

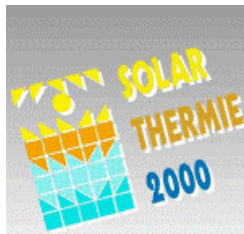
“Wissenschaftliche Programmbegleitung und Meßprogramm Solarthermie-2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 2)“

Schlussbericht / Sachbericht

Förderkennzeichen:

0329601J/6

Jürgen Bühl, Matthias Müller,
Andreas Nilius



Kurzreferat

1994-2003 wurden im Programm Solarthermie 2000, Teilprogramm 2 bisher große solarthermische Anlagen initiiert und wissenschaftlich - technisch begleitet. Mit der Programmdurchführung wurde in Thüringen die TU Ilmenau (Arbeitsgruppe Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo-und Fluidodynamik an der Fakultät für Maschinenbau) beauftragt. Gegenstand dieses Berichtes ist die Phase 2 (Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003).

Innerhalb des Programmes ST2000,TP2 betreut die Projektgruppe ST-2000 zum Zeitpunkt der Berichterstellung 15 solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche von insgesamt 3.226 m² in Thüringen und Sachsen-Anhalt.

Anlagen haben bisher innerhalb der Intensivmessphase (3 Jahre) die Garantierte Werte erfüllt (vom Bieter bei Ausschreibung garantiert).

Schlagwörter

Solarthermie 2000 / Solarthermie2000plus
Solarkollektor
messtechnische Begleitung und Überwachung
Solarer Garantieertrag
Brauchwasservorwärmung
Pufferspeicher
Integrale Wärmedämmung
Nutzwärmekosten

Titel: Forschungsbericht / Abschlussbericht-Solarthermie-2000 Teilprogramm 2-
Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 für
Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 2)

Autoren: Bühl, J.; Müller, M.; Nilius, A.

Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Fluid-
dynamik

Der **Bericht** besteht: aus 266 Seiten Text

Tag der Berichterstellung: 19.03.2004

Es wurden 8 Exemplare erstellt.

Eine spätere Veröffentlichung ist geplant.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit innerhalb des Forschungs- und Demonstrationsprogramms Solarthermie-2000 unter dem Kennzeichen 0329601J/6 gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis (Abschlußbericht Phase 2)

- 1. Einleitung / Erläuterungen /Aufgabenstellung / Eckdaten
 - 1.0 Notwendige Vorbemerkungen
 - 1.1 Einleitung
 - 1.2 Aufgabenstellung (wissenschaftliche und technische Arbeitsziele)
 - 1.3 Eckdaten
 - 2. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes
 - 2.1 Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogrammes
 - 2.2. Detaillierte Beschreibung des Arbeitsprogrammes
 - 2.2.1 Objektauswahl / Bewertung nach Ausschreibung
 - 2.2.2 Installation der Systeme
 - 2.2.3 erste Meßphase
 - 2.2.4 Systemoptimierung
 - 2.2.5 Zweite Meßphase
 - 2.2.6 Langzeitanalyse
 - 2.2.7 Endanalysen
- 3. Ausführliche Arbeitsbeschreibung und Ergebnisdarstellung
 - 3.1 Durchführung des Arbeitsprogrammes während der Projektlaufzeit
 - 3.2 Kompakte Anlagenbeschreibungen einschließlich Einschätzung zu möglichen und durchgeführten Optimierungen
 - 3.2.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena
 - 3.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck
 - 3.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
 - 3.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
 - 3.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
 - 3.2.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt
 - 3.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
 - 3.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
 - 3.2.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
 - 3.2.10 Anlage KIEZ-Kinder-und Erholungszentrum Güntersberge
 - 3.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
 - 3.2.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße 26 a-c in Weimar
 - 3.2.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera (0329603 X)
 - 3.2.14 BfA Reha-Klinik Bad Frankenhausen ((0329604 A)
 - 3.2.15 Sportgymnasium Oberhof (0329603 Y)
 - 3.3 ff Bewertung der Meßergebnisse / evtl. Optimierungsvorschläge
 - 3.4 ff Kostenbetrachtungen / Garantieerfüllung
 - 3.5 Zusammenfassung
- 4. Ausblick und weiterführende Untersuchungen
- 5. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan
- 6. Probleme bzw. Schwierigkeiten bei der Erlangung des Projektzieles
- 7. Im Projektverlauf bekanntgewordene F u. E - Ergebnisse Dritter
- 8. Quellen und Literaturverzeichnis
 - 8.1 Informationsquellen
 - 8.2 Literaturverzeichnis (Auswahl)
- 9. Erfolgskontrollbericht
- 10. Kurzfassung des Schlußberichtes
- 11. Ergebnis
- 12. Anlagen-Verzeichnis

Dieser Bericht wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt.
Trotzdem können wir keine Gewähr für Fehlerfreiheit übernehmen.

1. Einleitung / Erläuterungen / Aufgabenstellung / Eckdaten

Der Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg hat im September 2002 die internationalen Vereinbarungen zu nachhaltiger Entwicklung mit neuen Zeitzielen und Handlungsprioritäten fortgeschrieben.⁶²⁾

Die Bundesregierung arbeitet derzeit an einem Fortschrittsbericht zur deutschen Nachhaltigkeitsfrage, der im Herbst 2004 verabschiedet werden soll.

Beim Weltgipfel wurde vereinbart, den Anteil der erneuerbaren Energien weltweit zügig und deutlich zu erhöhen.

1994-2003 wurden im Programm **Solarthermie 2000** (Teilprogramme 1-3) bisher große solarthermische Anlagen wissenschaftlich - technisch begleitet.

Damit wird ein Beitrag zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung von thermischen Solaranlagen mit einer Kollektorfläche $\geq 100 \text{ m}^2$ mit dem Ziel der Anwendungsförderung geleistet.

Am 27.02.2004 wurde auf der "Erneuerbare Energie Tour" in Neckarsulm durch Bundesumweltminister Jürgen Trittin das Konzept "**Solarthermie2000plus**" vorgestellt. Damit soll die Entwicklung der solaren Wärmeengewinnung gefördert werden. Die langfristig angelegten Forschungsaktivitäten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie im Niedertemperaturbereich werden mit neuen Schwerpunkten fortgeführt.⁶³⁾

1.0 Notwendige Vorbemerkungen

Im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) der Bundesregierung wurden zwischen 1978 und 1983 große Anlagen zur thermischen Nutzung der Solarenergie auf /in bundeseigenen Gebäuden errichtet. Diese Systeme waren die Vorreiter dieser neuen Technik zur umweltfreundlichen Energiegewinnung.

Das Programm Solarthermie-2000 umfaßt drei Teilprogramme und wurde im Jahr 1993 bewilligt. Es wurde vormals vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) und wird seit 2003 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Ziel

des Programmes ist es u.a. im Ergebnis Hinweise für standardisierte Solaranlagenkonzeptionen für die Trinkwasservorwärmung für unterschiedliche Gebäudetypen zu geben, den Planungsaufwand zu reduzieren und die Anlagenzuverlässigkeit zu erhöhen. Im Teilprogramm 2 sollen bis zu 100 große solarthermische Demonstrationsanlagen (Kollektorfläche $> 100 \text{ m}^2$) errichtet werden, deren Betriebsverhalten mit einem programmbegleitendem Meßprogramm überwacht und beurteilt wird. Als er-

klärtes Ziel dieser Demonstration von Beispiellösungen größerer Anlagen soll u.a. nachgewiesen werden, daß die thermische Solartechnik technisch und wirtschaftlich handhabbare und wettbewerbsfähige Lösungen ermöglicht und die solare Nutzwärme-kosten heute auf unter $0,13 \text{ € / kWh}$ durch Reduzierung der spezifischen Systemkosten und Erhöhung der spezifischen Nutzenergieabgabe gesenkt werden können.

Das Programm Solarthermie 2000 läuft nach 10-jähriger Förderung mit dem Ende der Antragsstellung (zum 31.12.2002) 2004 aus.⁶³⁾

Die errichteten bzw. gegenwärtig noch in Realisierung befindlichen Anlagen werden, wie weiter unten im Programmablauf beschrieben, im Rahmen der wissenschaftlichen Projektbegleitung durch die betreuenden Forschungseinrichtungen mehrjährig messtechnisch betreut und ausgewertet. Die

Projektgruppe Solarthermie-2000 an der TU Ilmenau ist seit 05/1994 für die Betreuung der Solarthermischen Anlagen aus dem Bundesprogramm Solarthermie-2000 im Freistaat Thüringen und seit 2000 für Anlagen in Sachsen-Anhalt verantwortlich. Objektbewertungen wurden auch in Hessen und Niedersachsen durchgeführt.

Zur Zeit der Abfassung des Berichtes (Dezember 2003 / März 2004) werden insgesamt 15 in die Förderung aufgenommene Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 3.226 m betreut, von denen sich 14 in Betrieb und eine im Planungsstadium befinden.

Die Bearbeitung im Freistaat Thüringen innerhalb des Bundesprogrammes erfolgt (entsprechend der Förder-Zuwendungsbescheide) in drei Projektphasen:

Projektphase 1 – Laufzeit: 01.05.1994 – 30.11.1999

Projektphase 2 – Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003

Projektphase 3 – Laufzeit: 01.10.2003 – 31.10.2006

Für die zum 30.11.1999 abgeschlossene Projektphase 1 wurde Anfang 2000 ein Abschlußbericht erstellt („Wissenschaftlich – technische Programmbegleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen an öffentlichen Gebäuden im Land Thüringen im Rahmen des BMFT – Programms Solarthermie 2000 (Teilprogramm 2)“ /

Förderkennzeichen 0329601E). In diesen Bericht sind im Abschnitt 1 die Arbeitsschritte:

Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes

Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogrammes

Detaillierte Beschreibung des Arbeitsprogrammes

Objektauswahl / Bewertung nach Ausschreibung

Installation der Systeme

erste Meßphase

Systemoptimierung

Zweite Meßphase

Langzeitanalyse

Endanalysen

ausführlich beschrieben worden, so daß diese im vorliegendem Bericht nur zusammengefaßt und als aktualisierter Überblick wieder gegeben werden.

1.1 Einleitung

“Solarthermie-2000“ ist ein Förderprogramm mit drei Teilprogrammen. Das Programm ist auf eine Laufzeit von 10 Jahren ausgelegt. Es soll die Weiterentwicklung der Systemtechnik intensiv anregen und schließlich zu Solaranlagen führen, die sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht werden und somit einen wichtigen Beitrag zu einer künftig verstärkten thermischen Nutzung der Sonnenenergie liefern.

Generelles Ziel ist die Schaffung geeigneter Vorbilder für die aktive thermische Nutzung der Solarenergie und die Weiterentwicklung der Systemtechnik auf einen Stand, der ihre praktische Anwendung für den Planer und Installateur zum “Stand der Technik“ werden läßt.

Gleichzeitig soll durch eine optimale Anlagenauslegung eine deutliche Senkung der Nutzwärmekosten erreicht und damit die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen im Vergleich zu anderen Energieträgernutzungen verbessert werden.

Das Teilprogramm 2 beinhaltet die Errichtung von bis zu 100 mittelgroßen Demonstrationsanlagen zur aktiven thermischen Nutzung der Sonnenenergie (Kollektorfläche > 100 m²), sowie deren meßtechnische Analyse bezgl. ihres Betriebsverhaltens und ihrer Wirtschaftlichkeit (Feldversuch) über die gesamte Programmlaufzeit.

Aus diesem Grund ist dem Teilprogramm 2 ein projektbegleitendes Meßprogramm angegliedert, damit die zur Beurteilung der Demonstrationsanlagen notwendigen Daten erfaßt werden können.

Besonders in den neuen Bundesländern erfolgten und erfolgen umfangreiche Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen an bestehenden öffentlichen Gebäuden, die es erlauben, die Integration solarer Systeme nicht nur bei Neubauten entsprechend dem neuesten Erkenntnisstand zu planen und zu realisieren. Zunehmend werden allerdings in jüngster Zeit Neubauten als Ersatzbauten, z.B. in Krankenhäusern errichtet. Für die projektbegleitende wissenschaftliche Betreuung sind, neben der ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH, Hochschuleinrichtungen in den jeweiligen Bundesländern eingebunden, die begleitenden Meßprogramme durchführen.

Aufgrund seiner Zielsetzung gehört das Programm "Solarthermie -2000" in das „3. Programm Energieforschung und Energietechnologien“, dessen langfristiges Ziel es ist, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu stärken, zukunftsweisende Energiesysteme zu entwickeln und deren Verbreitung zu fördern.

Der erhebliche Beitrag, den die Solarthermie in Verbindung mit modernen Heizungssystemen bei der Deckung des Warmwasser- / und Heizungsbedarfs von Gebäuden beisteuern kann, soll durch das Programm "Solarthermie 2000" mit seinen einzelnen thematisch abgegrenzten Teilprogrammen demonstriert werden.

1.2 Aufgabenstellung (wissenschaftliche und technische Arbeitsziele)

Im Rahmen des wissenschaftlich-technischen Begleitprogramms sollen im wesentlichen nachfolgende Ziele über die Gesamtlaufzeit des Programmes (10 Jahre) erreicht werden:

- Demonstration der technischen Einsatztauglichkeit von aktiven thermischen Solarsystemen unterschiedlicher Anwendungsfälle
- Dokumentation der Möglichkeiten zur Energieeinsparung und zur Reduzierung von Schadstoffemissionen durch Nutzung der Solartechnik
- Aufzeigen der Perspektive für eine wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der thermischen Solartechnik gegenüber anderen Wärmeerzeugungstechniken bzw. zur Reduzierung des Energieverbrauchs
- Untersuchungen zum Einfluß von Umweltfaktoren auf die Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Solaranlagen
- Wissenstransfer zw. den Arbeitsgruppen innerhalb des Programms (bzgl. Systemplanung / Systeminstallation / Funktions- und Betriebskontrolle / Systemoptimierung / angewandte Forschung zur thermischen Solartechnik) / Umsetzung in die Lehre / Einbeziehung studentischer Arbeiten einschließlich Diplomarbeiten
- Realisierung und Durchführung des Meßprogrammes

1.3 Eckdaten

Im hier beschriebenen Teilprojekt wird die wissenschaftlich-technische Programmbegleitung der im Bundesland Freistaat Thüringen errichteten solarthermischen Demonstrationsanlagen im Zeitraum 01..1994 - 30.11.1999 (Phase 1) aufgezeigt und für den Zeitraum 01.12.1999 – 30.09.2003 (Phase 2) berichtet und abgedeckt.

Die Grundlage hierfür ist der Forschungs- und Entwicklungsvertrag vom 04.08.1994 und den Zusatzverträgen 1 vom 15.03.1995, 2 vom 06.12.1995, 3 vom 21.05.1996, 4 vom 03.04.1997, 5 vom 29.09.1998, Änderungsbescheid zum 5. Zusatzvertrag vom 16.04.1999, 6 vom 31.09.1999.

Förderkennzeichen: 0329601E (Meßphase 1)

Projektlaufzeit: 01.05.1994 - 30.11. 1999
Gesamtausgaben lt. o.g. Verträge: 1.165.156,00 DM (595.734,80 €)

Meßphase 2 Grundlage für diesen Bericht:

Grundlage ist die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 09 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) Haushaltsjahr 1999, für das o. g. Vorhaben vom 07.10.1999, Änderungsbescheid vom 07.03.2000, Änderungsbescheid vom 14.06.2000, Änderungsbescheid vom 31.10.2000, Änderungsbescheid vom 26.10.2001, Änderungsbescheid vom 27.06.2002, Änderungsbescheid vom 23.06.2003, Änderungsbescheid vom 25.06.2003.

Förderkennzeichen: 0329601 J / 6 (Meßphase 2)

Projektlaufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003
Gesamtausgaben lt. Zuwendungsbescheid: 860.210,00 DM (439.818,91 €)

2. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes

2.1 Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogrammes

Das Teilprogramm 2 zu "Solarthermie-2000" ist im wesentlichen in vier Hauptphasen unterteilt:

In der Projektphase 1 (Laufzeit 1994 - 1999):

- Programmvorbereitung
- Objektauswahl
- Installation der Solarsysteme und der Meßtechnik
- Systembetreuung mit diversen Meß- und Prüfphasen
- Begleitende Forschung (Untersuchung des Einflusses von Schadstoffen auf Solarkomponenten

In der **Projektphase 2** (Laufzeit 1999 – 2002) liegen die Schwerpunkte dann in:

- Objektauswahl
- Installation der Solarsysteme und der Meßtechnik
- Systembetreuung mit diversen Meß- und Prüfphasen
- Datenaufbereitung und -Auswertung in Zusammenarbeit mit ZfS und den im Programm beteiligten Hochschulen
- Anlagenoptimierung
- Betreuung der Anlagen in der erweiterten Langzeitmeßphase
- Änderung und evtl. Neukonzipierung von Anlagenkomponenten nach Ausfällen oder ungenügender Funktion (Regelungstechnik / Meßwerterfassungssysteme, etc.)
- Begleitende Forschung (Untersuchung des Einflusses von Schadstoffen auf Solarkomponenten)

Im Projektansatz wurde davon ausgegangen, daß im FS Thüringen im Zeitraum 1994 - 2002 ca. 10 ...17 Solaranlagen (unter der Annahme einer ungleichmäßigen zeitlichen Verteilung) errichtet werden können.

In der Projekt-Phase1 wurden 8 Anlagen errichtet , so daß dieser Ansatz durchaus realistisch und erreichbar ist.

Dies bedeutet, daß pro Jahr für mindestens 3 Solaranlagen nach erfolgreicher Objektauswahl die Planungen zu begleiten, die Ausschreibungsunterlagen bzgl. Los Meßtechnik zu erstellen, die Ausschreibungsergebnisse zu prüfen (TSOL u. TRNSYS - Simulationen), die Installationsarbeiten zu überwachen und die Abnahmen durchzuführen sind.

Parallel dazu sind die Anlagen im Bestand zu betreuen und die Ergebnisse entsprechen auszuwerten.

Die Intensivmeßphase (einschl. eines ca. 1-2 monatigen Probebetriebes vor der Abnahme und incl. eines Schlußberichtes) beträgt in der Regel ca.17 Monate, wenn keine Optimierungen nötig sind, oder ca. 32 Monate (incl. der Optimierung, der dann zweiten Meßphase und des Schlußberichtes.

Unter der Annahme von pro Jahr mindestens dreier zu installierender Neu-Anlagen sind mindestens ab Mitte der Programmlaufzeit sechs Anlagen gleichzeitig und intensiv zu betreuen, wobei der Anteil der sich in der Langzeitbetreuung befindlichen Anlagen dann permanent ansteigt.

Dabei ist nicht auszuschließen, daß u.U. sich eine Langzeitmeßphase durchaus auch zur "Störfallanalyse" entwickeln kann und dieser Aufwand durch das dann nötige Intensivmeßprogramm zum o. g. Aufwand zu addieren ist.

2.2 Detaillierte Beschreibung des Arbeitsprogrammes

Im Rahmen der Vorarbeiten wurden von BEO und ZfS die Arbeitsunterlagen /2/ erstellt, die durch diese bei Bedarf ständig aktualisiert werden.

