

DDC-Technik im Einsatz

Thorsten Urbaneck*, Ulrich Schirmer**

Technische Universität Chemnitz

* Professur Technische Thermodynamik, Projektgruppe Solarthermie,
09107 Chemnitz, Tel.: 0371/531-2463, Fax: -2349,
E-Mail: thorsten.urbaneck@mb3.tu-chemnitz.de,
Internet: <http://www.tu-chemnitz.de/~tur>

** Professur Technische Thermodynamik, Projektgruppe Solarthermie,
09107 Chemnitz, Tel.: 0371/531-2546, Fax: -2349,
E-Mail: ulrich.schirmer@hrz.tu-chemnitz.de,
Internet: <http://www.solarthermie2000.de>

Motivation

Solare Wärmeversorgungssysteme werden auf Grund ihrer Originalität und der vorliegenden Randbedingungen in vielen Fällen durch eine DDC-Technik (Direct Digital Control) gesteuert und geregelt. Diese Technik zeichnet sich durch eine Vielzahl positiver Eigenschaften aus. Vergleicht man verschiedene Objekte, sind dennoch unterschiedlichste Meinungen und Erfahrungen anzutreffen. Aus diesem Grund sollen im Beitrag wichtige Erfahrungen aufgezeigt werden. Der Bericht bezieht sich auf das Projekt „Solar unterstützte Nahwärmeversorgung – solarisPark Chemnitz“. Weitere Informationen zum Projekt sind unter [1], [2] zu finden.

Entwicklung des Systems

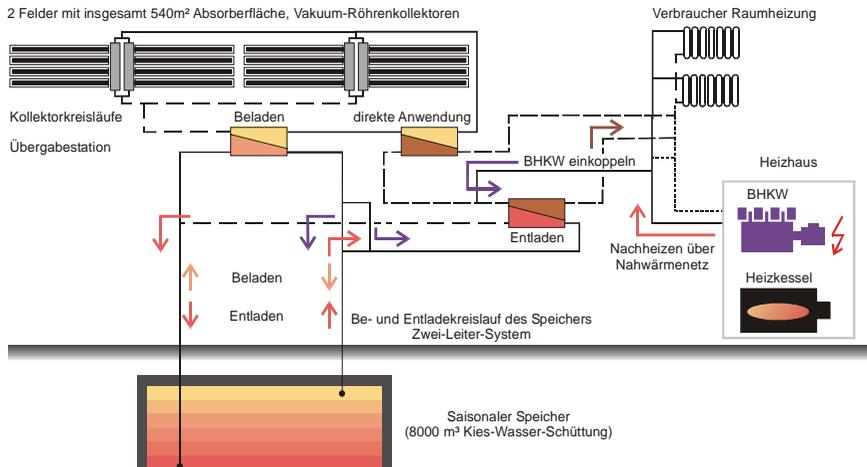


Abbildung 1: Schematische Darstellung zur sogenannten zweiten Ausbaustufe des solaren Nahwärmesystems

