	54	44	1249	kWh/m ²

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
BWE Tm=10°C	24	36	58	68	77	76	84	82	64	45	27	21	662	kWh/m ²
BWE Tm=20°C	22	33	55	65	72	71	80	77	61	42	24	19	621	kWh/m ²
BWE Tm=30°C	20	31	51	61	68	67	75	73	57	39	22	17	581	kWh/m ²
BWE Tm=40°C	18	28	48	57	64	62	71	69	54	36	20	16	544	kWh/m ²
BWE Tm=50°C	17	26	44	53	59	58	67	65	50	34	19	15	508	kWh/m ²
BWE Tm=60°C	15	24	41	50	55	54	63	61	47	31	17	14	473	kWh/m ²
BWE Tm=80°C	12	20	35	43	48	46	54	54	41	26	15	11	404	kWh/m ²

Abbildung 5: Screenshot der neuen Bruttowärmeertragsrechnung auf der SPF Info-CD 2008.

Die Nachfrage wurde nicht unterschätzt, die CD wird über den Webshop im Durchschnitt 5mal pro Woche gekauft. Hinzu kommen Verkäufe an Messen oder bei Veranstaltungen. Die Rückmeldungen sind durchwegs positiv und die Kunden sind erfreut, eine umfangreiche thermische Sonnenkollektorsammlung zu haben. Die enthaltenen Infos sind einzigartig und umfangreich. Kunden fragen nicht nach mehr Infos sondern eher nach besseren Vergleichsmöglichkeiten, um den für sie geeignetsten Kollektor zu finden.

Am 30. Mai 2008 wurde am SPF ein Industrietag mit dem thematischen Schwerpunkt „Heat storage“ durchgeführt. Hierzu kamen über 80 Teilnehmer aus der ganzen Schweiz und aus dem angrenzenden Ausland. Die Reaktion kann, aufgrund der anschliessend durchgeführten Umfrage, als durchweg positiv beurteilt werden. Die grosse Mehrheit plädierte für eine Fortsetzung auf jährlicher Basis.

Die Industrietage am SPF bieten die Möglichkeit für Hersteller, Planer und weitere Solarthermie-Experten, gemeinsam über neue Entwicklungen und Trends aus der Branche zu diskutieren, Kontakte zu knüpfen und zu vertiefen. Der schweizerische Fachverband für Sonnenenergie (Swissolar) stellte den neuen Zertifikatskurs Solarthermie vor. Bei den Vorträgen am Nachmittag gaben Experten Einblicke über den Stand aktueller Forschungsthemen im Bereich der Wärmespeicherung. Dabei wurden neben Wasserspeichern auch Phasenwechselmaterialien und thermochemische Speicher in den Blick genommen. In den Pausen und bei der Führung durch das Institut für Solartechnik sowie beim Networking am Schluss der Veranstaltung fanden intensive Diskussionen statt.

Nationale Zusammenarbeit

Die Entwicklung des Brennermodells für Polysun 4 wird vom Förderverein der Erdölvereinigung (FEV) und dem Forschungsfonds der schweizerischen Gaswirtschaft (FOGA) mitfinanziert.

Im Bereich Polysun 4 besteht eine enge Zusammenarbeit mit der Vela Solaris AG.

Die nationale Zusammenarbeit mit Herstellern und Institutionen konnte insbesondere durch den Industrietag weitergeführt und intensiviert werden.

Internationale Zusammenarbeit

Die Entwicklung des Brennermodells erfolgt in Zusammenarbeit mit der TU Graz.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

D-1: SUPPORT, INTRANET, INTERNET

Die Umstellung auf ein gemeinsames support-Konzept SPF/HSR ist weit fortgeschritten und muss sich nun in der Praxis bewähren. Die neue Dateistruktur hat sich bereits bewährt und wird fortan verwendet. Der neue Web-Auftritt des SPF ist bzgl. Design und technischer Umsetzung erfolgreich umgesetzt und soll nun inhaltlich stark überarbeitet und in Typo3 implementiert werden.

D-2: WEITERENTWICKLUNGEN VON POLYSUN 4 MODULEN, VALIDIERUNG

Parameteroptimierung

Bislang hat sich die Umsetzung einer übersichtlichen und ohne Spezialkenntnisse bzw. die Vorgabe einer unübersichtlichen und schwer zu definierenden Anzahl von Parametern durchzuführenden Parameteroptimierung im Polysun als kaum realisierbar erwiesen. Im Zusammenhang mit der Übertragung der neuen Dimensionierungsmethode auf Standardsysteme (vgl. Jahresbericht SPF Forschung 2008 Teil B [1]) soll nun geprüft werden, inwiefern ergänzend zu den laufenden Aktivitäten hinsichtlich der Umsetzung von Algorithmen zur Parameteroptimierung im Simulationsprogramm Polysun eine Implementierung des neuen Dimensionierungsansatzes (inkl. Vorzugebender Kostenfunktionen, Zielfunktion, Optimierungsalgorithmus) möglich ist.