Diese Unterlagen sind die Arbeitsgrundlage zu: Objektauswahl / Ausschreibungsphase / Systeminbetriebnahme und beinhalten:

- Fragebogen zur Vorauswahl der Objekte
- Aufstellung der im Rahmen des Programms prinzipiell vorgesehenen Systemvarianten
- Checkliste für den Besuch am Objekt zur Detailüberprüfung der Objekttauglichkeit
- Erläuterungen zur Verbrauchsmessung vor Ort am Objekt
- Randbedingungen für die von den Planern zu erstellenden Leistungsverzeichnisse
- Leitfaden für die Anlagenabnahme
- Prinzip des begleitenden Meßprogrammes
- Schema für die einheitliche Grunddatenauswertung u. -darstellung

Im Rahmen der Projektbearbeitung und des Programmfortschrittes werden bei Bedarf Modifikationsvorschläge erarbeitet und BEO / PT J und ZfS zugeleitet.

2.2.1 Objektauswahl / Bewertung nach Ausschreibung

Die sorgfältige Auswahl der Objekte ist besonders wichtig, da im Rahmen des Programms besondere Zugangsbedingungen definiert sind.

Die Bedingungen sind im Fragebogen und den Randbedingungen enthalten.

Durch die Überprüfung der Objekte vor Ort soll im Sinne der Aufwandsminimierung frühzeitig ermittelt werden, ob das Objekt in der geforderten Form für die Aufnahme in das Programm geeignet ist (Abarbeiten einer Checkliste). Dies beinhaltet u.a.:

- Detailprüfung vor Ort anhand der Checkliste
- ggfs. Messung des Warmwasserverbrauchs
- Bestimmung der zweckmäßigen Systemvariante
- Festlegung der speziellen Meßtechnik

Nach Ausspruch der Förderbewilligung durch (BMWA) BMU / (BEO) PT J wird das Solarsystem auf der Grundlage der erarbeiteten Systemvariante ausgeschrieben. Dies schließt die festgelegte spezielle Meßtechnik mit ein, wobei der Planer / Betreiber die Verantwortung trägt für die Gesamtaufstellung des LV.

Zur Absicherung der im LV geforderten Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die angebotenen Systeme werden diese durch Simulationen mit TRNSYS überprüft.

Ziel ist hierbei, die Wettbewerbsfähigkeit thermischer Solarsysteme gegenüber konventionellen Anlagen zu belegen und die Erfüllung der betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu prüfen.

2.2.2 Installation der Systeme

Es wird von der Installation von 2-3 Anlagen pro Jahr im FS Thüringen ausgegangen.

Um eine möglichst störungsfreie Inbetriebnahme zu sichern, findet bereits während der Installation der Systeme eine sorgfältige Überprüfung der Systemtechnik und der eingesetzten Meßtechnik statt. Dies wird in engem Kontakt mit Planer und Auftraggeber und der begleitenden Hochschule / Projektgruppe ST 2000 TU Ilmenau realisiert.

Da im Gegensatz zu konventionellen Anlagen die Funktion einer Solaranlage erheblich von der Witterung abhängt, ist nach Inbetriebnahme ein meßtechnisch begleiteter Probelauf von 1-2 Monaten nötig, um zu erkennen, ob das System funktionstüchtig ist. Im Ergebnis wird ein Bericht angefertigt.

Da es sich hier um zeitkritische Untersuchungen handelt, ist es besonders wichtig, daß die Meßdaten extrem zeitnah kontrolliert und ausgewertet werden.

Sind Mängel in der Funktion erkennbar, erhält der Installateur ggf. die Möglichkeit der Nachbesserung.

Nach erfolgreichem Probetrieb wird eine gemeinsame Abnahme mit allen Beteiligten bzw. Information aller Beteiligten durchgeführt.

Die Aussage über die gesicherte Leistungserbringung der Anlage ist erst im Rahmen und nach Abschluß der ersten Meßphase möglich, die sich nach der offiziellen Inbetriebnahme über das erste Betriebsjahr erstreckt

2.2.3 erste Meßphase

Das projektbegleitende Meßprogramm dient dazu, die für die diversen Bewertungen der zu demonstrierenden thermischen Solartechnik notwendigen Daten zu liefern.

Die Erkenntnisse aus diesem Meßprogramm werden in geeigneter Form der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Auf diesem Weg soll die Kenntnis über die Möglichkeiten der Solartechnik, aber auch über ihre Einsatzgrenzen verbreitet und vertieft werden.

Das Meßprogramm ist untergliedert in ein Standardmeßprogramm und ein Forschungsmessprogramm.

Das Standardmessprogramm wird an allen Demonstrationsanlagen installiert. Es dient zur Erfassung der für die wissenschaftliche Auswertung nötigen Meßdaten (Erfassung der Energieflüsse im System) und damit zur Erstellung einer Gesamtenergiebilanz und einer Energiebilanz für interessierende Systemkomponenten.

Nach Abschluß der wissenschaftlichen Analysen kann es vom Betreiber zur Kontrolle der Effizienz seiner Solaranlage genutzt werden.

Das Forschungsmeßprogramm beinhaltet stets das Standardmeßprogramm, so daß nach Ende der wissenschaftlichen Systemkontrolle und sogar über das Projektende hinaus, die weitere Verfolgung des Betriebsverhaltens des Systems durch den Betreiber möglich ist (aktuell bei den Solaranlagen: Jena / Pößneck / Neuhaus / Nordhausen / Hettstedt / Leinefelde / Ilmenau).

Die Erweiterung zum Forschungsmeßprogramm besteht im wesentlichen in der Integration eines Dataloggers in das Meßsystem. Dieser Datalogger zeichnet alle zur Beurteilung der Dynamik des Systems notwendigen Daten in hoher zeitlicher Auflösung auf ein Speichermedium auf, so daß eine direkte Übertragung in einen Auswerterechner erfolgen kann.

Die hohe zeitliche Auflösung ermöglicht die Analyse des Betriebsverhaltens bei z.B. stark schwankenden meteorologischen Bedingungen, bei Lastspitzen, etc. Und dient damit der Auffindung optimaler Einstellwerte für die Regler.

Weitere mindestens aber zwei Datalogger werden im Rahmen der "Störfallanalyse" für den evtl. Einsatz an Anlagen vorgesehen, bei denen u.U. Systemfehler vermutet werden, die nur mit hochaufgelösten Meßdaten erkannt werden können.

Bei normalem Anlagenlauf / Zapfverbrauch / Einstrahlungsbedingungen / ... beträgt die Dauer der ersten Meßphase ca. ein Jahr, um das Systemverhalten mit ausreichend genauer statistischer Absicherung in allen Witterungslagen (Sommer / Winter / Übergangszeit) beurteilen zu können.

Falls sich während dieser Phase am System kleinere Mängel herausstellen, erfolgt eine Information an den Betreiber und / oder aus den bisherigen Anlagenerfahrungen heraus Hinweise zu evtl. Möglichkeiten zur Fehlerbehebung. Für die Jahresauswertung erfolgt eine entsprechende Protokollierung.

2.2.4 Systemoptimierung

Es ist nicht auszuschließen, daß an einigen Systemen im Verlauf der ersten Meßphase größere Mängel, z.B. durch Anpassungsprobleme infolge Nutzungsänderungen im Energiesystem, etc., erkannt werden. Da das in innerhalb des Demonstrationsprogrammes, auch auf Grund seiner Öffentlichkeitswirksamkeit nicht hingenommen werden kann, wird hierzu kurzfristig ein Optimierungsvorschlag für das System erarbeitet (der basiert auf Erfahrungswerten mit anderen Anlagen, neuen Erkenntnissen, dem Erfahrungsaustausch mit den anderen betreuenden Hochschulen,...).

Das Optimierungskonzept wird mit der ZfS abgestimmt. Die Finanzierung der Optimierung ist mit dem Anlagenbetreiber abzustimmen.

2.2.5 Zweite Meßphase

Der Ablauf ist prinzipiell gleich dem der ersten Meßphase.

In der zweiten Meßphase wird der Erfolg von Optimierungsmaßnahmen dokumentiert und / oder die Datenstatistik verbessert, wenn in der ersten Meßperiode infolge kleinerer Systemmängel das System nicht ausreichend lange stabil lief.

2.2.6 Langzeitanalyse

Hier werden während der gesamten Laufzeit jeder Anlage über die Gesamtprogramm-
laufzeit des Projektes (also jeweils im Normalfall nach Ablauf der beiden Meßphasen
bis zum Programmende – also vorläufig bis 10/2006) die Betriebsergebnisse erfaßt
und kontrolliert (Für die Phase 1 endete die Programmlaufzeit entsprechend 11/1999).
Der vorgesehene Aufwand ist mit der ZfS abgestimmt und wird aktuell bei Bedarf mit
dem jeweiligen Anlagenbetreiber im Detail abgestimmt.

Die wichtigsten Systemwerte werden hierbei in festgelegten zeitlichen Abständen er-
faßt.

Hierdurch können Systemveränderungen schnell erkannt und insgesamt die Langzeit-
stabilität der Anlagen bewertet werden.

Bei u.U. kritischen Abweichungen zu den "Normalwerten" wird der Betreiber auf evtl.
Fehlfunktionen hingewiesen und bei Bedarf bei Fehlersuche und -behebung beraten.
Im Einzelfall wird über eine evtl. Neuaufnahme in das detaillierte Meßprogramm nach
Konsultation mit der ZfS entschieden (Störfallanalyse / Optimierungsmaßnahme).

Es wird ab 1999 von drei Anlagen in der Langzeitanalyse ausgegangen. Die Anzahl
erhöht sich dann pro Jahr um weitere ca. drei Anlagen in der Programmlaufzeit Phase
2 (12/1999 -03/2003) .

2.2.7 Endanalysen

Die Endanalysen gliedern sich in drei Teile:

- zusammenfassende Einzelanalyse der jeweils betreuten Systeme
- vergleichende Analyse über alle im Teilprogramm betreuten Demonstrationsanlagen
- Untersuchung des Langzeitverhaltens der diversen Komponenten im System durch
gezielte Probennahmen und Materialuntersuchungen

Hierbei erhält bei Bedarf und auf Anforderung der Anlagenbetreiber, -Installateur, -
Planer, etc. nach Abschluß der zweiten Meßphase von der bearbeitenden Stelle der
TU Ilmenau einen schriftlichen Bericht über das Betriebsverhalten seines Systems,
welcher klare und verständliche Analysen und Hinweise für den weiteren Betrieb / be-
ziehungsweise für die Erstellung neuer Anlagen enthält.

Diese Einzelberichte werden vom Inhalt her so aufgebaut, daß sie auch für eine weite-
re Verbreitung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit geeignet sind.

Diese Berichte und tieferegehende Analysen werden der ZfS für einen umfassenden
Quervergleich über alle installierten Anlagen innerhalb des Demonstrationsprogram-
mes (in jeweils aktueller Fassung) zur Verfügung gestellt.

Da einige Anlagen gegen Projektende (siehe hierzu Zusammenfassungen in den Anla-
gen) schon eine relativ lange Betriebszeit absolviert haben werden, sind hier interes-
sante Ergebnisse bzgl. der Standzeit diverser eingesetzter Materialien zu erwarten.
Und dies vor allem im direkten Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Teilprogramm 1
("Langzeitverhalten von ZIP-Anlagen"), welches 1997 abgeschlossen wurde. Siehe
hierzu auch /1/.

Die Materialuntersuchungen werden im Auftrag der ZfS von entsprechenden Prüfinstituten ausgeführt. Es erfolgt seitens der Bearbeiter eine Unterstützung der ZfS bei der Auswahl der zu entnehmenden Materialien und der Überwachung der jeweiligen Entnahme vor Ort.

In der Projektlaufzeit der Phase 2 erfolgte keine Aufforderung zur Probenentnahme. Es wurde auf Veranlassung der TU I eine Probe Wärmeträgermedium aus der Anlage Pößneck über die ZfS zur Analyse an den Hersteller weitergegeben. Obwohl sich das Medium schwarz verfärbt hatte, wurden durch das Labor des Herstellers keine Besonderheiten festgestellt.

3. Ausführliche Arbeitsbeschreibung und Ergebnisdarstellung

- 3.1 Durchführung des Arbeitsprogrammes während der Projektlaufzeit
- 3.2 Kompakte Anlagenbeschreibungen
 - 3.2.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena (Förderkennzeichen 0329602C):

(aktive Kollektorfläche 201 m² , Pufferspeicher 2x 6 m³ , FKZ 0329600C)



Gesamtkosten:	203.335,46 EUR	(397.689,60 DM)
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Verg.:	139.978,42 EUR	(273.774,00 DM)
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt) - Ist:	146.471,32 EUR	(286.473,00 DM)
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	38.481,95 EUR	(75.264,15 DM)
Zuwendung für Solaranlage:	134.353,18 EUR	(262.771,98DM)

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	85 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	90 %

Senioren- u. Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena-Lobeda	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%]	erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%]	erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	101.907					0,2343* ¹ 0,1198
1. Betriebsjahr (3.4.96-2.4.97)	82.902	103,36	ja	99,20	ja	0,3013* ² 0,1541
2. Betriebsjahr (3.4.97-2.4.98)	92.991	97,43	ja	97,43	ja	0,2686* ² 0,1373
3. Betriebsjahr (3.4.98-2.4.99)	82.621	87,94	nein	88,13	nein	0,3023* ² 0,1546

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt: (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 ⇒ (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

*¹ aus Kostenübersicht tatsächliche Kosten (VN) vom 30.06.1999 JEN-602C.DOC

*² aus Kostenübersicht Bieterertragsgarantie und Vergabekosten vom 30.06.1999 JEN-602C.DOC

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2 !

Überblick zum Objekt:

Einreichg. d. Projektvorschlags / Fragebogen: 23.06.1993 / 30.11.1993

Objektbesichtigung: 07.03.1994

Aufnahme in das Förderprogramm: 23.12.1993

Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	13.07.1994
Antragstellung:	k.A.
Zuwendungsbescheid:	k.A.
Planer:	Vitron GmbH, Otto-Schott-Straße 13, 07745 Jena
Submission:	09.06.1995
Vergabeempfehlung von BEO:	12.06.1995
Vergabeentscheidung:	12.06.1996
Kostenrahmen bewilligt vom:	13.07.1994
Kostenrahmen Vergabe:	k.A.
Realisierungszeitraum:	- 12 /95
Aufnahme des Probetriebes:	15.02.1995
Offizielle Inbetriebnahme:	02.04.1996
Meßperioden (MP):	1. MP vom 03.04.1996 - 02.04.1997 2. MP vom 03.04.1997 - 02.04.1998 3. MP vom 03.04.1998 - 02.04.1999
Endgültige Kostenübersicht ist-kosten abgerechnet:	k.A.
Projektlaufzeit :	01.10.1994 – 30.06.1996

Zusammenfassung:

Die Fertigstellung der Solaranlage / Seniorenheim 'Käthe Kollwitz' in Jena erfolgte Mitte Dezember 1995.

Der Probetrieb wurde am 15. Februar aufgenommen (Nach Anlagenüberprüfung und -Abnahme einschließlich der dazugehörigen Meßtechnik) und Ende März 1996 beendet.

In dieser Phase waren Probleme im Anlagenbetrieb und der Meßtechnik zu lokalisieren und abzustellen.

Die offizielle Übergabe der Anlage an den Betreiber erfolgte am 02. April 1996.

Mit diesem Termin beginnt die Ertragserfassung.

Im Verlauf des Erfassungszeitraumes kam es wiederholt zu Ausfällen oder Störungen in der Anlage oder deren Komponenten.

Seit Anfang Oktober 1996 läuft die Anlage störungsfrei.

Es kann eindeutig festgestellt werden, daß ein großer Teil der Stillstandszeiten im Juni und Juli 1996 durch gewissenhaftere Arbeit seitens der Installationsfirma vermeidbar gewesen wären.

3.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck Förderkennzeichen 0329602J):

(aktive Kollektorfläche 118,2 m² , Pufferspeicher 5,54 m³)



(Foto: TU Ilmenau , FG TFD 1998)

Gesamtkosten: **107.565,44 EUR** (210.379,71 DM)¹⁾ Schlußrech-
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe: **60.717,47 EUR** (118.753,04 DM)¹⁾ nung vom
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist: **65.835,40 EUR** (128.762,85 DM)¹⁾ 26.10.1999
Spez. Meßtechnik für ST2000: **37.921,25 EUR** (74.167,52 DM)¹⁾ PÖß-602J
Zuwendung für Solaranlage: **48.131,10 EUR** (94.136,25 DM)¹⁾

BMWi-Förderung: **der Gesamtanlage: 80 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: 100 %
Solaranlage inkl. Planung: 73,11 %

Senioren- und Pflege- heim Pößneck	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)						0,23	0,1176
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	45.500					0,2730	0,1396
1. Betriebsjahr ^(17.1.97-16.1.98)	40.961	96,42	ja	96,63	ja	0,3032	0,1550
2. Betriebsjahr ^(17.1.98-16.1.99)	37.415	94,28	ja	98,57	ja	0,3320	0,1697
3. Betriebsjahr ^(17.1.99-16.1.00)	36.577	88,43	nein	90,47	ja	0,3396	0,1736

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$(Nutzwärmekosten^* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])$$

$$\Rightarrow (Nutzwärmekosten^* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 3!

Meßperioden (MP):
 1. MP vom 17.01.1997 - 16.01.1998
 2. MP vom 17.01.1998 - 16.01.1999

3. MP vom 17.01.1999 - 16.01.2000

Projektlaufzeit : 01.09.1995 – 31.10.1998

Zusammenfassung:

Die Fertigstellung der Solaranlage / Seniorenheim in Pößneck erfolgte Mitte September 1996.

Der Probetrieb wurde Anfang Oktober aufgenommen und Ende Januar 1997 beendet.

Die offizielle Übergabe der Anlage an den Betreiber erfolgte am 17. Januar 1997.

Mit diesem Termin beginnt die Ertragserfassung.

Innerhalb des Inbetriebnahmezeitraumes mußten kleinere Nachbesserungsarbeiten durchgeführt werden. Danach traten keine Mängel oder Störungen mehr auf.

Im Berichtszeitraum (01.07.1999 - 31.12.1999) war für ca. 2 Wochen durch einen Defekt des Entladereglers (SI-Control) keine Entladung möglich. Der Volumenstromzähler im Nachheizkreis fiel im Juli 1999 wiederum aus. Er wurde nicht ersetzt. Die Funktion der Anlage wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Im Verlauf der Intensivmessphase war sehr deutlich zu erkennen, wie wichtig ein optimal arbeitender Entladeregler für eine im Vorwärmbetrieb arbeitende Solaranlage ist.

Im Herbst 2003 wurde das gesamte Wärmeträgermedium im Kollektorkreis ausgetauscht, da ein Farbumschlag in schwarz festzustellen war. Dies wurde bemerkt, nachdem sich die Filter ständig zusetzten und der normale Volumenstrom nicht mehr erreichbar war. Die Analyse im Labor des Herstellers ergab leider keine Anhaltspunkte.

Die Anlage arbeitet zum Zeitpunkt der Berichterstattung zufriedenstellend.