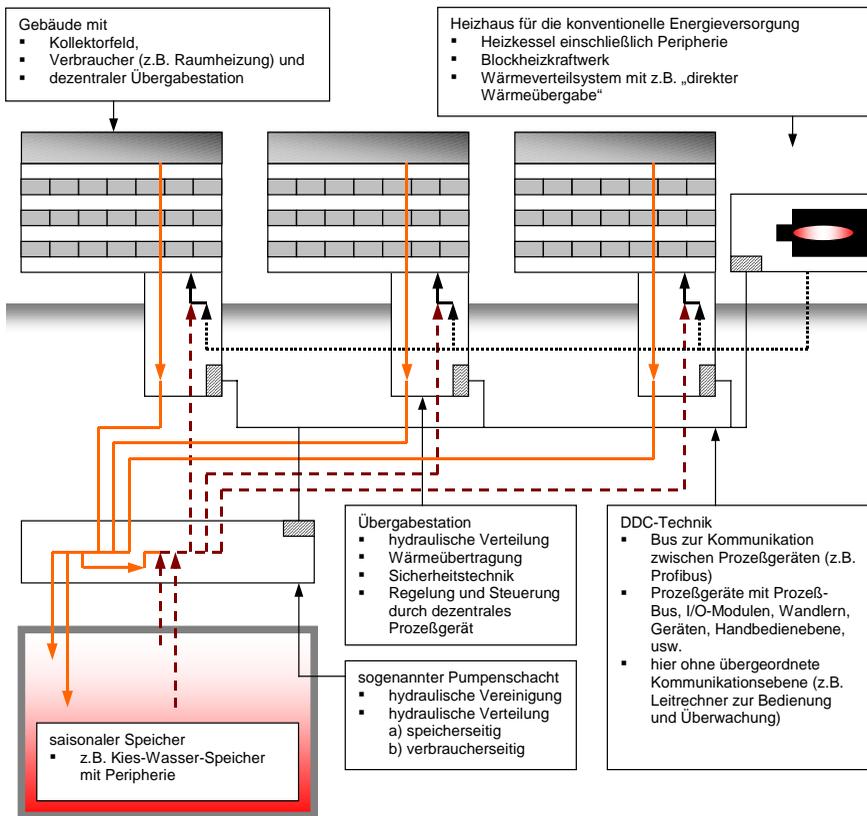


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines solar unterstützten Nahwärmesystems mit dezentraler Einkopplung der Solarenergie

Das ausgeführte Nahwärmesystem und die möglichen Betriebsweisen sind in Abbildung 1 vereinfacht dargestellt. Die Einheiten Kollektorfeld, Übergabestation, Speicher, Heizhaus und Raumheizung befinden sich an unterschiedlichen Orten, die zum Teil weit voneinander entfernt liegen.

Die Ausgangssituation vor dem Baubeginn des solaren Systems im Jahr 1999 wies folgende Merkmale auf:

- ein vorhandenes Nahwärmesystem mit Heizkesselanlagen, Wärmeverteilsystem, Übergabestationen mit „direkter Wärmeübergabe“, Heizsystemen und MSR-Technik (Fabrikat: Landis & Gyr, Universal-Prozessgerät PRU und Systemtechnik sowie –programme [3]) entsprechend Abbildung 2,
- Konzept für das solare Nahwärmesystem entsprechend Abbildung 2,

- Vorgabe eines Zwei-Leiter-Systems für die Verbindung einer Übergabestation mit dem Speicher durch den Betreiber entgegen der oben genannten Systemplanung,
- Vorgabe der hydraulischen Einbindung des Wärmeübertragers für direkt solar Heizen durch den Betreiber entgegen der oben genannten Systemplanung (effizientere Lösung siehe [4]).

MSR-Konzept

Aus den vorliegenden Randbedingungen ergab sich ein Konzept zur Steuerung und Regelung des solaren Systems nach Abbildung 3. Die Besonderheit gegenüber anderen Anlagen ist der Ausschluß von gleichzeitiger Be- und Entladung auf Grund der vorgegebenen Speicheranbindung über ein Zwei-Leiter-System. Aus energetischen und sicherheitstechnischen Gründen muß der Speicherbeladung mit Solarenergie unbedingter Vorrang eingeräumt werden. Nur wenn keine solare Energie zur Verfügung steht, kann der Speicher entladen werden. Diese Lösung ist technisch nicht optimal und geht auf die vorliegenden Randbedingungen vor Ort zurück.

