

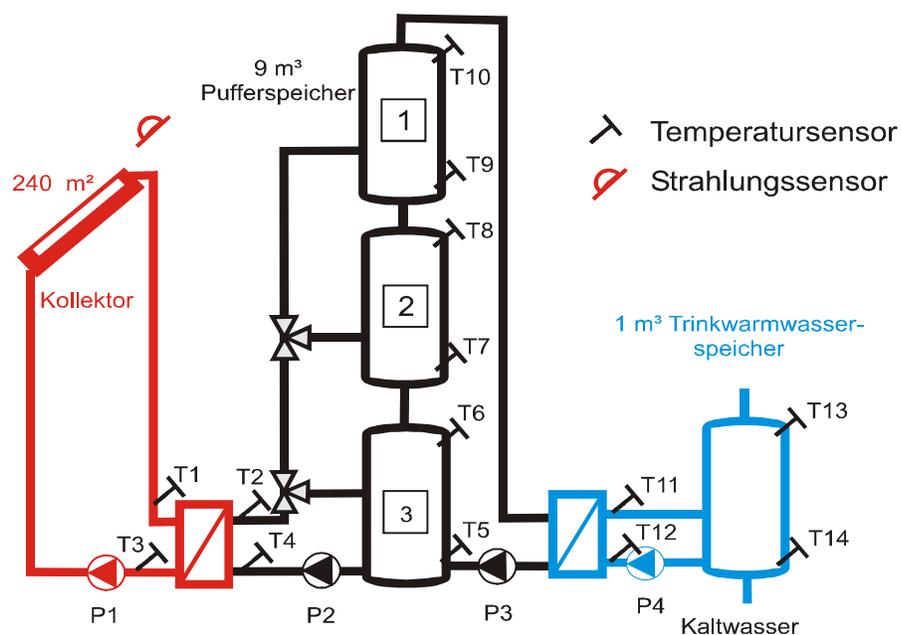


Prof. Dr. Klaus Vajen
Oktober 2003

Erläuterungen zum TRNSYS-Deck einer solarintegrierten Wärmeversorgungsanlage, welche an der orthopädischen Klinik in Frankfurt /Main installiert ist.

Größere solarthermische Anlagen zur TWW-Bereitung werden im wesentlichen nach zwei verschiedenen hydraulischen Schaltplänen erstellt. Die Unterschiede zwischen den beiden Verschaltungen liegen in der Entladung des Pufferspeichers. Beim sog. „Direktdurchlaufprinzip“ wird der Pufferspeicher immer genau dann entladen, wenn auch eine TWW-Zapfung stattfindet. Die korrekte numerische Abbildung der Regel- und Wärmeübertragungsvorgänge ist sehr komplex und schwierig, so dass im Folgenden eine nach dem sog. „Speicherprinzip“ aufgebaute Anlage beschrieben werden soll.