3.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus (Förderkennzeichen 0329602G):

(aktive Kollektorfläche 98,4 m² , Pufferspeicher 6 m³ , FKZ 0329602 G)



(Foto: TU Ilmenau, FG TFD 1997)

Gesamtkosten:	125.526,57 EUR	(245.508,63 DM)	¹⁾	¹⁾ reale Kosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	71.758,05 EUR	(140.346,54 DM)	¹⁾	Kostenübersicht vom
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist	72.832,80 EUR	(142.448,57 DM)		26.03.1999
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	33.461,88 EUR	(65.445,74 DM)	¹⁾	(NEU-602G.DOC)
Zuwendung für Solaranlage:	63.969,91 EUR	(125.114,26 DM)	¹⁾	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	77,6 %	¹⁾
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung:	87,83 %	¹⁾

Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	50.000					0,2448	0,1252
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	50.000					0,2484	0,1270
1. Meßjahr (28.08.97-27.08.98)	43.475	94,90	ja	96,27	ja	0,2857	0,1461
2. Meßjahr (27.08.98-26.08.99)	42.978	105,84	ja	105,31	ja	0,2890	0,1478
3. Meßjahr (26.08.99-24.08.00)	48.780	104,34	ja	107,35	ja	0,2546	0,1302

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt :

$$\begin{aligned} & (\text{Nutzwärmekosten* [DM / kWh]} = \text{Annuität [DM / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \\ \Rightarrow & (\text{Nutzwärmekosten* [EUR / kWh]} = \text{Annuität [EUR / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \end{aligned}$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 4!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 08.08.1994

Objektbesichtigung: 27.10.1994

Aufnahme in das Förderprogramm:	12.12.1994
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	16.03.1995
Antragstellung:	30.06.1995
Zuwendungsbescheid:	11.10.1995
Planer:	Ing.-Büro Dr. Wintzer Jena
Submission:	08.01.1997
Vergabeempfehlung von BEO:	mit Schreiben vom 27.02.1997 (empfohlen wurde SESOL Langwiesen)
Vergabeentscheidung:	vom KKH Neuhaus: Herr Beutel teilte BEO per Fax mit, daß sich das KKH Neuhaus für die Fa. Meßer Solartechnik Neuhaus entschieden hat
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	11.10.1995
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	27.02.1997
Realisierungszeitraum:	14.03.1997 – 19.07.1997
Aufnahme des Probetriebes:	25.07.1997
Offizielle Inbetriebnahme:	27.08.1997
Meßperioden (MP):	1. MP vom 28.08.1997 – 27.08.1998 2. MP vom 27.08.1998 – 26.08.1999 3. MP vom 26.08.1999 – 24.08.2000 (Schaltjahr!)
Projektlaufzeit:	01.10.1995 – 31.12.1997
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	vom 26.03.1999 NEU – 602G.DOC

Zusammenfassung:

An den Betriebsergebnissen (3 komplette Meßjahre) der Anlage ist gut zu erkennen, welchen Einfluß ein gut funktionierender Entladeregler auf den Ertrag einer im Vorwärmbetrieb arbeitenden Solaranlage hat. In der ersten Meßperiode wurde die Anlage mit einem SI-Control als Entladeregler betrieben. Die Anlage erbrachte einen Gesamtertrag von 43.475kWh (94,9%) wovon der Anteil der Zirkulationsnachheizung, 7.620kWh (17,5%) betrug. Nach der Umrüstung der Anlage auf einen neuen Entladeregler betrug der Anteil der Zirkulationsnachheizung nur noch 2355kWh (5,5%) bei 42.978kWh Gesamtertrag (4,7% im 3. Meßjahr bei 48.780kWh Gesamtertrag).

Wie im Bericht zur Anlage Pößneck schon angedeutet, ist eine Einbindung der Zirkulation in die Solaranlage nur sinnvoll, wenn die Anlage optimal ausgelegt wurde und im unteren Teil des Schichtenspeichers niedrige Temperaturen tatsächlich auch erreicht werden. Durch den nachgerüsteten Entladeregler wird die zweite Bedingung durch niedrige Rücklauftemperaturen im Entladekreis sehr gut erfüllt.

3.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde (Förderkennzeichen 0329602Y):

(aktive Kollektorfläche 164 m² , Pufferspeicher 7m³)



(Foto: TU Ilmenau, FG TFD 1999)

Gesamtkosten:	136.120,50 EUR	(266.228,56 DM)	¹⁾ es liegt keine Schlußrechnung vor
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	61.238,91 EUR	(197.716,87 DM)	
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist	¹⁾		
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	35.029,47 EUR	(68.511,44 DM)	
Zuwendung für Solaranlage:	63.969,91 EUR	(125.114,26 DM)	
BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	72,85 %	¹⁾
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung:	63,45 %	¹⁾

Wohngebäude Leinefelde	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	72.160			0,2389 * 0,1221*
1. Betriebsjahr (03/99-03/00)	60.322	79,83 nein	81,39 nein	0,286 0,1462
2. Betriebsjahr (03/00-03/01)	61.745	85,13 nein	87,09 nein	0,279 0,1427
3. Betriebsjahr (03/01-03/02)	59.281	93,46 ja	93,32 ja	0,2908 0,1487

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$\begin{aligned} & (\text{Nutzwärmekosten* [DM / kWh]} = \text{Annuität [DM / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \\ \Rightarrow & (\text{Nutzwärmekosten* [EUR / kWh]} = \text{Annuität [EUR / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \end{aligned}$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 6 !

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 28.11.1996 / 10.01.1997

Objektbesichtigung:	26.05.1997
Aufnahme in das Förderprogramm:	23.07.1997
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	23.07.1997
Antragstellung:	k.A.
Zuwendungsbescheid:	03.11.1997
Förderzeitraum:	k.A.
Planer:	igr Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Rosenthal & Partner GmbH Leinefelde
Submission:	15.04.1998
Vergabeempfehlung von BEO:	25.05.1998
Vergabeentscheidung:	k.A.
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	k.A.
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	04.05.1998 LEI-602Y.DOC
Realisierungszeitraum /Fertigstellung:	09/ 1998
Aufnahme des Probetriebes:	10.03.1999
Offizielle Inbetriebnahme:	01 / 1999
Meßperioden (MP):	1. MP vom 10.03.1999 -09.03.2000 2. MP vom 09.03.2000 -08.03.2001 3. MP vom 09.03.2001 -08.03.2002
Projektlaufzeit:	01.11.1997 – 30.05.2000
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	liegt nicht vor

Zusammenfassung

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im September 1998. Aufgrund von noch nicht abgestellten Mängeln an der Anlage konnte der Probetrieb erst im Januar 1999 begonnen werden. Die Ertragserfassung begann am 10. März 1999.

Im Verlaufe der Monate März / April 1999 zeigten sich weitere, bisher im Verborgenen gebliebene, Mängel (zugesetzte Wärmetauscher, Luft im Kollektorkreis, nicht korrekt eingestellter Entladeregler). Die Mängel konnten erst im Verlaufe des Monats Mai 1999 vollständig beseitigt werden. Es mußten zum Teil erhebliche Nachbesserungsarbeiten ausgeführt werden.

Ausführung und Qualität des Kollektorfeldes waren ohne Beanstandung.

In der ersten Meßperiode hat die Anlage den vom Bieter garantierten Solarertrag von 72.160kWh mit 60.322 nicht erfüllt (79,83%). Auch in der zweiten Meßperiode wurde trotz störungsfreierem Anlagenbetrieb der garantierte Solarertrag mit 61.745kWh nicht erreicht (85,13%). Nach dem im Juni 2001 vorgenommenen Umbau der Anlage konnte der Garantiertrag im drittem Meßjahr erbracht werden.

3.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

(Förderkennzeichen 0329602U)

(aktive Kollektorfläche 716,8 m², Pufferspeicher 2x 17,5 m³)



(Foto: TU I / FG TFD mit freundlicher Genehmigung durch Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik, Sondershausen)

Gesamtkosten:	521.438,15 EUR	1.019.844,37 DM)	Kosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	501.549,70 EUR	(980.945,94 DM)	Schlußrechnung vom
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	66.484,64 EUR	(130.032,65 DM)	28.09.2001
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	57.850,76 EUR	(113.146,25 DM)	(NO2-602U.DOC)
Zuwendung für Solaranlage:	324.636,47 EUR	(634.933,75 DM)	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	73,35 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	70,03 %

Südharzkrankenhaus Nordhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	329.360					0,239	0,1122
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	329.360					0,240	0,123
1. Betriebsjahr (8.4.99-7.4.00)	395.271	111,14	ja	108,19	ja	0,2000	0,1023
2. Betriebsjahr (8.4.00-7.4.01)	369.933	120,84	ja	117,15	ja	0,2011	0,1028
3. Betriebsjahr (8.4.01-7.4.02)	310.690	102,04	ja	97,63	ja	0,2545	0,1301

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$\Rightarrow (\text{Nutzwärmekosten* [DM / kWh]} = \text{Annuität [DM / a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]})$$

$$\Rightarrow (\text{Nutzwärmekosten* [EUR / kWh]} = \text{Annuität [EUR / a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]})$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 7 !

Einreichg. D. Projektvorschlages / Fragebogen: 19.09.1995 / 06.11.1995

Objektbesichtigung: 20.03.1996

Aufnahme in das Förderprogramm:	19.04.1996
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	28.06.1996
Antragstellung:	07/1996
Zuwendungsbescheid:	30.06.1997
Planer:	LiS Ingenieurbüro für Licht- und Solartechnik, Waldstraße 2,99706 Berka
Submission:	20.03.1998
Vergabeempfehlung von BEO:	23.03.1998
Vergabeentscheidung:	04.05.1998
Kostenrahmen bewilligt vom:	28.06.1996 NO2-602U.DOC
Kostenrahmen Vergabe:	06.05.1998 NO2-602U.DOC
Realisierungszeitraum:	05 / 1998 – 09 / 1998
Aufnahme des Probetriebes:	26.10.1998
Offizielle Inbetriebnahme:	27.11.1998
Meßperioden (MP):	1. MP vom 08.04.1999 - 07.04.2000 2. MP vom 08.04.2000 - 07.04.2001 3. MP vom 08.04.2001 - 07.04.2002
Endgültige Kostenübersicht ist-kosten abgerechnet:	vom 28.09.2001 NO2-602U.DOC
Projektlaufzeit :	01.05.1997 – 31.01.2000

Zusammenfassung:

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im September 1998. Der Probetrieb wurde am 26. Oktober 1998 aufgenommen und nach 6 Wochen beendet. Wenige Wochen nach Inbetriebnahme der Anlage fielen die Volumenzähler des Zirkulationskreises aus (Überlastung durch Unterdimensionierung). Seit der Nachbesserung läuft die Anlage ohne Ausfälle von Komponenten.

Die offizielle Übergabe der Anlage an den Betreiber erfolgte am 27. November 1998. Aufgrund der fehlenden Volumenzähler in den Zirkulationskreisen konnte die Ertragserfassung erst am 07. April 1999 begonnen werden.

1999 sind Unregelmäßigkeiten in den Entladekreisen bei der Vorwärmung des Brauchwassers festgestellt worden. Diese Unregelmäßigkeiten haben jedoch nicht zur Folge, daß die Anlage die angestrebten Erträge nicht erbringen konnte.

Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Fa. Meßer und die Fa. Sanitas (Brauchwassersystem) waren sehr gut. Es mußten keine Nachbesserungsarbeiten ausgeführt werden.

Für die Nachrechnung des Garantiertrages wurde als Anlagenertrag nicht QSV sondern QSS verwendet. Im vierten Betriebsjahr wurde eine stetig größer werden Differenz zwischen den Leistungen QSV und QSS festgestellt. Nach Abschluss der 3. Meßperiode belief sich diese Differenz auf 69.412 kWh. Es liegt entweder ein Defekt in der Meßtechnik vor oder die Differenz hat ihre Ursache in den oben beschriebenen Unregelmäßigkeiten der Entladekreise. Die Anlage hat auch im 3. Meßjahr den Garantiertrag erbracht.

3.2.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt (Förderkennzeichen 0329602W)

(aktive Kollektorfläche 203,2 m² , Pufferspeicher 2x 5,5 m³)



(Foto: TU I / FG TFD 2000)

Gesamtkosten: **190.169,90 EUR** (371.940,00 DM) ¹⁾ ¹⁾Kosten aus Bewilligung
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **134.791,81 EUR** (268.078,00 DM) ¹⁾
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist **EUR** (DM)
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **51.088,28 EUR** (99.920,00 DM) ¹⁾ ²⁾Kosten aus Vergabe
Zuwendung für Solaranlage: **110.586,10 EUR** (216.229,00 DM) ¹⁾

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage:** **85 %** ¹⁾ ³⁾Schlußrechnung liegt nicht vor
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %** ¹⁾
Solaranlage inkl. Planung: **79,5 %** ¹⁾

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs-Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	95.000			0,246 0,1258
Bieter (Kosten auf Basis ³⁾ Schlußrechnung)	-			- -
1. Meßjahr (15.02.00-14.02.01)	111.601	99,48 ja	97,85 ja	0,2095 0,1071
2. Meßjahr (15.02.01-14.02.02)	104.184	101,78 ja	96,82 ja	0,2244 0,1147
3. Meßjahr (14.02.02-13.02.03)	105.175	103,62 ja	100,98 ja	0,2222 0,1136

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$(Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])$$

$$\Rightarrow (Nutzwärmekosten* [€ / kWh] = Annuität [EUR /a] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 8 !

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 12.04.1994/12.04.1994

Vorläufige Aufnahme in das Programm: 16.05.1994

Objektbesichtigung:	15.02.1995
Aufnahme in das Förderprogramm:	24.10.1995
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	02.09.1996
Antragstellung:	k. A.
Zuwendungsbescheid:	k. A.
Planer:	Ingenieurbüro Dr. Wintzer, Anna-Siemsen-Straße 61, 07745 Jena
Submission:	09.12.1997
Vergabeempfehlung von BEO:	23.02.1998
Vergabeentscheidung:	23.04.1998
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	02.09.1996
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	k. A.
Realisierungszeitraum:	04 / 1997 – 12 / 1998
Techn. Abnahme / Aufnahme des Probetriebes:	16.12.1998 / 16.12.1998
Offizielle Inbetriebnahme:	15.02.2001 (Beginn der ersten Meßperiode)
Meßperioden (MP):	1. MP vom 16.02.2000 - 15.02.2001 2. MP vom 15.02.2001 - 14.02.2002 3. MP vom 14.02.2002 - 13.02.2003
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	k. A.
Projektlaufzeit:	01.03.1997 – 30.09.1999

Zusammenfassung

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im September 1998. Die mit der Abnahme festgestellten Mängel konnten erst zum 15. Juli 1999 beseitigt werden.

Im Dezember 1999 erfolgte die Übernahme der Anlage durch die TU-Ilmenau.

Am 16. Februar wurde die erste Meßperiode begonnen.

Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Fa. Akut ist gut.

Die 3 Meßperioden wurden mit ausgezeichneten Ergebnissen (siehe oben) abgeschlossen.

3.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg (Förderkennzeichen: 0329603E)

(aktive Kollektorfläche 95,52 m² , Pufferspeicher 5,54 m³)



(Foto: TU Ilmenau, FG TFD 2001)

Gesamtkosten:	101.192,88 EUR	(197.916,07 DM) ²⁾	
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	69.295,44 EUR	(135.530,11 DM) ¹⁾	¹⁾ Systemkosten aus Vergabe v. 31.05.1999
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:	66.484,64 EUR	(130.032,65 DM)	²⁾ Systemkosten aus Schlußrechnung v. 25.10.2001
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	34.708,24 EUR	(67.883,42 DM) ²⁾	
Zuwendung für Solaranlage:	36.126,77 EUR	(70.657,83 DM) ²⁾	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	70 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	54,34 %

Kreiskrankenhaus Sonneberg	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	52.800					0,224	0,1146
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	52.800					0,215	0,1099
1. Betriebsjahr (25.1.01-24.1.02)	32.144	92,28	ja	91,16	ja	0,353	0,1804
2. Betriebsjahr (25.1.02-24.1.03)	30.755	90,37	ja	94,12	ja	0,369	0,1885
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$\Rightarrow \text{Nutzwärmekosten* [DM / kWh]} = \text{Annuität [DM / a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}$$

$$\Rightarrow \text{Nutzwärmekosten* [EUR / kWh]} = \text{Annuität [EUR / a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 9 !

Einreichg. D. Projektvorschlages / Fragebogen: 09.04.1996 / 03.12.1997

Objektbesichtigung: 03.02.1998 / 06.11.1998

Aufnahme in das Förderprogramm:	10.03.1998 /02.09.1998
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	02.09.1998
Antragstellung:	15.10.1998
Zuwendungsbescheid:	09.03.1999 / 30.04.1999
Planer:	Ingenieurbüro Dr. W. Wintzer, Anna-Siemsen-Straße 61, 07745 Jena
Submission:	07.04.1999
Vergabeempfehlung von BEO:	27.05.1999
Vergabeentscheidung:	31.05.1999
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	30.04.1999
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	16.06.1999 Sonneberg-603E
Realisierungszeitraum:	06 / 1999 – 05 / 2000
Aufnahme des Probetriebes:	24.05.2000
Offizielle Inbetriebnahme:	08.02.2000
Meßperioden (MP):	1. MP vom 25.01.2001 – 24.01.2002 2. MP vom 25.01.2002 – 24.01.2003 3. MP vom 25.03.2003 – 24.03.2004
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	25.10.2001
Projektlaufzeit :	01.03.1999 – 30.11.2001

Zusammenfassung:

Die Inbetriebnahme der Solaranlage erfolgte am 25. Mai 2000. Durch Verzögerungen im Bauablauf des Bettenhaus-Neubaus versorgte die Anlage bis Januar 2001 nur den Altbau mit Solarwärme. Die Restarbeiten für die Einbindung des Neubaus in das Solarsystem erfolgten im Januar 2001. Das erste und zweite Meßjahr (Betriebsjahr) verlief störungsfrei. In beiden Meßjahren wurde die Garantie erfüllt.

3.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau (Förderkennzeichen 0329602 J)

(aktive Kollektorfläche 168,4 m² , Pufferspeicher 7,85 m³)



(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)

Gesamtkosten:	156.634,06 EUR	(306.349,60 DM) ¹⁾	¹⁾ tatsächliche Kosten aus Kostenübersicht vom 04.06.2002 KHIlmenau-9603J.doc
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	114.880,14 EUR	(224.686,04 DM) ²⁾	
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:	112.298,88 EUR	(219.637,52 DM) ¹⁾	
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	43.357,93 EUR	(84.800,73 DM) ¹⁾	
Zuwendung für Solaranlage:	74.117,62 EUR	(144.961,47 DM) ¹⁾	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage¹⁾:	75 %	²⁾ Kostenübersicht Vergabe vom 28.10.1999 KHIlmenau-9603J
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik¹⁾:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung¹⁾:	66 %	

Kreiskrankenhaus Ilmenau	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungsgrad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	84.649					0,2316	0,1184
Bieter (Kosten auf Basis ²⁾ Schlußrechnung)	84.649					0,2263	0,1157
1. Meßjahr (26.10.00-25.10.01)	63.362	86,83	nein	96,57	ja	0,3092	0,1581
2. Meßjahr (25.10.01-24.10.02)	67.152	85,18	nein	95,38	ja	0,2852	0,1458
3. Meßjahr (24.02.02- 23.10.02)	77.750	85,25	nein	95,98	ja	0,2463	0,1259

Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt

$$\begin{aligned} & (\text{Nutzwärmekosten* [DM / kWh]} = \text{Annuität [DM /a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \\ \Rightarrow & (\text{Nutzwärmekosten* [EUR / kWh]} = \text{Annuität [EUR /a]} / \text{jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]}) \end{aligned}$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 10 !