Brennermodell

Die geplante Erweiterung und Verbesserung des Brennermodells sowie die dafür nötigen Messungen und Validierungen des Modells mittels Messungen an Öl- und Gaskesseln im Kombiteststand konnten erfolgreich durchgeführt werden, wobei jedoch einige unvorhergesehene Wartungsarbeiten anfielen. Die offizielle Integration in Polysun 4 für die Brennstoffe Erdöl und Erdgas ist für März 2009 zu erwarten.

Validierung von Polysun4

Ein Vergleich von berechneten und gemessenen Werten ist nur möglich, wenn das reale System in Polysun4 auch exakt abgebildet ist. Dazu müssen in einer Erweiterung die Werte für Fluid-Durchfluss in den Pumpen und des Energieverbrauchs der Last (Wärmesenke) aus einem Profil in Polysun4 eingelesen werden können.

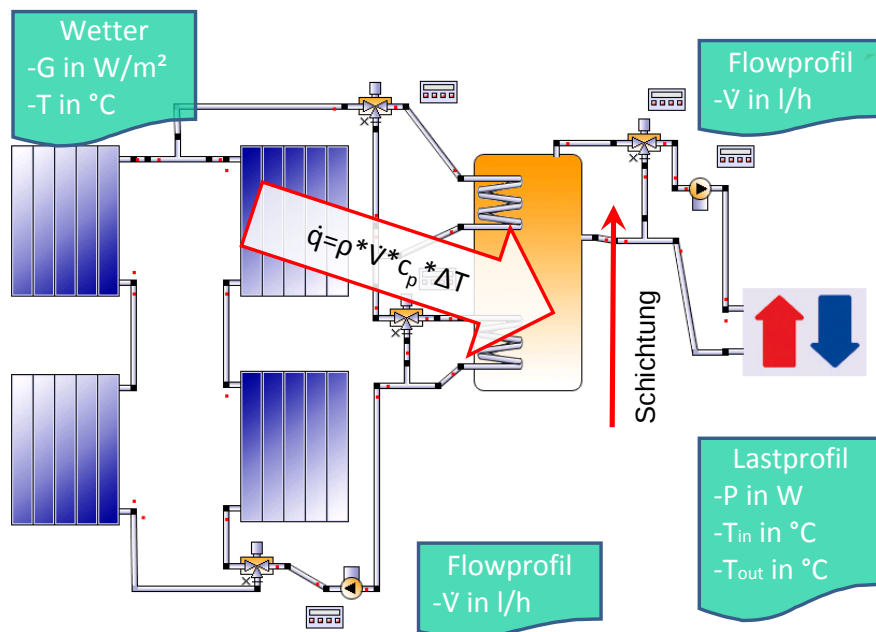


Abbildung 6: Schematische Darstellung der für die Simulation mit Polysun4 einzulesenden Textdateien „Wetter“, „Flowprofil“ (2) und „Lastprofil“.

Sinnvoll wäre ebenfalls in Polysun4 eine neue Steuerungsvariante für Pumpen mit stufenloser Drehzahlregelung zu programmieren. Erst nach diesen Erweiterungen ist es in einem nächsten Schritt sinnvoll, das physikalische Modell des Speichers mit den beiden Wärmeübertragern anzupassen.

Frei-programmierbare Wärmesenke

Mit dieser Komponente können neue Energienutzungsprofile simuliert werden, welche nicht standardmässigen Warmwasser oder Gebäudeheizungsprofilen entsprechen. Die Komponente wurde 2008 gemeinsam mit Vela Solaris beim OTTI Symposium Thermische Solarenergie in Bad Staffelstein vorgestellt [2] und hat sich seitdem in einer Vielzahl von Einsätzen (Simulation von Kühlung, Prozesswärme, Nahwärme) bewährt. Sie ist Teil der geplanten Erweiterung von Polysun4 hinsichtlich neuer Einsatzgebiete.

D-3: INFO-CD UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die 2008 neu herausgegebene Info-CD ist bislang stark nachgefragt und die Rückmeldungen sind sehr positiv. Jedoch wird teils zusätzliches Material des SPF (Veröffentlichungen, Präsentationen etc.) vermisst, was in den Aktualisierungen nun hinzugefügt werden soll. Eine Neuauflage der Info-CD ist voraussichtlich wieder für 2010 geplant. Hier könnten entsprechend einer Reihe von Kundenwünschen die Vergleichsmöglichkeiten für die Kollektoren (ggf. durch ein zusätzliches Tool) erweitert und vereinfacht werden. In der Zwischenzeit wird die Datenbasis der Info-CD jedoch weiter gepflegt und aktualisiert.

Für 2009 sollte aufgrund der positiven Rückmeldung und insbesondere auch aufgrund des Wunsches der Fachkommission Solarwärme des Schweizerischen Solarverbandes (Swissolar) wieder ein Industrietag vom SPF geplant und durchgeführt werden.

Referenzen

- [1] E. Frank et al.: **SPF Jahresbericht SPF Forschung 2008 Abschnitt B**, Institut für Solartechnik SPF, 2008.
- [2] Geissshüsler, S., Witzig, A., Marty, H., Konersmann, L., Laipple, S.: **Allgemein programmierbare Wärmequelle/-senke in Polysun 4**, Tagungsband 18. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 2008.