Vereinfachter hydraulischer Schaltplan



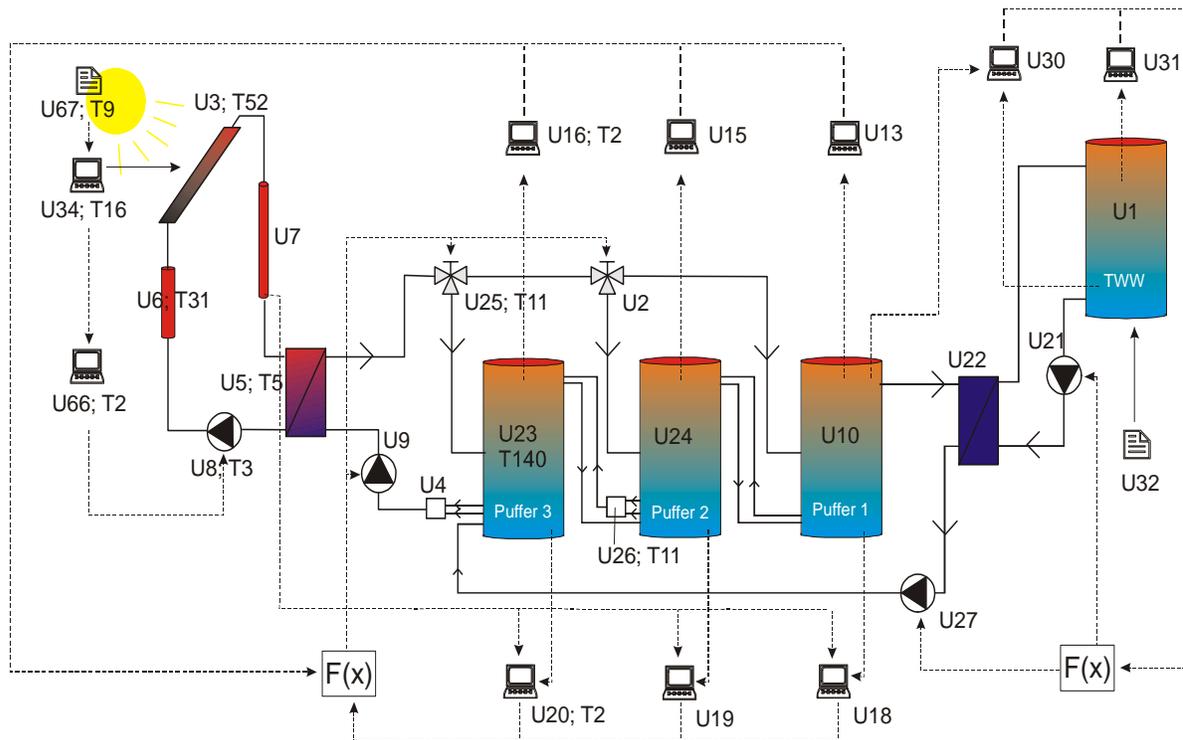
Der Aufbau des Solarsystems kann in drei Fluidsysteme unterteilt werden. Die Trennstelle zwischen den mit unterschiedlichen Farben gekennzeichneten Systemen wird jeweils durch einen Wärmeübertrager (WÜT) gebildet. Der Kollektorkreis (rot) ist mit einem Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch befüllt. Die Schaltung der Solarpumpe (P1) erfolgt einstrahlungsgesteuert (ab 318 W/m^2 Globalstrahlung mit einer Schaltungshysterese von 5 W/m^2).

Der Pufferspeicherteil (schwarz) wird aus drei in Reihe geschalteten Pufferspeichereinheiten gebildet und über einen externen WÜT beladen. Jede Pufferspeichereinheit ist wiederum aus zwei parallel geschalteten Einzelspeichern zusammengesetzt, die in der Grafik aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt sind. Betriebsmittel ist hier Heizungswasser, so dass weder eine mögliche Verkalkung noch hygienische Probleme zu beachten sind. Die Einschaltung der Sekundärpumpe (P2) erfolgt, wenn die solare Vorlauftemperatur (T1) am Solarkreis-Wärmeübertrager 4K über der Temperatur im unteren Teil einer der drei Pufferspeicher (T5, T7, T9) liegt. Die Einschichtung des solar erwärmten Fluids erfolgt über die beiden dargestellten Drei-Wege-Ventile derart, dass zunächst versucht wird Puffer 1 zu beladen. Kann Speicher 1 nicht beladen werden, wird anschließend Pufferspeicher 2 und schließlich Pufferspeicher 3 überprüft. Eine Speicherbeladung ist hierbei nur dann möglich, wenn die Temperatur im oberen Teil des entsprechenden Speichers (T10, T8, T6) die zulässige Maximaltemperatur von 100 °C noch nicht überschritten hat (und damit aus Sicherheitsgründen nicht weiter beladen werden darf) oder wenn die Temperatur des vom WÜT kommenden Fluids niedriger ist als der momentane Ladezustand des Speichers. Ist bei allen Pufferspeichern die Maximaltemperatur erreicht, kann trotz eines eventuellen Energieangebots nicht beladen werden.