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 29.10.1996 / 16.12.1996

Objektbesichtigung:	03.06.1997
Aufnahme in das Förderprogramm:	09.03.1998
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	09.03.1998
Antragstellung:	22.12.1998 (sowie Schreiben vom 16.06.1999)
Zuwendungsbescheid:	03.08.1999
Planer:	Ingenieurbüro Walter Kürschner Epernayer Strasse 17, 76275 Ettlingen
Submission:	30.09.1999
Vergabeempfehlung von BEO:	28.10.1999
Vergabeentscheidung:	02.11.1999
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	22.07.1999 KHIlmenau-9603J
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	28.10.1999 KHIlmenau-9603J
Realisierungszeitraum:	11 / 1999 – 05 / 2000
Aufnahme des Probetriebes:	07/2000
Offizielle Inbetriebnahme:	09.01.2001
Meßperioden (MP):	1. MP: 26.10.2000 – 25.10.2001 2. MP: 26.10.2001 – 25.10.2002 3. MP: 24.10.2002 – 23.10.2003
Laufzeit:	31.07.1999 – 30.09.2001
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	04.06.2002 KHIlmenau-9603J.doc

Zusammenfassung

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im Mai 2000. Aufgrund von noch nicht abgestellten Mängeln an der Anlage konnte der Probetrieb erst im Juli 2000 aufgenommen werden. Die Ertragserfassung begann am 26. Oktober 2000.

Im Zeitraum Mai – August 2000 wurden die bei der Installation des Datenloggers festgestellten Mängel beseitigt.

Die handwerkliche Ausführung durch die Fa. SESOL (Solarsystem) war sehr gut.

Die Ausführung der Meßtechnik durch die Fa. FEG war nur befriedigend. Es mußten zum Teil erhebliche Nachbesserungsarbeiten ausgeführt werden.

Im Berichtszeitraum der drei Meßperioden lief die Anlage ohne Beanstandungen.

Die 3 Meßperioden wurden mit guten Ergebnissen (jeweils Garantierfüllung) abgeschlossen.

3.2.9 Anlage Wohnhaus Erfurt (Förderkennzeichen 0329602 G)

(aktive Kollektorfläche 127,5 m²-Vakuum-Röhrenkollektor, Pufferspeicher 10 m³)



(Foto: TU I FG TFD 2001)

Gesamtkosten:	221.873,43 EUR	(433.946,72 DM) ¹⁾	¹⁾ Schlußrechnung vom 15.05.2002 KoWoErfurt-9603G.doc
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	178.012,45 EUR	(348.162,18 DM) ²⁾	
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:	112.298,88 EUR	(219.637,52 DM) ¹⁾	
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	43.602,87 EUR	(85.279,81 DM) ¹⁾	
Zuwendung für Solaranlage:	101.875,01 EUR	(199.250,19 DM)	
BMW-Förderung:	der Gesamtanlage¹⁾:	75 %	
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik¹⁾:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung¹⁾:	66 %	

Wohngebäude KoWo Erfurt	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	75.000					0,4048	0,207
1. Betriebsjahr(7.6.01-6.6.02)	42.989	85,01	nein	78,63	nein	0,692	0,354
2. Betriebsjahr(7.6.02-6.6.03)	56.000	97,81	ja	82,65	nein	0,706	0,360
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

$$\begin{aligned} & (\text{Nutzwärmekosten}^* [\text{DM} / \text{kWh}] = \text{Annuität} [\text{DM} / \text{a}] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag} [\text{kWh} / \text{a}]) \\ \Rightarrow & (\text{Nutzwärmekosten}^* [\text{EUR} / \text{kWh}] = \text{Annuität} [\text{EUR} / \text{a}] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag} [\text{kWh} / \text{a}]) \end{aligned}$$

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 11!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen:

05.12.1997 / 17.03.1998

Objektbesichtigung:	04.06.1998
Aufnahme in das Förderprogramm:	03.08.1998
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	22.07.1999
Antragstellung:	k.A.
Zuwendungsbescheid:	01.04.1999
Planer:	IHV-Dipl.-Ing.Greifendorf GmbH, Salzgitterstraße 42, 99867 Gotha
Submission:	22.02.2000
Vergabeempfehlung von BEO:	15.06.2000
Vergabeentscheidung:	10.04.2000
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> :	15.06.2000 KOWOErfurt-9603G
Kostenrahmen <small>Vergabe</small>:	15.05.2002 KOWOErfurt-9603G.doc
Realisierungszeitraum:	07 / 2000 – 02 / 2001
Aufnahme des Probetriebes:	12.02.2001
Offizielle Inbetriebnahme:	07.06.2001
Meßperioden (MP):	1.MP vom 07.06.2001 – 06.06.2002 2.MP vom 07.06.2002 – 06.06.2003 3.MP vom 07.06.2003 – 06.06.2004
Projektlaufzeit:	01.05.1999 – 31.03.2002
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet</small>:	15.01.2003 KOWOErfurt-9603G.doc

Zusammenfassung

Die Anlage wurde am 12.02.01 in Betrieb genommen. Die Ertragserfassung begann am 07. Juni 2001. Bis zu diesem Zeitpunkt sind alle festgestellten Mängel abgestellt worden.

Im Rahmen des Förderprogrammes Solarthermie 2000 wurde in Thüringen erstmals eine Röhrenkollektoranlage in der Gebäudefassade installiert. Die optimale Neigung der Absorber wurde durch Drehen der Röhren in den Modulen um 45° erreicht. Als nicht trivial hat sich der korrekte hydraulische Abgleich des gesamten Kollektorfeldes erwiesen. Ob der unzureichende Kollektornutzungsgrad durch zu geringe Durchströmung der Röhren oder ungleichmäßige Strömungsverteilung im Feld oder weitere Ursachen hervorgerufen wird, ist noch innerhalb der Intensivmessphase zu klären.

Die Anlage hat im 2. Meßjahr die Garantie erfüllt.

3.2.10 Anlage Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge (Förderkennzeichen:0329603K)

(aktive Kollektorfläche 216 m², Pufferspeicher 12 m³)



(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

Gesamtkosten:	203.960,76 EUR	(398.912,57 DM) ¹⁾	¹⁾ Kosten aus Kostenüber-
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	157.881,22 EUR	(308.788,83 DM) ¹⁾	sicht (Vergabe) vom
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist	160.800,75 EUR	(314.499,01 DM) ²⁾	06.04.2000
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	43.523,08 EUR	85.123,74 (DM) ¹⁾	KIEZGüntersberge-
Zuwendung für Solaranlage:	114.079,58 EUR	223.120,26 (DM) ¹⁾	9603K

BMWi-Förderung:	der Gesamtanlage¹⁾:	77,27 %	²⁾ Ist-Kosten
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %	Quelle ZfS
	Solaranlage inkl. Planung:	72,26 %	

KIEZ Güntersberge	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	115.347	-	-	-	-	0,2334	0,1193
1. Betriebsjahr(23.5.02-22.5.03)	35.598	68,69	nein	68,69	nein	0,7703	0,394
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt: (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 => (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 12!

Einreichg. d. Projektvorschlags / Fragebogen: / 01.07.1996

Objektbesichtigung:	21.10.1996
Aufnahme in das Förderprogramm:	12.11.1998
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	30.11.1998
Antragstellung:	k.A.
Zuwendungsbescheid:	10.06.1999
Planer:	EKH Planungsgesellschaft mbH Quedlinburg
Submission:	04.02.2000
Vergabeempfehlung von BEO:	21.03.2000
Vergabeentscheidung:	06.04.2000
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	22.07.1999 KIEZGüntersberge-9603K
Kostenrahmen <small>Vergabe</small>:	06.04.2000
Realisierungszeitraum:	04 / 2000 – 06 / 2000
Aufnahme des Probetriebes:	06.07.2000
Offizielle Inbetriebnahme:	14.07.2000
Meßperioden (MP):	1. MP vom 23.05.2002 – 22.05.2003 2. MP vom 23.05.2003 – 22.05.2004 3. MP vom
Projektlaufzeit:	01.05.1999 - 31.12.2001
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet</small>:	k.A.

Zusammenfassung

Die Inbetriebnahme der Solaranlage erfolgte im Juni 2000. Die Messtechnik wurde am 06. / 07. 07. 2000 installiert. Aufgrund erheblicher Mängel in der Planung und Bauausführung der Anlage konnte das 1. Messjahr erst im Mai 2002 begonnen werden. Es sind jedoch nach Auffassung der TU I noch nicht alle nötigen Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebes realisiert. Das Problem der Auslastung des Objektes bleibt durch die Realisierung dieser Maßnahmen davon allerdings unbenommen. Eine Abwägung des beträchtlichen Kostenaufwandes zum zu erreichenden Nutzen sollte sehr sorgfältig und kritisch vorgenommen werden.

Die Anlage hat im 1. Messjahr den Garantiebetrug weit unterschritten. Die Garantiebedingungen wurden nicht erfüllt.

3.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels (Förderkennzeichen:0329603R)

(aktive Kollektorfläche 104 m² , Pufferspeicher 5 m³ , FKZ 0329603R)



(Foto: TU Ilmenau, FG TFD 2002)

Gesamtkosten:	119.680,96 EUR	(234.075,61 DM) ¹⁾	¹⁾ Kosten aus Kostenübersicht (Vergabe) vom 22.02.2002 Wohngebäude Weißenfels.doc
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	69.730,12 EUR	(136.380,26 DM) ¹⁾	
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist	EUR	(DM)	
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	49.950,84 EUR	(97.695,35 DM) ¹⁾	
Zuwendung für Solaranlage:	39.809,88 EUR	(77.861,35 DM) ¹⁾	
BMWi-Förderung:	der Gesamtanlage¹⁾:	75 %	
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung:	57,09 %	

Wohngebäude Weißenfels	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	47.000	-	-	-	-	0,253	0,1294
1. Betriebsjahr(07.11.02- 6.11.03)	49.665	90,24	ja	91,27	ja	0,2394	0,1224
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt: (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 ⇒ (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 13!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 14.03.2000 / 05.05.2000

Objektbesichtigung: 19.07.2000

Aufnahme in das Förderprogramm:	31.08.2000
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	31.08.2000
Antragstellung:	26.10.2000
Zuwendungsbescheid:	27.11.2000
Planer:	Ingenieurbüro Lang, Zum langen See, 20, 12557 Berlin
Submission:	29.01.2002
Vergabeempfehlung von BEO:	13.02.2002
Vergabeentscheidung vom:	21.02.2002
Vergabeentscheidung an:	ThüSolar GmbH, Rudolstadt
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	29.11.2000 O:\BEO\1_DONAT\DONAT\Kosten\Wohngebäude Weißenfels.doc
Kostenrahmen <small>Vergabe</small>:	22.02.2002 O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\Kosten\Wohngebäude Weißenfels.doc
Realisierungszeitraum:	02 / 2002 – 07 / 2002
Aufnahme des Probetriebes:	17.07.2002
Offizielle Inbetriebnahme:	08.04.2003
Meßperioden (MP):	1. MP vom 07.11.02-06.11.03 2. MP vom 07.11.03-06.11.04 3. MP vom
Projektlaufzeit:	01.11.2000 - 30.06.2003 (30.06.2004)* * mit Änderungsbescheid PTJ vom 16.06.03 kostenneutral verlängert bis 30.06.2004
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet</small>:	liegt derzeit noch nicht vor

Zusammenfassung

Die Inbetriebnahme erfolgte Anfang 06/2002. Die technische Abnahme fand am 03.07.2002 statt. Aufgrund der Lieferverzögerung des Datenloggers konnte die Meßtechnik erst am 11.06.2002 installiert werden. Aufgrund einiger Mängel in der Bauausführung und Störungen im Anlagenbetrieb konnte das 1. Meßjahr erst 11/2002 beginnen. In diesem lief die Anlage störungsfrei. Die Garantiebedingungen wurden bereits im 1. Meßjahr erfüllt.

Als Besonderheit wurde bei dieser Anlage ein Pufferspeicher aus GFK der VKA GmbH Schönbrunn mit Consens -Schichtenlader eingesetzt, der im Freien aufgestellt ist. Die Temperaturschichtung und der Speicherbetrieb erfüllen die Erwartungen sehr gut.

3.2.12 Anlage Wohngebäude Weimar (Förderkennzeichen:0329603 W)

(aktive Kollektorfläche 118 m² , Pufferspeicher 6 m³)



(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2002)

Gesamtkosten:	139.004,39 EUR	(271.868,96 DM) ¹⁾	¹⁾ Kostenübersicht v.
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	85.829,78 EUR	(167.868,46 DM) ¹⁾	02.12.2003
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Ist:	85.732,75 EUR	(167.678,68 DM) ¹⁾	O:\BEO43\1_DONAT\
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	56.143,24 EUR	(109.806,63 DM) ¹⁾	DONATKOSTEN\
Zuwendung für Solaranlage:	48.110,05 EUR	(94.095,75 DM) ¹⁾	Weimar-603W.doc

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	75 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	56 %

Wohngebäude Weimar	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%]	erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%]	erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	60.882	-	-	-	-	0,239	0,122
1. Betriebsjahr (10.10.02-09.10.03)	61.644	86,40	nein	90,42	ja	0,237	0,121
2. Betriebsjahr (10.10.03-09.10.04)	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt: (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 => (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 14!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 28.02.2001 / 20.02.2001

Objektbesichtigung: 03.05.2002

Aufnahme in das Förderprogramm (Projektvorschlag):	20.02.2001
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO/PTJ:	26.06.2001
Antragstellung:	24.07.2001
Zuwendungsbescheid:	26.09.2001
Förderzeitraum:	01.09.2001 – 31.08.2004
Planer:	MGP Ingenieurbüro MENZ-GERHARDT, Weimar
Submission:	11.04.2002
Vergabeempfehlung von BEO/PTJ:	08.05.2002
Vergabeentscheidung:	15.05.2002 an Fa. SESOL, Lange-wiesen
Kostenrahmen <small>bewilligt vom:</small>	28.06.2001
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	08.05.2002
Realisierungszeitraum:	03.06.2002 – 28.08.2002
Aufnahme des Probetriebes:	01.10.2002
Offizielle Inbetriebnahme:	16.09.2002
Meßperioden (MP):	1. MP vom 10.10.2002-09.10.2003 2. MP vom 10.10.2003-09.10.2004 3. MP vom
Projektlaufzeit:	01.09.2001 – 31.08.2004
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	03.12.2003

Zusammenfassung

Die technische Abnahme der Anlage fand am 16.09.2002 statt.

Die Inbetriebnahme erfolgte Anfang Oktober 2002.

Aufgrund von Lieferverzögerungen beim Datenlogger konnte die Meßtechnik erst am 30.09.2002 installiert werden.

Die Anlage lief vom ersten Tag an problemlos, so daß der Probetrieb schon nach einer Woche beendet werden und ab dem 10.10.2002 das 1. Meßjahr beginnen konnte.

Die Garantiebedingungen wurden im 1. Meßjahr erfüllt.

3.2.13 Anlage Wohngebäude Gera (Förderkennzeichen:0329603 X)

(aktive Kollektorfläche 105 m² , Pufferspeicher 5 m³)



(Foto: TU | 2003 mit freundlicher Genehmigung von Ing.-Büro Beutler Gera)

Gesamtkosten:	147.365,00 EUR ^{*1}
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Bewilligung:	93.102,00 EUR ^{*1}
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Vergabe:	78.559,12 EUR ^{*1}
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	37.001,22 EUR ^{*1}
Zuwendung für Solaranlage:	49.669,04 EUR ^{*1}

^{*1} Kostenrahmen vom 12.11.02
 O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\
 KOSTEN\Gera-9603X.doc

BMWA-Förderung:	der Gesamtanlage:	75 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	57 %

Anlage Wohngebäude Gera	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	48.791	-	-			0,274	0,140
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)						0,	0,
1. Betriebsjahr (31.07.03 – 30.07.04)	-	-	-	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:
 (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 ⇒ (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 15!

Einreichg. d. Projektvorschleges / Fragebogen: 12.02.2001 / 16.03.2001

Objektbesichtigung: 09.05.2001

Annahme des Projektvorschlags:	25.04.2001
Aufnahme in das Förderprogramm / Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO/PTJ:	18.06.2001
Antragstellung:	23.08.2001
Zuwendungsbescheid:	07.03.2002
Planer:	Beutler-Ingenieure, Marienstraße 26, 07546 Gera
Submission:	17.10.2002
Vergabeempfehlung von BEO/PTJ:	08.11.2002
Vergabeentscheidung:	12.11.2002 an Fa. Krummrey, Pößneck
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	18.02.2002 O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\KOSTEN\Gera-9603X.doc
Kostenrahmen <small>Vergabe:</small>	12.11.2002 O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\KOSTEN\Gera-9603X.doc
Realisierungszeitraum:	11 / 2002 - 05 / 2003
Aufnahme des Probetriebes:	27.05.2003
Offizielle Inbetriebnahme:	15.09.2003
Meßperioden (MP):	1. MP vom 31.07.2003 – 30.07.2004 2. MP vom 3. MP vom
Projektlaufzeit:	01.03.2002 - 30.09.2005
Endgültige Kostenübersicht <small>ist-kosten abgerechnet:</small>	16.09.2003 O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\KOSTEN\Gera-9603X.doc

Zusammenfassung

Die Anlage wurde 05 / 2003 fertig gestellt. Der Probetrieb begann am 27.05.2003.

Die offizielle Inbetriebnahme war am 15.09.2003.

Die 1. Meßperiode begann am 31.07.2003.

Die Anlage läuft seither störungsfrei.