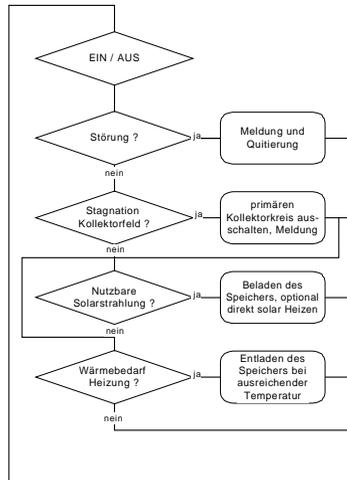


Abbildung 3: Übersicht zur Regelstrategie des solaren Systems

Die allgemeinen Anforderungen an die MSR-Technik wurden wie folgt formuliert:

- Einsatz einer kommunikationsfähigen, erweiterbaren Steuerung, Regelung und Überwachung des solar unterstütztes Nahwärmesystems,
- mit frei wählbaren Anlagenparametern ohne Einsatz von Programmier technik, z.B. über eine Unterstation mit Bedienkarte zur Anpassung und Optimierung des Anlagenbetriebes (Prozeßebene),
- mit einer Handbedienebene,
- mit der Übergabe logischer Anlagenzustände an die Meßtechnik des Begleitprogramms von Solarthermie 2000,
- sowie ohne den Einsatz eines Leitrechners zur Bedienung und Überwachung (Kommunikationsebene).

Auf Grund der Bedingungen vor Ort erwiesen sich folgende Punkte als zweckmäßig:

- Nutzung der vorhandenen Prozeßgeräte (Unterstationen) – soft- und hardwareseitige Erweiterung zur Steuerung und Regelung des solaren Systems,
- Aufbau eines abgesetzten Prozeßbusses von der Übergabestation zur Speicherperipherie (Pumpenschacht) aus Kostengründen (in Abbildung 2 ist ein separates Prozeßgerät eingezeichnet),

- Kopplung der neuen Funktionen des solaren Systems mit den vorher vorhandenen Funktionen der Wärmeversorgung.

Die Grundzüge des MSR-Programms lassen sich wie folgt beschreiben:

- Allgemein ist der Einsatz von vergleichenden Operationen mit Ein- und Ausschaltpunkt (z.B. einfache Temperaturdifferenz-Bedingungen mit Hysterese) und von logischen Operationen (z.B. NOT, AND, OR, usw.) weitestgehend ausreichend. Ein- und Ausschaltpunkte wurden auf die Bedienkarten (POP-Card, Abbildung 5) gelegt und können am Prozeßgerät (Abbildung 4) angezeigt bzw. dort geändert werden.
- Die Definition von logischen Zuständen (Betrieb des primären Kollektorkreises, direkt solar Heizen, Beladen des Speichers, Entladen des Speichers, Wärmebedarf vorhanden, usw.) erleichtert die Strukturierung der Regelaufgabe. Diese und weitere Zustände der Aktoren (z.B. Pumpe in Betrieb über die logischen Zustände 0 oder 1) zeigt das Prozeßgerät ebenfalls an.
- Für den Betrieb des Kollektorkreislaufes sollten auf Grund möglicher Temperaturen und Drücke bzw. auf Grund der physikalischen Vorgänge bei der Stagnation besonders hohe Anforderungen gelten. Ziel ist es, den Betrieb weitgehend sicherzustellen und Stagnationsfälle zu vermeiden. MSR-seitig überwachen bzw. schalten hier redundant ein Strahlungsfühler und zwei Temperaturfühler. Das entspricht einer dreifachen Absicherung. Hier steht der Schutz des kostenintensiven Kollektorfeldes im Mittelpunkt.
- Die Sammelstörmeldung der Sicherheitstechnik wird verzögert in die Abschaltung der Anlage einbezogen. Nur im äußersten Notfall soll der Kollektorkreis außer Betrieb gehen. Die Sicherheit wird separat durch die Sicherheitstechnik selbst gewährleistet [5].
- Zur Realisierung variabler Volumenströme in Abhängigkeit verschiedener Anlagenzustände werden verschiedene Stellwerte (z.B. Sollwert für Pumpe) vorgegeben. Diese werden aus den Anlagenzuständen ermittelt und können ebenfalls über die Bedienkarte manipuliert werden.