Die Entladung der Pufferspeicher in den Trinkwarmwasser-Speicher (TWW) erfolgt, wenn die Temperatur im TWW-Speicher um 7K niedriger als die obere Pufferspeichertemperatur (T10) ist. Allerdings wird bei Erreichen einer Temperatur von 60 °C (T13) aus Sicherheitsgründen die Beladung des TWW-Speichers untergebrochen, da oberhalb von ca. 60 °C neben Problemen mit ausfallendem Kalk für die Verbraucher Verbrühungsgefahr bestehen könnte.

Eine Umsetzung dieses Schaltplans in einen sogenannten TRNSYS-Schaltplan kann folgendermaßen aussehen:

Schaltplan umgesetzt in TRNSYS



Die wichtigsten Solarkomponenten aus dem hydraulischen Schaltplan können hier wieder erkannt werden. Jede der einzelnen Komponenten wurde durch eine TRNSYS-Unit repräsentiert, die mit Uxx bezeichnet sind. In der Simulation werden die Komponenten durch entsprechende numerische Modelle abgebildet, wobei Txx in diesem Zusammenhang den TRNSYS-Type angibt. Die schwarzen durchgehenden Linien stellen Wege eines möglichen Energie- oder Massentransportes (hier über Fluidvolumenströme) dar. Kontroll- und Regelbeziehungen sind gestrichelt abgebildet. Es wird deutlich, dass bei einer Abbildung in TRNSYS viele unabhängige Regler programmiert werden müssen, welche beim realen System häufig in einer (komplexen) Solarregleinheit zusammengefasst sind. Zur Umrechnung von Regler-Eingangsrößen werden in der Simulation typischerweise Equations verwendet.

Die beiden beiliegenden Inputdateien enthalten jeweils Klima- und Verbrauchsdaten für einen Zeitraum von einem Jahr. Um Ungenauigkeiten durch die Initialisierung von Speicherzuständen möglichst klein zu halten, kann bei einem hohen Exaktheitsanspruch für eine Jahressimulation der Dezember noch einmal zusätzlich vor den ersten Monat (Januar) kopiert werden, wobei die Auswertung aber nur für den (Kalender-)Jahreszeitraum vorgenommen wird. Eine Überprüfung von Decks kann über Tages- Monats- oder Jahresenergiebilanzen thermischer Gewinne und Verluste erfolgen. Nachfolgend wird die Einbindung einiger Komponenten kurz erläutert.

Unit 4 und Unit 26 (Type 11): Hierbei handelt es sich um Rohr-T-Stücke. Diese sind an der realen Anlage nicht vorhanden, werden aber zur Abbildung der Anlage in TRNSYS benötigt. Das Speichermodell ist so angelegt, dass zu jedem Zufluss in den Speicher auch ein Abfluss aus dem Speicher belegt werden muss; man spricht dabei von sog. Doubleports. Bei den Unit-Nrn. 2 und 3 werden jeweils drei Zuleitungen benötigt, und somit auch jeweils drei Auslässe. Die reale Systemverschaltung ist bei diesen beiden Speichern allerdings mit je zwei Auslässen aufgebaut. Da die Systemverschaltung in der Simulation aber an die vorgegebenen Doubleports gebunden ist, müssen zwei dieser drei Auslässe mithilfe eines T-Stückes als „Hilfskonstruktion“ wieder zu „einem“ Auslass zusammengeführt werden.

Unit 31 (Type 2): Überladeschutz-Controller für den Trinkwarmwasser-Speicher. Wenn dieser bereits auf 60 °C aufgeladen ist, erfolgt zur Vermeidung von Kalkausfall keine weitere Beladung.

Unit 13, 15, 16 (Type 2): Überladeschutz-Controller für Pufferspeicher. Da es sich hierbei um mit Heizungswasser befüllte Speicher handelt, können dieser bis ca. 100 °C aufgeladen werden.

Unit 18, 19, 20 (Type 2): Controller-Prüfung, ob die Temperatur des Kollektorvorlaufs auch noch nach den Verlusten in der Rohrleitung ausreicht, um einen der Speicher beladen zu können.

Unit 66 (Type 2): Controller für das Einschalten der primären Solarpumpe, die hier nach der Solarstrahlung gesteuert wird, sofern die Speicher nicht vollständig beladen sind.