3.2.14 Anlage Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen (Förderkennzeichen:0329604 A)

(aktive Kollektorfläche 646,2 m² , Pufferspeicher 35 m³)



(Bildquelle: Xtoday-Media Verlag 2003)

Gesamtkosten:*	543.807,04 EUR (1.063.594,12 DM)	* ¹ Kostenübersicht vom 11.06.03
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:	528.290,00 EUR (1.033.245,43 DM)	O:\BEO 43 \ 1_DONAT \ DONAT \
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:	461.816,44 EUR (903.234,44 DM)	KOSTEN \Frankenhausen-604A.doc
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	74.436,60 EUR (145.585,34 DM)	(Vergabekosten)
Zuwendung für Solaranlage:	302.900,52 EUR (592.421,92 DM)	

BMWi-Förderung:	der Gesamtanlage:	55,7%
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	49,47 %

Reha Klinik der BfA in Bad Frankenhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	298.440			0,264 0,135
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)				0, 0,
1. Betriebsjahr	-	-	-	- -
2. Betriebsjahr	-	-	-	- -
3. Betriebsjahr	-	-	-	- -

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt: (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 => (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Die technische Beschreibung zur Solaranlage finden Sie in Anlage 16!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen: 10.08.2001

Objektbesichtigung: 20.02.2002

Aufnahme in das Förderprogramm:	15.04.2002
Übergabe der Antragsunterlagen durch BEO:	15.04.2002 O:BEO43\1_DONAT\DONAT\ 19.08.2002 KOSTEN\Frankenhausen-603Z.doc
Planer:	Ing.-Büro LiS, Carl-Schroeder-Straße 5, 99706 Sondershausen
Submission:	13.02.2003
Vergabeentscheidung:	28.03.2003
Kostenrahmen vorauss.bewilligt vom:	22.05.2002 O:BEO43\1_DONAT\DONAT\ KOSTEN\Frankenhausen-603Z.doc
Kostenrahmen Vergabe:	12.03.2003 O:BEO43\1_DONAT\DONAT\ KOSTEN\Frankenhausen-604A.doc
Realisierungszeitraum:	01.04.2003 – 18.07.2003
Aufnahme des Probetriebes:	16.07.2003
Offizielle Inbetriebnahme:	18.07.2003
Meßperioden (MP):	1. MP vom -voraussichtlich ab 05 / 2004 - 2. MP vom 3. MP vom
Endgültige Kostenübersicht ist-kosten abgerechnet:	liegt noch nicht vor

Zusammenfassung

Die Anlage ist am 18.07.2003 in den Probetrieb gegangen.

Die gesamte Solaranlage besteht aus 3 Teilanlagen: 1. Klassisches Brauchwasservorwärmesystem, 2. Schwimmbeckenerwärmung, 3. Heizungsunterstützung

Die offizielle Inbetriebnahme erfolgte am 18.07.2003.

Das 1. Meßjahr beginnt ab 05 / 2004.

3.2.14 Anlage Staatliches Sportgymnasium (Planung in 2004 / Ausführung in 2005)
(Förderkennzeichen:0329603Y)

(Kollektorfläche bewilligt 130 m² , Pufferspeicher vorauss. 2 x 50 m³)



(Fotos: TU Ilmenau TFD 2001)

Gesamtkosten:* ¹	180.753,00 EUR (353.522,14 DM)	* ¹ Kostenübersicht vom 02.01.02
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:	125.766,00 EUR (245.976,92 DM)	O:\ 1_DONAT \ DONAT \
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:	- Submission 02 / 2005 -	KOSTEN \Sportgymnasium
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	52.216,00 EUR (102.125,62 DM)	Oberhof.doc (Bewilligung)
Zuwendung für Solaranlage:	135.565,00 EUR (265.142,09 DM)	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	75 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	64 %

Staatliches Sportgymnasium Oberhof	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Abschätzung* ¹	65.000			0,33 0,1687
Bieter (Kosten auf Basis- Vergabe)				
1. Betriebsjahr	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-

* Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:
 (Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])
 ⇒ (Nutzwärmekosten* [EUR / kWh] = Annuität [EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

Zur Beachtung: Erläuterungen zur vorgesehenen Solaranlage finden Sie in Anlage 17!

Einreichg. d. Projektvorschlages / Fragebogen:	06.09.2000
Objektbewertung:	16.05.2001
Nachtrag zur Objektbewertung:	13.06.2001
Aufnahme in das Förderprogramm:	22.08.2001
Aktualisierte Vorhabensbeschreibung:	12.10.2001 Staatsbauamt Suhl
Zuwendungsbescheid: Planer (für den Solarteil):	06.02.2002 Ingenieurbüro für Umwelt und Energie, Dipl.-Phys. R. Maschke, Jahnstraße 21, 07381 Pößneck
Projektlaufzeit:	06.02.2002 – 31.12.2006
Kostenrahmen <small>bewilligt</small> vom:	O:\1_DONAT\DONAT\ KOSTEN \SportgymnasiumOberhof.doc
Vorgesehener Zeitplan (Stand 28.01.2004):	1. Ausführungsplanung: ab 2 / 2004 2. Erstellung des LV: 6-7 / 2004 3. Veröffentlichung d. Ausschreibungsankündigung: 11 / 2004 4. Angebotsprüfung / Vergabevorschlag: 1-2 / 2005 5. Vergabe: 2-3 / 2005 6. Montage der Solarkollektoren: 6-7 / 2005 7. Beladeseitige Installation des Solarsystems: 7 / 2005 8. Test des Beladeverhaltens der Großspeicher: 8 / 2005 9. Inbetriebnahme der Solaranlage: 9-10 / 2005 (mit der Inbetriebnahme des neuen Heizhauses

Zusammenfassung

Auf der Grundlage der Verbrauchsmessungen und der Möglichkeit, eine solare Heizungsunterstützung zu realisieren, wurde folgende Anlagenauslegung abgestimmt:

- Solarabsorberfläche: 130 m²
- Pufferspeicher: 50 m³ (von den 6 vorhandenen Pufferspeichern wird einer ständig von der Solaranlage beladen und zur Trinkwasservorwärmung und Heizungsunterstützung entladen. Von den verbleibenden 5 Puffern sollen 3-4 zur Überbrückung der sommerlichen Schließzeit des Gymnasiums genutzt werden. Die für die Solaranlage nicht benötigten Speicher werden als Pufferspeicher für die geplante Biomasseheizung (Holzhackschnitzel) genutzt.

Das vorhandene Heizhaus wird umgebaut und saniert. Dabei wird die vorhandene Nachtspeicherheizung durch eine Holzhackschnitzel-Heizung ersetzt. Die vorhandenen Pufferspeicher werden erhalten und als Solarpuffer bzw. als Pufferspeicher der Heizungsanlage genutzt.

In der verglasten Südfassade wird das Kollektorsystem als Solarfassade integriert.

Eine komplette Vorhabensbeschreibung finden Sie in der Anlage 17 !

3.3 Bewertung der Meßergebnisse / evtl. Optimierungsvorschläge

Für die Überprüfung der gemessenen Solarerträge unter Berücksichtigung der abgegebenen Ertragsgarantie werden 2 Rechengänge mit einem anerkannten Simulationsprogramm durchgeführt. Es werden nur die Eingabedaten für Strahlung in die horizontale Ebene und Verbrauch verändert. Alle anderen Eingaben bleiben gleich:

1. Rechnung mit den vorgegebenen Werten für Strahlung und Verbrauch (aus Randbed. LV).

2. Rechnung mit den gemessenen Werten für Strahlung und Verbrauch.

Mit dem Ergebnis aus den beiden Rechnungen (Solarertrag) und der dazugehörigen Einstrahlung in die Kollektorebene werden die Systemnutzungsgrade gebildet. Aus dem Verhältnis der Nutzungsgrade wird ein Faktor ermittelt mit dem der garantierte Solarertrag erhöht (wenn Strahlung und/oder Verbrauch höher als in Randbed. LV) oder abgemindert (wenn Strahlung und/oder Verbrauch kleiner als in Randbed. LV) wird. Die Garantie ist erfüllt wenn entweder 90% der umgerechneten Energiegarantie vom gemessenen Solarertrag erreicht werden oder 90% des umgerechneten Systemnutzungsgrades erfüllt werden.

3.3.1 Senioren- und Pflegeheim 'Käthe Kollwitz' Jena-Lobeda (Förderkennzeichen:0329602C)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmeßprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 2**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Anhand der Meßdaten kann festgestellt werden, daß die Anlage optimal läuft.

Es sind keine Optimierungen notwendig.

3.3.2 Senioren- und Pflegeheim Pößneck (Förderkennzeichen:0329602J)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 3**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Optimierungsmöglichkeiten des Solarsystems bestehen aktuell nicht.

3.3.3 Kreiskrankenhaus Neuhaus (Förderkennzeichen:0329602G)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantieertrag finden Sie in der **Anlage 4**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Die Anlage läuft bisher störungsfrei. Es bedarf aktuell keiner Optimierung des Solarsystems.

3.3.4 Wohngebäude Leinefelde (Förderkennzeichen:0329602Y)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantieertrag finden Sie in der **Anlage 6**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Anhand der Meßdaten kann festgestellt werden, daß die Anlage zufriedenstellend läuft. Es bedarf aktuell keiner Optimierung des Solarsystems.

3.3.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (Förderkennzeichen:0329602Y)

Meßergebnisse

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden mit sehr guten Ergebnissen erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantieertrag finden Sie in der **Anlage 7**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Die Anlage läuft zum aktuellen Zeitpunkt ohne Beanstandungen.

Es sind keine Optimierungen des Systems notwendig.

3.3.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt

(Förderkennzeichen: 0329602 W)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden mit sehr guten Ergebnissen erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 8**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: aktuell keine

3.3.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

(Förderkennzeichen: 0329603E)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das 2. Meßjahr abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden mit guten Ergebnissen erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 9**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: aktuell keine

3.3.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

(Förderkennzeichen: 0329602J)

Meßergebnisse

Die Anlage hat das dreijährige Intensivmessprogramm abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage10**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Die Anlage läuft zum aktuellen Zeitpunkt ohne Beanstandungen.

Es sind keine Optimierungen des Systems notwendig.

3.3.9 Anlage Wohnhaus Erfurt

(Förderkennzeichen: 0329602G)

Meßergebnisse:

Die Anlage hat das 2. Meßjahr abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 11**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: Ein Optimierungsprogramm läuft seit September 2003.

3.3.10 Anlage Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge

(Förderkennzeichen: 0329603K)

Die Anlage hat das 1. Meßjahr abgeschlossen. Die Garantie im 1. Meßjahr wurde nicht erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 12**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems:

Es sind zur Zeit noch nicht alle vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen realisiert. Das Problem der Auslastung des Objektes läßt sich mit anlagentechnischen Mitteln leider nicht beheben. Eine Abwägung von Aufwand und Nutzen sollte vor der Realisierung weiterer Maßnahmen sehr kritisch vorgenommen werden.

3.3.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
(Förderkennzeichen: 0329602R)

Die Anlage hat das 1. Meßjahr abgeschlossen.

Als Besonderheit wurde hier ein im Freien stehender GFK-Pufferspeicher eingesetzt. Die Garantiebedingungen wurden mit guten Ergebnissen erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 13**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: aktuell keine

3.3.12 Anlage Wohngebäude Weimar
(Förderkennzeichen: 0329603W)

Die Anlage hat das 1. Meßjahr abgeschlossen.

Die Garantiebedingungen wurden erfüllt.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage einschl. der Berechnungen zum Garantiertrag finden Sie in der **Anlage 14**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: aktuell keine

3.3.13 Anlage Wohngebäude Gera
(Förderkennzeichen: 0329603X)

Die Anlage hat am 31.07.2003 das erste Meßjahr begonnen.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlage finden Sie in der **Anlage 15**.

Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems: aktuell keine

3.3.14 Anlage Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen
(Förderkennzeichen: 0329604A)

Die Anlage läuft zur Zeit im Probetrieb. Eine ausführliche Beschreibung der Anlage finden Sie in der **Anlage 16**.

3.3.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
(Förderkennzeichen: 0329603Y)

Die Anlage befindet sich zur Zeit in der Planung.

Eine Vorhabensbeschreibung finden Sie in der **Anlage 17**.

3.4 Kostenbetrachtungen / Garantieverfüllung

Die Nutzwärmekosten werden als Quotient aus der absoluten Annuität für das installierte System und dem jährlichen Ertrag an solarer Nutzwärme ermittelt:

Nutzwärmekosten* [€ / kWh] = Annuität [€ / a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a]
 - bei relativer Annuität 8,72% bei einer angenommenen Lebensdauer von 20 Jahren -

Erfüllung der Garantie zum Solarertrag im Gesamtzeitraum unter den eingangs genannten Bedingungen zur angenommenen Lebensdauer.

Die kompletten Berechnungsblätter zum jeweiligen Garantievertrag sind in den Anlage 2 - 13 enthalten.

3.4.1 Senioren- und Pflegeheim 'Käthe Kollwitz' Jena-Lobeda (Förderkennzeichen:0329602C)

Gesamtkosten: **203.335,46 EUR** (397.689,60 DM)
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Verg.: **139.978,42 EUR** (273.774,00 DM)
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Ist: **146.471,32 EUR** (286.473,00 DM)
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **38.481,95 EUR** (75.264,15 DM)
Zuwendung für Solaranlage: **134.353,18 EUR** (262.771,98DM)

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage: 85 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: 100 %
Solaranlage inkl. Planung: 90 %

Senioren- u. Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena-Lobeda	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	101.907					0,2343 ^{*1}	0,1198
1. Betriebsjahr (3.4.96-2.4.97)	82.902	103,36	ja	99,20	ja	0,3013 ^{*2}	0,1541
2. Betriebsjahr (3.4.97-2.4.98)	92.991	97,43	ja	97,43	ja	0,2686 ^{*2}	0,1373
3. Betriebsjahr (3.4.98-2.4.99)	82.621	87,94	nein	88,13	nein	0,3023 ^{*2}	0,1546

3.4.2 Senioren- und Pflegeheim Pößneck (Förderkennzeichen:0329602J)

Gesamtkosten: **107.565,44 EUR** (210.379,71 DM)¹⁾ Schlussrech-

Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe: 60.717,47 EUR (118.753,04 DM)¹⁾ nung vom
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist: 65.835,40 EUR (128.762,85 DM)¹⁾ 26.10.1999
Spez. Meßtechnik für ST2000: 37.921,25 EUR (74.167,52 DM)¹⁾ PÖß-602J
Zuwendung für Solaranlage: 48.131,10 EUR (94.136,25 DM)¹⁾

BMW-Förderung: der Gesamtanlage: 80 %
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: 100 %
Solaranlage inkl. Planung: 73,11 %

Senioren- und Pflegeheim Pößneck	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)						0,23	0,1176
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	45.500					0,2730	0,1396
1. Betriebsjahr _(17.1.97-16.1.98)	40.961	96,42	ja	96,63	ja	0,3032	0,1550
2. Betriebsjahr _(17.1.98-16.1.99)	37.415	94,28	ja	98,57	ja	0,3320	0,1697
3. Betriebsjahr _(17.1.99-16.1.00)	36.577	88,43	nein	90,47	ja	0,3396	0,1736

3.4.3 Kreiskrankenhaus Neuhaus (Förderkennzeichen:0329602G)

Gesamtkosten: 125.526,57 EUR (245.508,63 DM) ¹⁾ ¹⁾reale Kosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: 71.758,05 EUR (140.346,54 DM) ¹⁾ Kostenübersicht vom
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist 72.832,80 EUR (142.448,57 DM) 26.03.1999
Spez. Meßtechnik für ST 2000: 33.461,88 EUR (65.445,74 DM) ¹⁾ (NEU-602G.DOC)
Zuwendung für Solaranlage: 63.969,91 EUR (125.114,26 DM) ¹⁾

BMW-Förderung: der Gesamtanlage: 77,6 % ¹⁾
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: 100 %
Solaranlage inkl. Planung: 87,83 % ¹⁾

Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	50.000					0,2448	0,1252
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	50.000					0,2484	0,1270
1. Meßjahr _(28.08.97-27.08.98)	43.475	94,90	ja	96,27	ja	0,2857	0,1461
2. Meßjahr _(27.08.98-26.08.99)	42.978	105,84	ja	105,31	ja	0,2890	0,1478
3. Meßjahr _(26.08.99-24.08.00)	48.780	104,34	ja	107,35	ja	0,2546	0,1302

3.4.4 Wohngebäude Leinefelde

(Förderkennzeichen:0329602Y)

Gesamtkosten:	136.120,50 EUR	(266.228,56 DM)	¹⁾ es liegt keine
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	61.238,91 EUR	(197.716,87 DM)	Schlußrechnung
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist	¹⁾		vor
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	35.029,47 EUR	(68.511,44 DM)	
Zuwendung für Solaranlage:	63.969,91 EUR	(125.114,26 DM)	

BMWi-Förderung:	der Gesamtanlage:	72,85 %	¹⁾
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %	
	Solaranlage inkl. Planung:	63,45 %	¹⁾

Wohngebäude Leinefelde	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%]	erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%]	erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	72.160					0,2389 * 0,1221*
1. Betriebsjahr (03/99-03/00)	60.322	79,83	nein	81,39	nein	0,286 0,1462
2. Betriebsjahr (03/00-03/01)	61.745	85,13	nein	87,09	nein	0,279 0,1427
3. Betriebsjahr (03/01-03/02)	59.281	93,46	ja	93,32	ja	0,2908 0,1487

3.4.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
(Förderkennzeichen:0329602Y)

Gesamtkosten:	521.438,15 EUR	1.019.844,37 DM)	Kosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	501.549,70 EUR	(980.945,94 DM)	Schlußrechnung vom
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	66.484,64 EUR	(130.032,65 DM)	28.09.2001
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	57.850,76 EUR	(113.146,25 DM)	(NO2-602U.DOC)
Zuwendung für Solaranlage:	324.636,47 EUR	(634.933,75 DM)	

BMWi-Förderung:	der Gesamtanlage:	73,35 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	70,03 %

Südharzkrankenhaus Nordhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%]	erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%]	erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	329.360					0,239 0,1122
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	329.360					0,240 0,123
1. Betriebsjahr (8.4.99-7.4.00)	395.271	111,14	ja	108,19	ja	0,2000 0,1023
2. Betriebsjahr (8.4.00-7.4.01)	369.933	120,84	ja	117,15	ja	0,2011 0,1028
3. Betriebsjahr (8.4.01-7.4.02)	310.690	102,04	ja	97,63	ja	0,2545 0,1301

3.4.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt
(Förderkennzeichen: 0329602 W)

Gesamtkosten:	190.169,90 EUR	(371.940,00 DM)	¹⁾ ¹⁾ Kosten aus Bewil-
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	134.791,81 EUR	(268.078,00 DM)	ligung
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist	³⁾ EUR	(DM)	

Spez. Meßtechnik für ST 2000: **51.088,28 EUR** (99.920,00 DM) ¹⁾ ²⁾Kosten aus Vergabe
Zuwendung für Solaranlage: **110.586,10 EUR** (216.229,00 DM) ¹⁾

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage:** **85 %** ¹⁾ ³⁾Schlußrechnung liegt
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %** ¹⁾ nicht vor
Solaranlage inkl. Planung: **79,5 %** ¹⁾

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs-Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	95.000			0,246 0,1258
Bieter (Kosten auf Basis ³⁾ Schlußrechnung)	-			- -
1. Meßjahr (15.02.00-14.02.01)	111.601	99,48 ja	97,85 ja	0,2095 0,1071
2. Meßjahr (15.02.01-14.02.02)	104.184	101,78 ja	96,82 ja	0,2244 0,1147
3. Meßjahr (14.02.02-13.02.03)	105.175	103,62 ja	100,98 ja	0,2222 0,1136

3.4.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg (Förderkennzeichen: 0329602 E)

Gesamtkosten: **101.192,88 EUR** (197.916,07 DM)²⁾ ¹⁾ Systemkosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **69.295,44 EUR** (135.530,11 DM)¹⁾ Vergabe v. 31.05.1999
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist: **66.484,64 EUR** (130.032,65 DM) ²⁾ Systemkosten aus
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **34.708,24 EUR** (67.883,42 DM)²⁾ Schlußrechnung v.
Zuwendung für Solaranlage: **36.126,77 EUR** (70.657,83 DM)²⁾ 25.10.2001