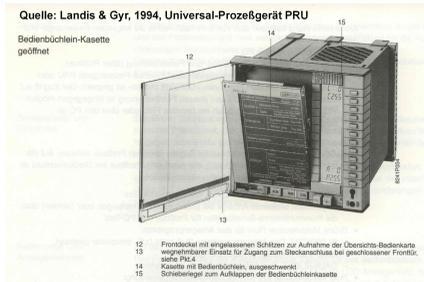


Abbildung 4: verwendetes Prozeßgerät

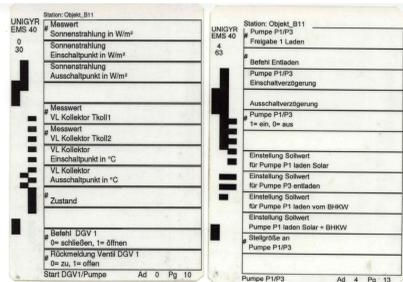


Abbildung 5: zwei Original-Bedienkarten

Erfahrungen

Die Anlagenkonfigurationen (Beispiele in [4]) wurden während der Planungsphase mit TRNSYS [6] intensiv untersucht. Dies umfaßte auch die Analyse der Bedingungen zur

Steuerung und Regelung, so daß mit Beginn der Ausführungsphase ein konkreter Algorithmus vorgelegt wurde.

Trotz dieser fundierten Untersuchungen hatte der Betreiber eigene Vorstellungen. Aber auch der Programmierer zeigte eine besondere, bautypische Eigeninitiative. Das problematische an diesem Verhalten ist, daß in diesem Fall die Komplexität des Systems unterschätzt wurde. Dazu zählen eine Vielzahl von logischen Verknüpfungen und physikalischen Phänomenen, wie z.B. das Speicherverhalten.

Deshalb mußte über eine gemeinsame Umsetzung und sukzessive Optimierung das endgültige Programm erarbeitet werden. Die Arbeiten liefen nach folgender Prozedur ab:

- Anlagentest mit dem Programmierrechner über die Vorgabe von manipulierten Meßwerten,
- Analyse der allgemeinen Funktionen (Speicher beladen, direkt solar Heizen und Speicher entladen) über Wochen mit Hilfe der Meßtechnik (die hohe Anzahl von möglichen Zustandskombinationen ist zu beachten),
- Optimierung der Steuer- und Regelparameter über die Bedienkarte (wenig aufwendig und schnell durchführbar),
- Diskussion mit Betreiber und Programmierer unter Verwendung von Ergebnissen aus der Simulation und von Meßwerten als objektive Grundlage (eine Vorortanalyse des Anlagenverhaltens über die MSR- oder Meßtechnik ist nur begrenzt aussagefähig),
- Änderung des MSR-Programms,
- Wiederholung der Prozedur.

Zuerst sind nur verschiedene Funktionen durch den Programmierer am Programmierrechner offengelegt worden. Trotz der plausiblen Erläuterungen des Programmierers konnten erst nach einer vollständigen Offenlegung weitere schwerwiegende Unzulänglichkeiten entdeckt werden. Deshalb wird eine vollständige Offenlegung für zukünftige Vorhaben als äußerst wichtig erachtet.

Weiterhin kam es zu folgenden Problemen bzw. Unzulänglichkeiten:

- unterschiedliche Bezeichnung von Sensoren, Aktoren und Funktionen durch die Beteiligten am Bau,
- anfänglich fehlende Bezeichnung der Handbedienebene,
- Vorsehen von zu komplizierten bzw. ungeeigneten Funktionen (z.B. zwei sich gegenseitig beeinflussende Regelorgane),
- Verzögerungsglieder zur Stabilisierung der Regelung (z.B. absolut gefährlich in Verbindung mit dem Kollektorkreis, sehr schneller Temperaturanstieg bei den hier eingesetzten Vakuum-Röhrenkollektoren).