Unit 67 (Type 9): Data-Reader. Liest Strahlungsdaten ein, die mit dem Programm „Meteonorm“ für den Standort Frankfurt erstellt wurden. Diese sind aufgeteilt nach (horizontaler) Globalstrahlung, (horizontaler) Diffusstrahlung und Umgebungstemperatur. Es handelt sich um Stundenmittelwerte.

Unit 32 (Type 9): Data-Reader. Liest Verbrauchswerte für den Kaltwasservolumenstrom aus einer Datei ein (hier mit Zeitauflösung von 1 min.).

Unit 34 (Type 16): Radiation Processor. Berechnung aller für die Simulation des Kollektorfeldes benötigten Strahlungsdaten aus den von „Unit 32“ eingelesenen Daten, d.h. insbesondere Umrechnung der horizontalen Strahlung in die geneigte Kollektorebene.

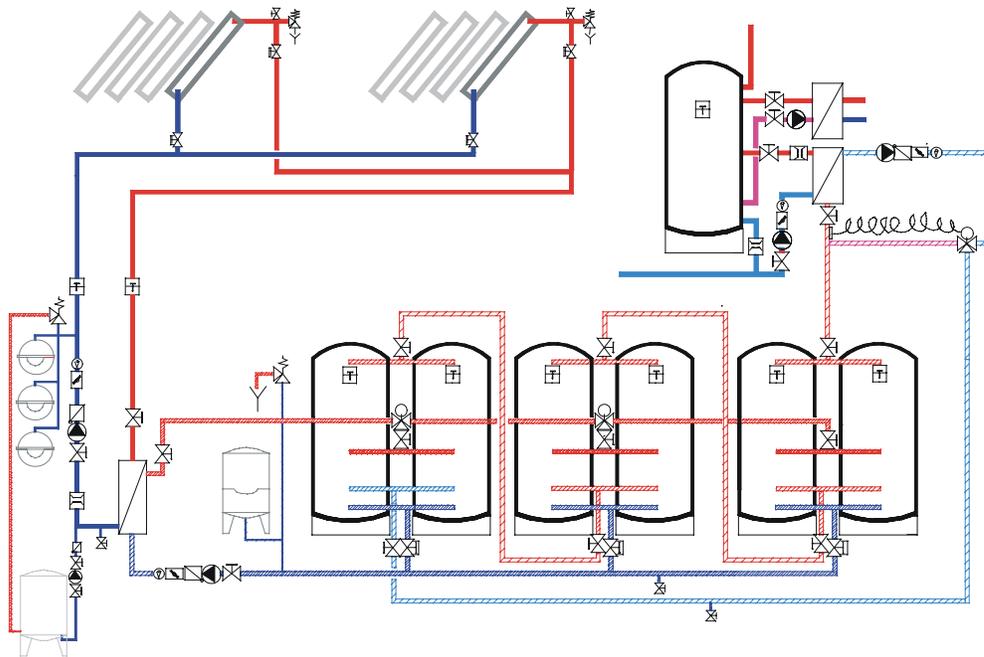
Unit 99 (Type 65): Online-Plotter. Grafikausgabe auf den Bildschirm. Hierbei erfolgt die Darstellung der Kollektortemperatur und der vier oberen Speichertemperaturen auf der linken Achse und die der Einstrahlungswerte auf der rechten Achse.

Unit 63 (Type 24): Integrator. Wird nur für die Ergebnisausgabe benötigt. Rechnet beispielsweise Leistungen in Energien um.

Unit 64 (Type 25): Printer für die Ausgabe von Simulationswerten in ein Textfile.

Bei den hier verwendeten Types 52 und 140 handelt es sich um Nonstandard-Types die über die Firma Transsolar bezogen werden können. Siehe auch Bemerkungen am Ende.

Detaillierter Hydraulischer Schaltplan



Bilder der Anlage





Versionen und spez. Types

- TRNSYS Version 14.2 .
- Neben den Standardkomponenten wurden zwei Nichtstandard-Types verwendet:
 - o Multiport Store Model (Speichertype 140), entwickelt von Harald Drück.
 - o Matched Flow Collector Model (Kollektortype 52), entwickelt von Per Isakson.