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage:** **70 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %**
Solaranlage inkl. Planung: **54,34 %**

Kreiskrankenhaus Sonneberg	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs-Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	52.800			0,224 0,1146
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	52.800			0,215 0,1099
1. Betriebsjahr (25.1.01-24.1.02)	32.144	92,28 ja	91,16 ja	0,353 0,1804
2. Betriebsjahr (25.1.02-24.1.03)	30.755	90,37 ja	94,12 ja	0,369 0,1885
3. Betriebsjahr	-	-	-	- -

3.4.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau (Förderkennzeichen: 0329602J)

Gesamtkosten: **156.634,06 EUR** (306.349,60 DM) ¹⁾ ¹⁾ tatsächliche Kosten aus
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **114.880,14 EUR** (224.686,04 DM) ²⁾ Kostenübersicht
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist: **112.298,88 EUR** (219.637,52 DM) ¹⁾ vom 04.06.2002
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **43.357,93 EUR** (84.800,73 DM) ¹⁾ KHIlmenau-9603J.doc

Zuwendung für Solaranlage: **74.117,62 EUR** (144.961,47 DM)¹⁾

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage¹⁾:** **75 %** ²⁾ Kostenübersicht Vergabe vom 28.10.1999
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik¹⁾: **100 %**
Solaranlage inkl. Planung¹⁾: **66 %** KHllmenau-9603J

Kreis Krankenhaus Ilmenau	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungsgrad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	84.649					0,2316	0,1184
Bieter (Kosten auf Basis ²⁾ Schlußrechnung)	84.649					0,2263	0,1157
1. Meßjahr (26.10.00-25.10.01)	63.362	86,83	nein	96,57	ja	0,3092	0,1581
2. Meßjahr (25.10.01-24.10.02)	67.152	85,18	nein	95,38	ja	0,2852	0,1458
3. Meßjahr (24.02.02- 23.10.02)	77.750	85,25	nein	95,98	ja	0,2463	0,1259

3.4.9 Anlage Wohnhaus Erfurt (Förderkennzeichen 0329602 G)

Gesamtkosten: **221.873,43 EUR** (433.946,72 DM)¹⁾ ¹⁾ Schlußrechnung vom 15.05.2002
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **178.012,45 EUR** (348.162,18 DM)²⁾ KoWoErfurt-9603G.doc
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist: **112.298,88 EUR** (219.637,52 DM)¹⁾

Spez. Meßtechnik für ST 2000: **43.602,87 EUR** (85.279,81 DM)¹⁾
Zuwendung für Solaranlage: **101.875,01 EUR** (199.250,19 DM)

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage¹⁾:** **75 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik¹⁾: **100 %**
Solaranlage inkl. Planung¹⁾: **66 %**

Wohngebäude KoWo Erfurt	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungsgrad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	75.000					0,4048	0,207
1. Betriebsjahr(7.6.01-6.6.02)	42.989	85,01	nein	78,63	nein	0,692	0,354
2. Betriebsjahr(7.6.026.6.03)	56.000	97,81	ja	82,65	nein	0,706	0,360
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

3.4.10 Anlage Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge (Förderkennzeichen: 0329603K)

Gesamtkosten: **203.960,76 EUR** (398.912,57 DM)¹⁾ ¹⁾ Kosten aus Kostenübersicht (Vergabe) vom 06.04.2000
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **157.881,22 EUR** (308.788,83 DM)¹⁾
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist **160.800,75 EUR** (314.499,01 DM)²⁾ KIEZGüntersberge-9603K
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **43.523,08 EUR** 85.123,74 (DM)¹⁾
Zuwendung für Solaranlage: **114.079,58 EUR** 223.120,26 (DM)¹⁾

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage¹⁾:** **77,27 %** ²⁾Ist-Kosten
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %** Quelle ZfS
Solaranlage inkl. Planung: **72,26 %**

KIEZ Güntersberge	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	NutzwärmeKosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	115.347	- -	- -	0,2334 0,1193
1. Betriebsjahr(23.5.02-22.5.03)	35.598	68,69 nein	68,69 nein	0,7703 0,394
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	- -
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	- -

3.4.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels (Förderkennzeichen: 0329602R)

Gesamtkosten: **119.680,96 EUR** (234.075,61 DM)¹⁾ ¹⁾Kosten aus Kostenüber-
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **69.730,12 EUR** (136.380,26 DM)¹⁾ sicht (Vergabe) vom
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist **EUR** (DM) 22.02.2002
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **49.950,84 EUR** (97.695,35 DM)¹⁾ Wohngebäude Weißen-
Zuwendung für Solaranlage: **39.809,88 EUR** (77.861,35 DM)¹⁾ fels.doc

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage¹⁾:** **75 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %**
Solaranlage inkl. Planung: **57,09 %**

Wohngebäude Weißenfels	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	NutzwärmeKosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	47.000	- -	- -	0,253 0,1294
1. Betriebsjahr(07.11.02- 6.11.03)	49.665	90,24 ja	91,27 ja	0,2394 0,1224
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	- -
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	- -

3.4.12 Anlage Wohngebäude Weimar (Förderkennzeichen: 0329603W)

Gesamtkosten: **139.004,39 EUR** (271.868,96 DM)¹⁾ ¹⁾Kostenübersicht v.
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe: **85.829,78 EUR** (167.868,46 DM)¹⁾ 02.12.2003
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Ist: **85.732,75 EUR** (167.678,68 DM)¹⁾ O:\BEO43\1_DONAT\
Spez. Meßtechnik für ST 2000: **56.143,24 EUR** (109.806,63 DM)¹⁾ DONAT\KOSTEN\
Zuwendung für Solaranlage: **48.110,05 EUR** (94.095,75 DM)¹⁾ Weimar-603W.doc

BMW-Förderung: **der Gesamtanlage:** **75 %**
der speziellen zusätzlichen Meßtechnik: **100 %**
Solaranlage inkl. Planung: **56 %**

Wohngebäude Weimar	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter	60.882	-	-	-	-	0,239	0,122
1. Betriebsjahr (10.10.02-09.10.03)	61.644	86,40	nein	90,42	ja	0,237	0,121
2. Betriebsjahr (10.10.03-09.10.04)	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

3.4.13 Anlage Wohngebäude Gera (Förderkennzeichen: 0329603X)

Gesamtkosten:	147.365,00 EUR * ¹	* ¹ Kostenrahmen vom 12.11.02
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Bewilligung:	93.102,00 EUR * ¹	O:\BEO43\1_DONAT\DONAT\
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Vergabe:	78.559,12 EUR * ¹	KOSTEN\Gera-9603X.doc
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	37.001,22 EUR * ¹	
Zuwendung für Solaranlage:	49.669,04 EUR * ¹	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	75 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	57 %

Anlage Wohngebäude Gera	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungs- dauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	48.791	-	-			0,274	0,140
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)						0,	0,
1. Betriebsjahr (31.07.03 – 30.07.04)	-	-	-	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

3.4.14 Anlage Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen (Förderkennzeichen: 0329604A)

Gesamtkosten: * ¹	543.807,04 EUR (1.063.594,12 DM)	* ¹ Kostenübersicht vom 11.06.03
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:	528.290,00 EUR (1.033.245,43 DM)	O:\BEO 43\1_DONAT\DONAT\
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:	461.816,44 EUR (903.234,44 DM)	KOSTEN\Frankenhausen-604A.doc
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	74.436,60 EUR (145.585,34 DM)	(Vergabekosten)
Zuwendung für Solaranlage:	302.900,52 EUR (592.421,92 DM)	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	55,7%
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	49,47 %

Reha Klinik der BfA in Bad Frankenhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs-Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	298.440					0,264	0,135
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)						0,	0,
1. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

3.4.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof (Förderkennzeichen: 0329603Y)

Gesamtkosten: ^{*1}	180.753,00 EUR	(353.522,14 DM)	^{*1} Kostenübersicht vom 02.01.02
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:	125.766,00 EUR	(245.976,92 DM)	O:\ 1_DONAT \ DONAT \
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:	-	-	KOSTEN \Sportgymnasium
Spez. Meßtechnik für ST 2000:	52.216,00 EUR	(102.125,62 DM)	Oberhof.doc (Bewilligung)
Zuwendung für Solaranlage:	135.565,00 EUR	(265.142,09 DM)	

BMW-Förderung:	der Gesamtanlage:	75 %
	der speziellen zusätzlichen Meßtechnik:	100 %
	Solaranlage inkl. Planung:	64 %

Staatliches Sportgymnasium Oberhof	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs-Grad – Garantie		Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer	
		[%]	erfüllt ?	[%]	erfüllt ?	[DM / kWh]	[EUR / kWh]
Abschätzung ^{*1}	65.000					0,33	0,1687
Bieter (Kosten auf Basis-Vergabe)							
1. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-	-	-	-

3.5 Zusammenfassung

Das Programm ST2000 ist zum 31.12.2003 beendet und wird durch das Programm Solarthermie2000plus mit geändertem Konzept fortgeführt.

Die 15 "Thüringer Anlagen" aus ST2000, TP2 befinden sich in unterschiedlichen "Bearbeitungszuständen":

- 7 haben das 3-jährige Intensivmessprogramm absolviert und die Garantieforderungen dabei erfüllt
- 2 haben das 2. Meßjahr absolviert
- 4 haben das 1. Meßjahr absolviert bzw. befinden sich darin
- 1 befindet sich im Probebetrieb
- 1 befindet sich zur Zeit in der Planung

Eine Schlußbilanz läßt sich also erst mit dem Abschlußbericht zur Phase 3, in der alle Anlagen das 3-jährige Intensivmessprogramm durchlaufen haben, ziehen.

Aktuell läßt sich sagen, daß alle Anlagen bisher die Garantiebedingungen innerhalb des 3-jährigen Programmes erfüllt haben.

Die Nutzwärmekostenerwartungen konnten weitestgehend erreicht werden.

Die Systemkosten lagen im erwartetem Rahmen

Für die Überwachung und Anlagenoptimierung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, mit der in den Anlagen eingebauten Meßtechnik jederzeit die für die Funktion der Anlage relevanten Daten abrufen zu können. Es ist unerlässlich, zumindest während des Probebetriebes, die Anlagen auf diese Art und Weise einmal täglich zu überprüfen. Dabei ist es vorteilhaft, wenn in der Probezeit entsprechend hohe Werte solarer Einstrahlung gegeben sind.

Ausgewählte Zahlen und Darstellungen sind in der **Anlage 19** enthalten.

Senioren- und Pflegeheim 'Käthe Kollwitz' Jena-Lobeda (Förderkennzeichen:0329602C)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten und zweiten Meßjahr erfüllt.
Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmeßprogramm begleitet.

Senioren- und Pflegeheim Pößneck
(Förderkennzeichen:0329602J)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten, zweiten und dritten Meßjahr erfüllt.
Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Kreiskrankenhaus Neuhaus
(Förderkennzeichen:0329602G)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten, zweiten und dritten Meßjahr erfüllt.
Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Wohngebäude Leinefelde

(Förderkennzeichen:0329602Y)

Die Garantiebedingungen wurden im dritten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

(Förderkennzeichen:0329602Y)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten, zweiten und dritten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt

(Förderkennzeichen: 0329602 W)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten, zweiten und dritten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

(Förderkennzeichen: 0329602 E)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten und zweiten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird im dritten Jahr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

(Förderkennzeichen: 0329602J)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten, zweiten und dritten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Wohnhaus Erfurt

(Förderkennzeichen 0329602 G)

Die Garantiebedingungen wurden im zweiten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird im dritten Jahr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge

(Förderkennzeichen: 0329603K)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten Meßjahr nicht erfüllt.

Die Anlage wird im zweiten und dritten Jahr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

(Förderkennzeichen: 0329602R)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird im zweiten und dritten Jahr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Wohngebäude Weimar

(Förderkennzeichen: 0329603W)

Die Garantiebedingungen wurden im ersten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird im zweiten und dritten Jahr im Intensivmessprogramm begleitet.

Anlage Wohngebäude Gera

(Förderkennzeichen: 0329603X)

Die Anlage befindet sich im ersten Meßjahr des dreijährigen Intensivmessprogramms.

Anlage Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen

(Förderkennzeichen: 0329604A)

Die Anlage befindet sich im Probebetrieb.

Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

(Förderkennzeichen: 0329603Y)

Die Anlage befindet sich zur Zeit in Planung.

4. Ausblick und weiterführende Untersuchungen

Auf dem (solarthermischen) Kollektormarkt sind weiter hohe jährliche Wachstumsraten zu beobachten. /31/

Der deutsche Markt ist mittlerweile der bedeutendste in Europa.

Vom Deutschen Fachverband Solarenergie e.V. (DFS) wurde eine "Vision Solarmarkt" entwickelt, nach der bis zum Jahr 2010 in Deutschland ca. 10 Mio m² Kollektorfläche in Deutschland installiert sein könnten. /31/

Neben einem „Stop and Go“ der Fördermittelgewährung sind Informationsdefizite bei Architekten, ausführenden Firmen und Bauherren eines der größten Hemmnisse für die verstärkte Markteinführung der thermischen Solarenergie. /45/

Diese abzubauen und u.a. eine breitere Qualifizierung zu erreichen ist eines der Programmziele von ST 2000. Eines der Beispiele, wo dies gut gelungen ist, sind die Solaranlagen im Senioren- und Sozialzentrum der Volkssolidarität Pößneck e.V.

Der erhebliche Beitrag, den die Solarthermie in Verbindung mit modernen Heizungssystemen bei der Deckung des Warmwasser- / und Heizungsbedarfs von Gebäuden beisteuern kann, soll durch das Programm "Solarthermie 2000" mit seinen einzelnen thematisch abgegrenzten Teilprogrammen demonstriert werden.

Aufgrund seiner Zielsetzung gehört das Programm "Solarthermie -2000" in das „3. Programm Energieforschung und Energietechnologien“, dessen langfristiges Ziel es ist, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu stärken, zukunftsweisende Energiesysteme zu entwickeln und deren Verbreitung zu fördern.

Das Programm ist auf eine Laufzeit von 10 Jahren ausgelegt

Der Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg hat im September 2002 die internationalen Vereinbarungen zu nachhaltiger Entwicklung mit neuen Zeitzielen und Handlungsprioritäten fort geschrieben.

Die Bundesregierung arbeitet derzeit an einem Fortschrittsbericht zur deutschen Nachhaltigkeitsfrage, der im Herbst 2004 verabschiedet werden soll.

Beim Weltgipfel wurde vereinbart, den Anteil der erneuerbaren Energien weltweit zügig und deutlich zu erhöhen.

Am 27.02.2004 wurde auf der "Erneuerbare Energie Tour" in Neckarsulm durch Bundesumweltminister Jürgen Trittin das Konzept "Solarthermie2000plus" vorgestellt. Damit soll die Entwicklung der solaren Wärmegewinnung gefördert werden. Die langfristig angelegten Forschungsaktivitäten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie im Niedertemperaturbereich werden mit neuen Schwerpunkten fortgeführt.

1994-2003 wurden im Programm Solarthermie 2000, Teilprogramm 2 bisher große solarthermische Anlagen wissenschaftlich - technisch begleitet.

Damit wird ein Beitrag zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung von thermischen Solaranlagen mit einer Kollektorfläche $\geq 100 \text{ m}^2$ mit dem Ziel der Anwendungsförderung geleistet.

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 2 des Programmes im Freistaat Thüringen beschrieben und abgerechnet.

5. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan

Arbeitsgrundlage sind die bestätigten Arbeitspläne.

Grundlage ist die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 09 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Haushaltsjahr 1999, für das o. g. Vorhaben vom 07.10.1999, Änderungsbescheid vom 07.03.2000, Änderungsbescheid vom 14.06.2000, Änderungsbescheid vom 31.10.2000, Änderungsbescheid vom 26.10.2001, Änderungsbescheid vom 27.06.2002, Änderungsbescheid vom 23.06.2003, Änderungsbescheid vom 25.06.2003.

Die Projektziele wurden erreicht.

6. Probleme bzw. Schwierigkeiten bei der Erlangung des Projektzieles

Es konnte entsprechend der Vorgaben des Arbeitsplanes vorgegangen werden.

7. Im Projektverlauf bekanntgewordene F- und E-Ergebnisse Dritter

In der gesamten Bearbeitungszeit der Phase 2 fand zwischen allen beteiligten Hochschuleinrichtungen und vor allem durch die ZfS ein ständiger Informationsaustausch statt.