Ein weiteres Problem ist oft das Nichtvorhandensein bestimmter Größen (z.B. Wärmebedarf der Heizung). Hier wurden mehrere Meß- und Zustandsgrößen logisch verknüpft, um eine Hilfsgröße zu erhalten (z.B. Vor- und Rücklauftemperatur des Heizkreises, Außentemperatur, usw.).

Allgemein ist diese hohe Flexibilität der DDC-Technik erforderlich und positiv. Es lassen sich jederzeit Änderungen und Anpassungen vornehmen. Meist sind nur diese softwareseitigen Anpassungen notwendig. Standardfunktionen wie z.B. die Regelung des Heizkreises zur Erzielung niedriger Rücklauftemperaturen erwiesen sich als sehr

zuverlässig. Allerdings ist eine langwierige Kontrolle der Nicht-Standardfunktionen notwendig. Um die Kontroll- und Optimierungsphase zu verkürzen, ist die Beachtung folgender Punkte wichtig:

- eine systematische Arbeitsweise bzw. Organisation während des Umsetzungsprozesses,
- eine vollständige Offenlegung des Steuer- und Regel-Algorithmus,
- die Fremdüberwachung der Anlagenfunktionsweise (z.B. Meßprogramm innerhalb von Solarthermie 2000) mit zeitlich hoch aufgelösten Meßwerten (Bilanzen und Mittelwerte sind nur bedingt geeignet),
- eine Vorortkontrolle hardwareseitiger Komponenten (z.B. die Position von Sensoren),
- eine Vorortkontrolle der Bediener, Nutzer oder ggf. eines Fremdeingriffes.

Zu beachten ist, daß derartige Systeme starke saisonale Abhängigkeiten wie z.B. die Beladephase im Sommerhalbjahr oder die Entladephase im Winterhalbjahr unter der Voraussetzung eines beladenen Speichers besitzen. Deshalb sind lange Überwachungsphasen einzuplanen. Nun wenn jede Funktion unter realen Bedingungen überprüft wurde, ist die Feststellung „letzter Fehler“ möglich.

Als äußerst starkes Hilfsmittel konnte TRNSYS zum Testen des MSR-Konzeptes eingesetzt werden. Das anhand der Anlagensimulation entwickelte MSR-Konzept erwies sich letztendlich als richtig. Feinadjustierungen konnten über die frei wählbaren Parameter realisiert werden.

Nach den Optimierungsphasen werden saisonal veränderliche Parameter für den Sommer- und Winterbetrieb verwendet. Dies hängt vor allem mit den Eigenschaften des Zwei-Leiter-Netzes zusammen.

Dank

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Forschung und Technologie bzw. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit innerhalb des Forschungs- und Demonstrationsprogramms Solarthermie 2000 (Kennzeichen 0329606 G/F/O/P) gefördert. Besonderer Dank gilt auch dem Projektträger PTJ für die Unterstützung des Vorhabens.

Quellen

- [1] <http://www.solarthermie2000.de>
- [2] <http://www.tu-chemnitz.de/~tur>
- [3] Firma Landis & Gyr: Produktunterlagen, 1994
- [4] Urbaneck, T.; Schirmer, U.: Solar unterstütztes Nahwärmesystem im Chemnitz „solarisPark“ – Erste Betriebserfahrungen, 11. Symposium „Thermische Solarenergie“, 2001, Staffelstein, Ostbayerisches Technologie Transfer Institut e.V. (OTTI), Regensburg (Hrsg.), Tagungsband, S. 432-438, ISBN 3-934681-05-0
- [5] Urbaneck, T.; Göring, J.: Neue Wege bei der Absicherung großer Kollektorfelder, Heizung Lüftung/Klima Haustechnik, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, H. 7/2002, S. 71-75, ISSN 1436-5103
- [6] Klein, S. A. et. al.: TRNSYS - A transient system simulation program. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin--Madison, Madison, WI 53706 USA, 1994