8. Quellen - und Literaturverzeichnis

8.1 Informationsquellen:

Forschungsberichte / Technische Informationsbibliothek Hannover (TIB)
aktualisierte Datenbanken FTN - Forschungsberichte aus Technik und Naturwissenschaften und TIBKAT (Bestandskatalog der Technischen Informationsbibliothek)

Fachinformationszentrum Karlsruhe / Datenbanken:

Energy, Energie (ENERGY Information Data Base des U.S. Department of Energy

ICONDA (International Construction Database des IRB der Fraunhofer - Gesellschaft)
RSWB (Raumordnung, Städtebau, Wohnungswesen, Bauwesen des IRB)

Liefernachweis für das dynamische Simulationsprogramm TRNSYS 14.1 für Windows:
TRANSSOLAR, Nobelstraße 15, 70569 Stuttgart

8.2 Literaturverzeichnis (Auswahl):

- 1) Kübler, R. ; Guigas, M. ; Müller, F. ; Mazarella, L. (Uni Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik): Einsatz von solar unterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonalem Wärmespeicher. Forschungsbericht zum BMFT-Vorhaben 0328867 A. Juni 1992
- 2) Fisch, N. ; Kübler, R. ; Guigas, M.: Solar unterstützte zentrale Warmwasserversorgung für 29 Reihenhäuser in Ravensburg. Abschlußbericht zum BMFT-Vorschungsvorhaben 0328867 B 1994
- 3) Solar Heating with seasonal Storage - Some Aspekts of the Design and Evaluation of Systems with Water Storage
Jan - Olof Datenbäck, Göteborg 1993
- 4) Energiequellen und Energietechnik, Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 4 1991
- 5) Fisch, N. ; Kübler, R. ; Hahne, E. (Uni Stuttgart, ITW): Solare Nahwärme - Stand der Projekte in Deutschland DGS 1994 ISF Stuttgart 1994
- 6) J. Nitsch u.a.: Solare Wärmeversorgung einschl. Großwärmespeicher in Baden-Württemberg
Einzelgutachten im Rahmen des Projektes "Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg" der Akademie für Technikfolgeabschätzung, Stuttgart 1994
- 7) Guigas, M. ; Hahne, E. (UNI Stuttgart, ITW):
Zentrale Solar unterstützte Brauchwassererwärmung in Ravensburg
Ergebnisse der Messungen im Jahr 1993
- 8) Hohenstein, M. ; Werner, S. ; u.a. (Uni Marburg FB Physik):
Wärmeschichtung in Wasserspeichern mit Doppelmantelwärmetauschern DGS 1994 ISF Stuttgart 1994
- 9) Fisch, N. ; Hahne, E. , u.a. (Uni Stuttgart ITW):
Technische Nutzung solarer Energie - Solarthermische Wandlung, Kälteerzeugung und Wärmespeicherung
- 10) Neef, H.-J. , Projektträger BEO, Jülich:
Erneuerbare Energien - Ein Schwerpunkt der öffentlich geförderten Forschung
Fachtagung "Regenerative Energiesysteme" Schmalkalden, 23.11.1995
- 11) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
Förderkonzept „ Solar optimiertes Bauen“ - Information zum Teilkonzept: Solarunterstützte Heizungs-, Lüftungs-, Klimasysteme von 1995 bis 2005
im Rahmen des 3. Teilprogrammes Energieforschung und Energietechnologien (Entwurf)
- 12) Hahne, E. (Uni Stuttgart ITW): Forschungsbericht zum BMFT - Vorhaben
"Einsatz von solarunterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonalem Wärmespeicher" Stuttgart 1992
- 13) Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung - DIW , Berlin ; Fraunhofer - Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung - ISI - Karlsruhe
Erneuerbare Energiequellen. Abschätzung des Potentials in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000

- 14) Dritter Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages
"Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", Drucksache 11/ 8030
- 15) Solare Nahwärmekonzepte
Fisch, N. ; Kübler, R. (Uni Stuttgart ITW) 1994
- 16) Solare Nahwärmekonzepte
BINE Projekt Info-Service Nr. 13 November 1994
- 17) Strickrodt, J.; Breuer, W.:
" Langzeitwärmespeicher Prototyp Wolfsburg, Stufe I-Planungsphase ", BMFT- Forschungsbericht T-84-100, FIZ Karlsruhe 1984
- 18) Ladener, H.:
" Solaranlagen ", mit Beiträgen von Fisch,N.; Kübler, R.; Friedrich, G.; Kriesi, R.; Luboschik, U.; 1.Auflage, , Staufen bei Freiburg: Ökobuch 1993
- 19) Luboschik, U.; Peuser, F.A.:
"Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung", Verlag TÜV Rheinland 1995
- 20) Franke,R.; Arnold,E.: „ ON THE INTEGRATION OF LARGE-SKALE NONLINEAR OPTIMIZATION TOOL WITH OPEN MODELING AND SIMULATION ENVIRONMENTS FOR DYNAMIC SYSTEMS “, In 10th European Simulation Multiconference, Budapest, Hungary, June 2-6, 1996, S. 304 - 308
- 21) Dalenbäck,J.O.: „ Solar District Heating (Solarthermische Großanlagen) “, Artikel bei der International NOUN conference „ Utilities and Solar Energy “ am 25./26. April 1996 in Appeldoorn / Niederlande
- 22) Fisch,M.N.; Kübler,R.: „ Solare Nahwärme - von der Idee zur Realisierung “ . Sechstes Symposium Thermische Solarenergie. Otti-Technologie-Kolleg Mai 1996
- 23) „ Solarthermie - eine Chance für Thüringen? “ , 7. Ilmenauer Wirtschaftsforum am 31.05.1996 . TU Ilmenau
- 24) Kaltschmitt, M.: " Erneuerbare Energieträger im Kontext des Energiesystems der Bundesrepublik Deutschland ". 9. Internationales Sonnenforum 28. Juni - 01. Juli 1994 - Stuttgart: Energie für die Zukunft.
Tagungsbericht Band 2, München: DGS-Sonnenenergie, 1994,1 709- 1 716.
- 25) DFS-Kollektorstatistik 1992 - 1995. Hg. Deutscher Fachverband Solarenergie Freiburg 1996
- 26) „ Klimawerkzeug Architektur - Solarenergieformen in der Architektur “. Hg.: Ermel,H.; Thoma,R., Verlag Jürgen Häusser, Frankfurt 1993
- 27) „ Solar - City , Sonnenenergie für die lebenswerte Stadt “. Hg. Knoll, M.; Kreibich,R.; Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin und Sekretariat für Zukunftsforschung, Gelsenkirchen. Beltz Verlag Weinheim und Basel 1992
- 28) Kleemann,M.; Meliß,M.: „ Regenerative Energiequellen “ Zweite, völlig neubearbeitete Auflage , Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest 1993
- 29) " Energieforschung und Energietechnologien " Förderschwerpunkte der Bundesregierung (dabei besonders Seite 16 / 17 " Rationelle Energieverwendung: wesentliche Ergebnisse...weitere Maßnahmen....) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) 1995
- 30) Nast, M.: Energiewirtschaftliche Bewertung integrierter Nahwärmesysteme auf der Basis von solarer Wärme und Kraft-Wärme-Kopplung - Heft 1/ 2000 Arbeitskreis Energieberatung Thüringen, Projektträger Bauhaus Universität Weimar
- 31) Ladener, H.; Späte, F.: Solaranlagen - Handbuch der thermischen Solarenergienutzung. -6., vollst. Überarb. Auflage - Staufen bei Freiburg 1999 ISBN 3-922 964-72-9

- 32) Peuser, F.A.; Croy,R.; Schumacher, J.; Weiß, R.: Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen - Eigenveröffentlichung der ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH, Hildden 1997
- 33) Peuser, F.A.; Croy, R.; Rehrmann, U.; Wirth, H.P.: Solare Trinkwassererwärmung mit Großanlagen - Praktische Erfahrungen ; ein Informationspaket / Hrsg. FIZ Karlsruhe - BINE. - Köln: TÜV -Verlag 1999
ISBN 3-8249-0541-8
- 34) Große Solaranlagen -BINE Projekt Info-Sevice Nr. 9/November 1998
ISSN 0937-8367
- 35) 1997 WORKSHOP ON LARGE -SCALE SOLAR HEATING, 14. - 16. 05.1997 in Marstal / Dänemark, Bühl, J.: "Nahwärmelangzeitspeicher aus GFK-Elementen"
- 36) "Energie-und Umwelt '98" Fachinformationskongreß und Ausstellung 18. bis 19. März 1998 in Freiberg
Bühl, J.: "Solardorf Thüringen - Erfahrungen aus der Planung und Stand der Vorbereitungen"
- 37) Regionalmesse im IGZ Rudolstadt-Schwarza 02.04.1998, Bühl,J.: "Programm Solarthermie 2000 - Erfahrungen und Erkenntnisse in Thüringen"
- 38) "Fachtagung Energiespeicher" ZTS Zentrum für Technologiestrukturentwicklung Region Riesa-Großenhain 23.04.1998 Bühl, J.: "Nahwärmelangzeitspeicher aus GFK-Elementen"
- 39) BMBF / OPET - Statusseminar "Solarunterstützte Nahwärmeversorgung - Saisonale Wärmespeicherung" , 19.und 20.05.1998 in Neckarsulm, Bühl, J., Schultheis,P: "Großwärme-speichertank aus GFK"
- 40) Förderprogramm Solarthermie 2000, Arbeitsgruppentreffen BEO/ZfS mit den Projektgruppen der programmbegleitenden Hochschulen am 25.06.1998 in Berlin
- 41) Diplomarbeit von Herrn Malte Störring / Betreuer: Dipl.-Ing. Bühl
„Optimierte Solaranlage im Einkreissystem mit frostsicher eingebundenen Vakuumröhren zur Warmwasserbereitung sowie zur Heizungsunterstützung für Ein- und Mehrfamilienhäuser“
Ilmenau, 01/99
- 42) 2.Ilmenauer Workshop Solarthermie, TU Ilmenau, 05.03.1999 in Ilmenau
Bühl, J. : „ Solarthermie 2000, TP 2 Stand und Ausblick im Bundesland Thüringen“
- 43) Solardorf Thüringen, Informationsveranstaltung für Architekten, Planer und Installateure, Solardorf Thüringen e.V., 05.03.1999 in Kettmannshausen, Bühl, J.: „Einführung, Überblick und Empfehlungen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit Solaranlagen “
- 44) Vortrag im Rahmen der Agenda 21, AG Stadtökologie Arnstadt am 16.06.1999 in Arnstadt, Zuhörerkreis: Architekten, Planer, Vertreter der Stadtwerke / Wohnungsbaugesellschaften / Ing.-Büros HAST / Installateure, Bühl, J.: „ Programm Solarthermie 2000, TP 2 und 3 - Stand und Zugangsbedingungen“
- 45) Maschke, R.: "Solarenergienutzung in öffentlichen Gebäuden-Beispiele aus den neuen Bundesländern", 12. Internationales Sonnenforum, 05.-07. Juli, Freiburg
- 46) Volkssolidarität Pößneck e.V. (Herausgeber): "Alt wie ein Baum...Generationsübergreifendes Senioren- und Sozialzentrum der Volkssolidarität Pößneck e.V."; Pößneck 1999
- 47) VDI-Berichte 1734 Energiespeicher Fortschritte und Betriebserfahrungen: Solarthermie 2000: Langzeitwärmespeicher mit GFK-Verbundwerkstoffen für solar gestützte Wärmerversorgungssysteme" Bühl, J., Nilius, A.; Würzburg November 2002
- 48) Bühl, J.: "Knapp kalkuliert- Planung und Betrieb Solarthermischer Großanlagen" Sonnenenergie-Zeitschrift für regenerative Energiequellen und Energieeinsparung, München, Heft 04/2000, Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.

- 49) Bühl, J.: "Kostensenkung und Umweltentlastung durch Solarenergienutzung- Informationszentrum für Solarenergienutzung und rationellen Energieeinsatz e.V. Pößneck, Oktober 2000
- 50) Solarthermie 2000-Vorstellung in Thüringen realisierter solarthermischer Großanlagen" Pößneck Oktober 2000
- 51) Bühl, J.: "Bemessung einer Warmwasser-Hausanlage", Wochenende der regenerativen Energien am 14.04.-16.04.2000 an der TU Ilmenau
- 52) Bühl, J.: "Solarkollektoren für Warmwasserbereitung", Wochenende der regenerativen Energien am 14.04.-16.04.2000 an der TU Ilmenau
- 53) Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung der Solarthermischen Demonstrationsanlagen an öffentlichen Gebäuden im Land Thüringen im Rahmen des BMBF-Programms „Solarthermie 2000(Teilprogramm 2) Phase 1, Laufzeit 01.05.1994 – 30.11.1999 (Abschlußbericht / Sachbericht), Ilmenau im August 2000
- 54) Bühl, J.: "Neue Materialien erlauben günstigen Speicherbau – Langzeitwärmespeicher mit GFK-Verbundwerkstoffen für solar gestützte Wärmeversorgungs-systeme", Zeitschrift Erneuerbare Energien, Verlag SunMedia Hannover, Heft 9 / 2001
- 55) Solarthermie 2000, Teilprogramm 2: Solarthermische Demonstrationsanlagen für öffentliche Gebäude mit Schwerpunkt in den neuen Bundesländern
Wissenschaftlich-technische Begleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen in den südwestlichen Bundesländern
Projekt-Nr. 032 9601H: Abschlußbericht zur Laufzeit 01.01.1999 – 31.12.2001
vorgelegt durch Fachhochschule Offenburg im Juni 2002
- 56) BINE-Informationdienst *profiinfo I/01*: Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme, Herausgeber: Fachinformationszentrum Karlsruhe 2001
- 57) Forschungsbericht- Abschlußbericht-Verbundprojekt Solarthermie-2000, Teilprojekt 3: Solare Nahwärme-Begleitforschung: "Durchführung eines Messprogramms an dem 300 m³ GFK-Pilotspeicher und Untersuchungen zur Optimierung des Wärmespeicher-konzeptes, Förderkennzeichen: 0329606Q/0, Laufzeit: 01.04.1998 – 31.01.2003, TU I August 2003
- 58) BINE-Informationdienst *profiinfo 02/03*: Glasfaserverstärkte Kunststoffe für den Wärmespeicherbau, Herausgeber: Fachinformationszentrum Karlsruhe 2003
- 59) Abschlußbericht: "Entwicklung eines neuen Fertigungsverfahrens für saisonale Wärmespeicher aus GFK-Verbundmaterialien", Förderkennzeichen: 0329606 R, Laufzeit: 01.04.1998 – 31.03.2002, VKA GmbH August 2002
- 60) Studienarbeit Fr. Ewa Anna Drapala "Einbindung eines Wärmelangzeitspeichers in ein solargestütztes Nahwärmeversorgungs-system und Diskussion der Möglichkeiten der hydraulischen Einbindung" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau August 2003
- 61) Studienarbeit Hr. Stefan Rottman "Recherche zur wirtschaftlichen Lage und Entwicklung der Solarbranche in Deutschland" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau März 2004
- 62) Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 26.August bis 4.September 2002 in Johannesburg - Dokumente - VN-Kommission für nachhaltige Entwicklung -Arbeitsprogramm 2004 - 2017- Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit September 2003

- 63) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit **“Förderkonzept Solarthermie2000plus“** Februar 2004
- 66) Schlußbericht zum Forschungsvorhaben 03329606 R, Solarthermie 2000-Teilprogramm3: Solare Nahwärmebegleitforschung
“Entwicklung eines neuen Fertigungsverfahrens für saisonale Wärmespeicher aus GFK-Verbundmaterialien für Nahwärmeversorgungssysteme mit einer Senkung der spezifischen Material-, Fertigungs- und Montagekosten“/Laufzeit: 01.04.1998 – 31.03.2002, Prof. Knauer, B. u.a., VKA Schönbrunn GmbH
- 64) Forschungsbericht zum BMBF / BMWA-Vorhaben: “So-
lar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher“ (No-
vember 1998 – Januar 2003) Ben-
ner,M.; Bodmann,M.; Mangold,D.; Nußbicker,J.; Raab,S.; Schmidt,T.; Seiwald,H. Uni-
versität Stuttgart, ITW , 2003 Ben-

Messebeteiligungen im Berichtszeitraum:

Enertec-Internationale Fachmesse für Energie, 13.-16.03.2001, Leipziger Messe Halle 1, Stand Nr. D61: Präsentation Programm Solarthermie-2000 Teilprogramm 2+3

Hannover Messe 23.04.-28.04.2001. Gemeinschaftsstand Forschungsland Thüringen
Präsentation des GFK-Wärmelangzeitspeicherkonzepts und Status zum Programm Solarthermie-2000 im Freistaat Thüringen

9. Erfolgskontrollbericht

entfällt in dieser Version

10. Kurzfassung des Schlußberichtes

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 2 des Programmes ST 2000 TP2 im Freistaat Thüringen beschrieben und abgerechnet.

Grundlage ist die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 09 Bundesmini-

sterium für Wirtschaft und Technologie (BMW) Haushaltsjahr 1999, für das o. g. Vorhaben vom 07.10.1999, Änderungsbescheid vom 07.03.2000, Änderungsbescheid vom 14.06.2000, Änderungsbescheid vom 31.10.2000, Änderungsbescheid vom 26.10.2001, Änderungsbescheid vom 27.06.2002, Änderungsbescheid vom 23.06.2003, Änderungsbescheid vom 25.06.2003

In der Projektlaufzeit wurden Solaranlagen zur Warmwasservorwärmung errichtet und betrieben bzw. befinden sich in der Realisierung / Inbetriebnahme bzw. wurden übernommen in:

Senioren- und Pflegeheim Jena
Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität in Pößneck
Kreiskrankenhaus Neuhaus
Südharzkrankenhaus Nordhausen
Klinikum Mansfelder Land Hettstedt
Kreiskrankenhaus Sonneberg
Wohngebäude Leinefelde
Kreiskrankenhaus Ilmenau
Wohngebäude Erfurt
Kinder - und Erholungszentrum (KIEZ) in Güntersberge
Wohngebäude Weißenfels
Wohngebäude Weimar
Wohngebäude Gera
Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen
Staatliches Sportgymnasium Oberhof

Die Garantiebedingungen wurden bisher für alle Anlagen bis zum Ablauf des dreijährigen Intensivmessprogramms erreicht und erfüllt.

Für die Anlage Güntersberge sind die Garantiebedingungen prinzipiell erreichbar. Allerdings steht dem zusätzlichem Aufwand die ungenügende Auslastung des Objektes nach wie vor gegenüber.

Die Ergebnisse aus der Projektphase 1 und 2 zeigen, daß solare Vorwärmanlagen mit geringerem solarem Deckungsgrad wirtschaftlich günstiger betrieben werden können.

Aktuelle Anlage:

Die Solaranlage in Bad Frankenhausen besteht aus 3 Teilanlagen:

1. Klassisches Brauchwasservorwärmesystem,

2. Schwimmbeckenerwärmung,
3. Heizungsunterstützung – hierbei erfolgt vom Kollektorkreis über spezielle Wärmetauscher eine Luftvorwärmung in der Lüftungsanlage.
Die angesaugte Luft wird über einen separaten vorgeschalteten Wärmetauscher solar erwärmt und erst dann der konventionellen Wärmerückgewinnungsanlage zugeführt. Dadurch ist es möglich, auch geringe Temperaturniveaus des Solarvorlaufes für die Luftvorwärmung zu nutzen.
Die Anlage ist zur Zeit im Probetrieb.

Anlage in Planung:

Die Solaranlage im Staalichen Sportgymnasium Oberhof dient zur Brauchwassererwärmung und zur solaren Heizungsunterstützung eines biomassebefeuerten Wärmeversorgungssystems.

Als Besonderheit können dort fünf bereits Pufferspeicher a 50 m³ für das gesamte System genutzt werden

Die Anlage befindet sich in Planung und wird 2005 realisiert.

Stand und Weiterentwicklung der Klima- und Schadstoffmessstation

Die Station wurde technisch gepflegt und die Nutzung über studentische Arbeiten ständig weiter entwickelt.

Eine Beschreibung und Internet-Adresse finden Sie in Anlage 18!

Die Projektziele wurden erreicht.

11. Ergebnis

Das Arbeitsprogramm und seine Grundlagen sind unter Pkt. 2 ff ausführlich beschrieben.

Zusammenfassung:

Im Berichtszeitraum wurden fünfzehn Solaranlagen zur Warmwasservorwärmung errichtet und betrieben bzw. befinden sich in der Realisierung / Inbetriebnahme bzw. wurden übernommen.

Die Garantiebedingungen wurden für alle Anlagen innerhalb des Berichtszeitraumes bis zum Ende der Intensivmessphase (drei Jahre) erfüllt.

Für die Anlage Güntersberge sind die Garantiebedingungen prinzipiell auch erreichbar. Allerdings steht dem zusätzlichem Aufwand die ungenügende Auslastung des Objektes nach wie vor gegenüber.

Die Ergebnisse aus der Projektphase 1 und 2 zeigen, daß solare Vorwärmanlagen mit geringerem solarem Deckungsgrad wirtschaftlich günstiger betrieben werden können, als die typisch am Markt angebotenen Systeme.

Die Projektziele wurden erreicht.

Dipl.-Ing. Bühl

17.03.2004

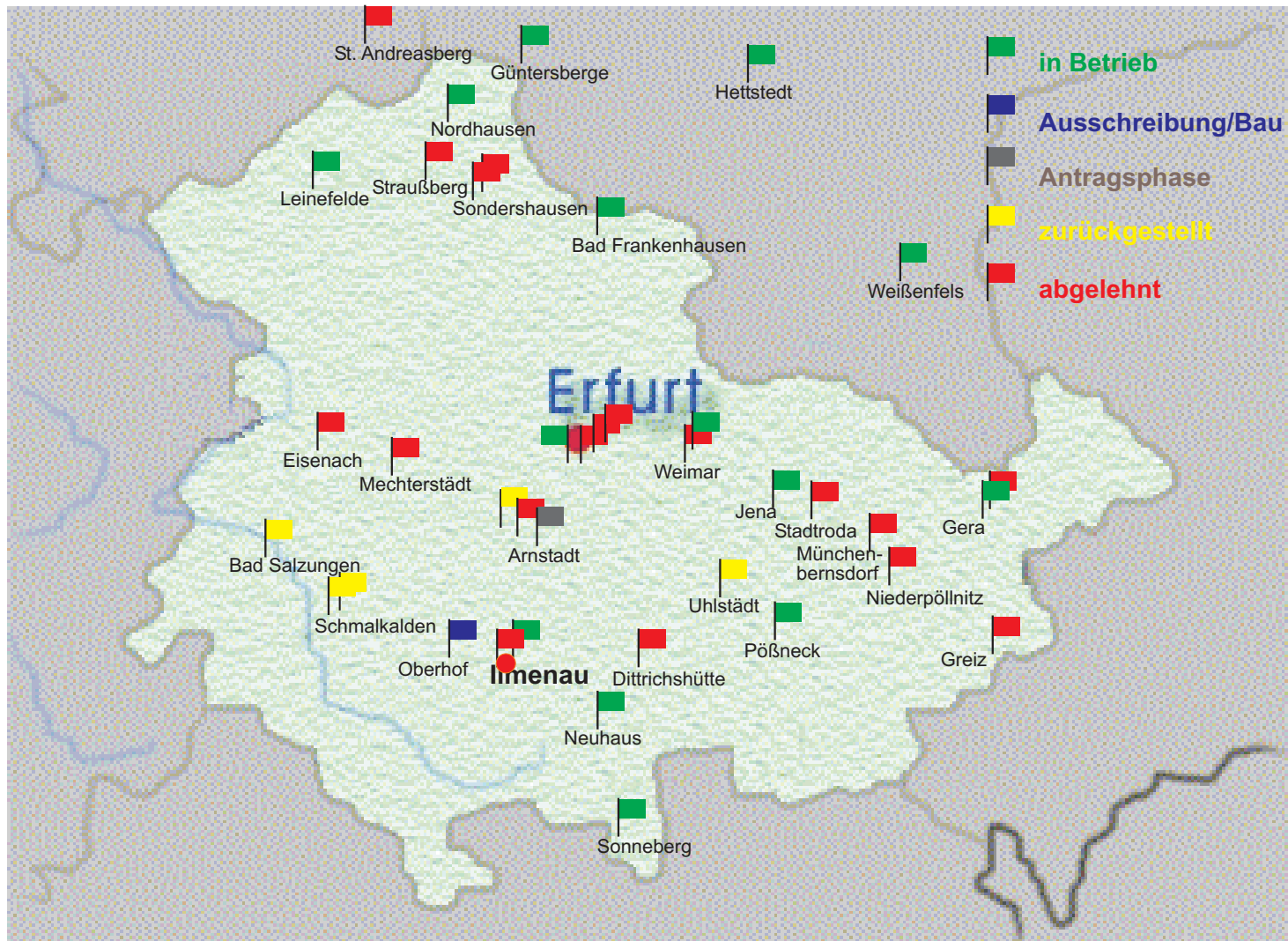
Leiter AG regenerative Energien und Umweltmeßtechnik
Projektleiter

12. Anlagen - Verzeichnis

- Anlage 1 Übersicht der bearbeiteten Objekte
- Anlage 2 Senioren- und Pflegeheim Jena (FKZ: 0329602 C)
- Anlage 3 Senioren- und Pflegeheim Pößneck (FKZ: 0329602 J)
- Anlage 4 Kreiskrankenhaus Neuhaus (FKZ: 0329602 G)
- Anlage 5 Verzeichnis der Berichte zur jeweils aktuellen / letzten Meßperiode der "Thüringer Anlagen"
- Anlage 6 Wohngebäude Leinefelde (FKZ: 0329602 Y)
- Anlage 7 Südharzkrankenhaus Nordhausen (FKZ: 0329602 U)
- Anlage 8 Klinikum Mansfelder Land Hettstedt (FKZ: 0329602 W)
- Anlage 9 Kreiskrankenhaus Sonneberg (FKZ: 0329603 E)
- Anlage 10 Kreiskrankenhaus Ilmenau (FKZ: 0329602 J)
- Anlage 11 Wohnhaus Erfurt (FKZ: 0329602 G)
- Anlage 12 KIEZ – Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge (FKZ: 0329603 K)
- Anlage 13 Wohngebiet Kugelberg Weißenfels (FKZ: 0329603 R)
- Anlage 14 Wohngebäude Weimar (FKZ: 0329603 W)
- Anlage 15 Wohngebäude Gera (FKZ: 0329603 X)
- Anlage 16 Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen (FKZ: 0329604 A)
- Anlage 17 Staatliches Sportgymnasium Oberhof (FKZ: 03299603 Y)
- Anlage 18 Beschreibung, Stand und Weiterentwicklung der Klima- und Schadstoffmessstation
- Anlage 19 Kostenverteilung prozentual bezogen auf 100 % Gesamtkosten
- Anlage 20 Kostenverteilung bezogen auf die Gesamtkosten der einzelnen Anlagen

Anlage 1

Übersicht der bearbeiteten Objekte. Stand: März 2004



Anlage 2

Senioren- und Pflegeheim 'Käthe Kollwitz' Jena-Lobeda
(Förderkennzeichen: 0329602C)

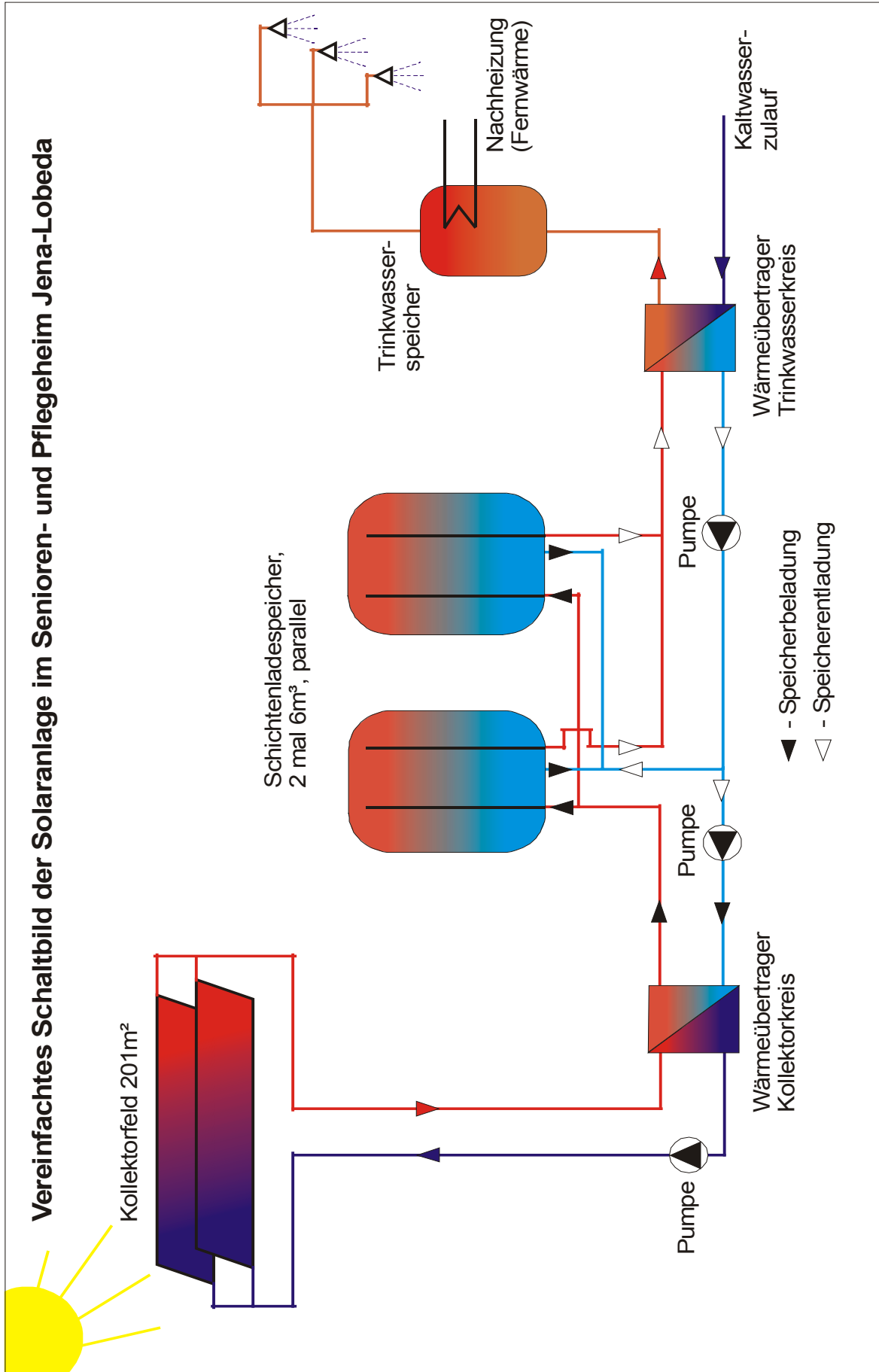
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Technische Daten der Hauptkomponenten des Solarsystems

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd				
Neigung	30°				
Anzahl Kollektoren	28				
Aktive Kollektorfläche	201m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	5m				

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH
Bauartzulassung..... :
Absorbermaterial..... : Kupfer
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ :
Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4 mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck..... :
Stillstandstemperatur..... :
Konversionsfaktor η_0 :
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,79 W/(m²*K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,009 W/(m²*K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12,5 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
Rohr Nennweite..... : DN 40
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 10 m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 12 m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ ... : Mineralwolle im Alu-Blechmantel,
40 mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ ... : Mineralwolle Alukaschiert, 40 mm,
0,035 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Tyforop Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C

Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ : 2 x CB 67-U81 AE
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 2
Hersteller..... : Solvis Solarsysteme GmbH
Typ..... : Stratos P6002 Schichtenspeicher
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 6 m³
Material Behälter..... : Stahl
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 140 mm
Wärmeleitzahl Dämmung..... : 0,04 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : Funke GmbH
Typ : 1 x FP20/10
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 10 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, geschraubt

Regelung Solarkreis

Hersteller..... : Resol
Typ : ES1D

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Das Senioren- und Pflegeheim „ Käthe Kollwitz“ liegt im Stadtteil Lobeda im südlichen Stadtgebiet von Jena. Eigentümer und Betreiber des Objektes ist die Stadt Jena. Das Seniorenheim ist ein Plattenbau und wurde im Jahr 1980 fertig gestellt. Es besteht aus einem Versorgungsbau, einem Verbindungstrakt und einem Wohngebäude. Alle Gebäude sind mit Flachdächern versehen. Das Kollektorfeld der Solaranlage befindet sich auf dem Dach des Versorgungstraktes. Die Haustechnik im Objekt wurde 1994 vollständig saniert. Bis 1997 erfolgte die Sanierung der Gebäudehülle. Das Heim ist mit 270 Bewohnern ganzjährig voll belegt. In der hauseigenen Küche werden täglich ca. 340 Mittagessen zubereitet. Der gesamte Warmwasserbedarf wurde gemessen. Er beträgt wochentags ca. 29 m³ sowie sonn- und feiertags ca. 26 m³.



Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach des Versorgungstraktes



Teilansicht des Kollektorfeldes. Im Hintergrund ist das Bettenhaus/Wohnheim des Alten- und Pflegeheimes zu sehen



Ansicht der Pufferspeicher

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld besteht aus 28 Solvis Großkollektoren mit je $7,4 \text{ m}^2$ Kollektorfläche. Diese sind aufgeteilt in 4 parallel verschaltete Stränge zu maximal 8 Kollektoren und ergeben eine aktive Absorberfläche von 201 m^2 . Die Anlage ist als Lowflow-Anlage ausgelegt. Bezogen auf den gemessenen Warmwasserbedarf von mindestens 26 m^3 pro Tag hätte die Kollektorfläche nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programmes „Solarthermie 2000“ (100 m^2 je 7 m^3 Warmwasser) noch ca. 100 m^2 größer sein können, was aber durch Größe und Lage des Daches nicht realisierbar war.

Um die geforderten $12 \text{ L/m}^2\text{h}$ Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben einem der Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über zwei in Reihe geschaltete Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 6 m^3 Volumen, die wegen der Art ihrer Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet werden. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 12 m^3 können ca. 50 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Beide Speicher werden über eine Tichelmannschaltung parallel betrieben. Jeder Speicher enthält zwei parallel angeströmte Schichtladevorrichtungen. Diese sorgen über ein durch die

Strömung bewegtes Klappensystem dafür, dass sich das vom Wärmetauscher WT1 kommende warme Wasser in dem Bereich im Speicher einschichtet, der dichtegleich und damit temperaturgleich mit dem ankommenden Wasser ist. Die Entladung der Speicher erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2, wobei ein Dreiwegethermostatventil dafür sorgt, dass auf der Brauchwasserseite am Wärmetauscher keine höheren Temperaturen als 60°C auftreten. Dies dient dem Schutz des Wärmetauschers vor Verkalkung.

Das Solarsystem wird über einen Regler gesteuert. Der Solarregler (Regler1) fragt über Temperaturfühler die Temperaturen am Kollektoraustritt, im Kollektorkreis auf der Eingangsseite des Wärmetauschers und am Pufferspeicher unten ab. Sobald eine Temperaturdifferenz von 6K zwischen Kollektoraustritt und Pufferspeicher unten überschritten wird, wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. Sobald sich der Kollektorkreis erwärmt hat und auch die Temperaturdifferenz zwischen Wärmetauscher Eingangsseite und Puffer unten 6K überschreitet, wird die Beladepumpe P2 zugeschaltet. Die Pumpen werden vom Regler wieder abgeschaltet wenn 1. die oben bezeichnete Temperaturdifferenz nicht mehr gegeben ist oder 2. die Speichertemperatur unten größer als 90°C ist. Zur Sicherheit ist jeder Speicher mit einem Übertemperaturschalter an seiner höchsten Stelle ausgerüstet. Diese schalten bei 95°C und Regler 1 schaltet sowohl Kollektorkreis- als auch Pufferbeladepumpe ab.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung (Anlagenschema siehe Anlage)

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, dass die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganztägig in Betrieb. Die Entladung der Puffer erfolgt über einen zweiten Regler. Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über einen Paddelschalter registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald der Paddelschalter einen Durchsatz ermittelt, schaltet er die Pufferentladepumpe P3 ein. Ein Temperaturfühler registriert am Ausgang des Wärmetauschers die Temperatur des in den Pufferspeicher zurücklaufenden Wassers. Je mehr Kaltwasser durch den Wärmetauscher fließt, desto mehr Wärme (Drehzahlregelung der Entladepumpe P3) wird aus den Pufferspeichern entnommen. Diese Funktionen werden von Regler 2 übernommen, der auf die Pumpe 3 wirkt. Der zusätzlich installierte Thermostat sorgt dafür, dass die Entladung der Speicher erst aktiviert wird, wenn die Temperatur in diesen einen Mindestwert besitzt. Dieser Wert ist einstellbar und ist in der Anlage auf 20°C eingestellt. Das Brauchwasser kann, aufgrund des Einsatzes einer 'Thermodestor' Legionellenkillanlage maximal bis auf 50 °C vorgewärmt werden. Die Begrenzung erfolgt am Wärmetauscher primärseitig durch ein Dreiwegethermostatventil.

Beschreibung der Messtechnik

Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1a	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2a	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKT1b	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Wärmerechner)	°C
TKT2b	Temperatur Kollektorkreisrücklauf (Wärmerechner)	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreisrücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreisvorlauf	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Kollektorfeld)	°C
TKR	Temperatur Kollektorkreisrücklauf (Kollektorfeld)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher 1 unten	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher 1 oben	°C
TPS21	Temperatur Pufferspeicher 2 unten	°C
TPS22	Temperatur Pufferspeicher 2 oben	°C
TWP1	Temperatur Mischstelle Thermostatventil	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser	m ³ /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser	m ³ /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m ³ /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	h
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	h
HP3	Status Pufferentladepumpe P3	h
HP4	Status Zirkulationspumpe P4	h
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Heraeus Sensor GmbH vom Typ W-GYI zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MCP-300 zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	=QSV/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(201m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag					
Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena					
Meßperiode: 04.04.96-03.04.97					
Berechnungen durchgeführt von:		ZfS- Rationelle Energietechnik GmbH			
A					
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	983,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,0	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	106.069	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	49,37	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9608	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9608	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.925	gemessen	-26,91%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	870,4	gemessen	-10,27%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	192.679	mit T*SOL berechnet	-10,32%
23	Ertrag	kWh/a	83.485	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	43,33	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	80.209	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,63	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.925	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	998,8	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	200.753	gemessen	
37	gemessen Ertrag	kWh/a	82.902	gemessen	
38	gemessenes eta	%	41,30	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41 Ergebnis:					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	103,36	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	99,20	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena				
Meßperiode: 04.04.97 - 03.04.98				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau, Projektgruppe ST2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	983,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,0	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	106.069	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	49,37	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9608	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9608	Faktor eta=A5/A12
15 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.095	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	991,8	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	223.251	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	99.338	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,50	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	95.440	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,75	korr. eta=A24*A14
29 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31 bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.059	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	991,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	209.014	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	92.991	gemessen
38	gemessenes eta	%	40,25	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,43	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,15	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena				
Meßperiode: 04.04.98 - 03.04.99				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau, Projektgruppe ST2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweic
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	983,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	6.738	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,0	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	106.069	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	49,37	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9608	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9608	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.114	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	923,8	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	210.995	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	93.323	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,23	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	93.955	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,85	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.114	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	923,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	209.049	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	82.621	gemessen
38	gemessenes eta	%	39,52	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	87,94	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	88,13	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				

Anlage 3

Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität Pößneck e.V., Pößneck
(Förderkennzeichen: 0329602J)

Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Südost	südbest			
Neigung	15°	15°			
Anzahl Kollektoren	5 2 x 7,5m ² 3 x 5m ²	13 10 x 7,5m ² 3 x 5m ²			18 12 x 7,5m ² 6 x 5m ²
Aktive Kollektorfläche	29,5m ²	88,7m ²			118m ²
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über NN	12m	12m			

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH
Bauartzulassung..... : 71 328 044
Absorbermaterial..... : Kupfer
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ :
Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck..... : 20 bar
Stillstandstemperatur..... : 189,4 °C
Konversionsfaktor η_0 : 0,802
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,79 W/(m²*K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,009 W/(m²*K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12,5 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
Rohr Nennweite..... : Feld: DN18, DN22, DN28; Steigl.: DN32
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 8m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 70m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ ... : Aeroflex 40mm, 0,04 W/m²K
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : MiWo 40mm, 0,035 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Tyforop Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ : LB 51-Y 61H
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 3,05m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend, Kellergeschweißt
Hersteller..... : Sirch GmbH Kaufbeuren-
Neugablonz
Typ..... :
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : ca. 5,8m³
Material Behälter..... : Stahl
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 150mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,04 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

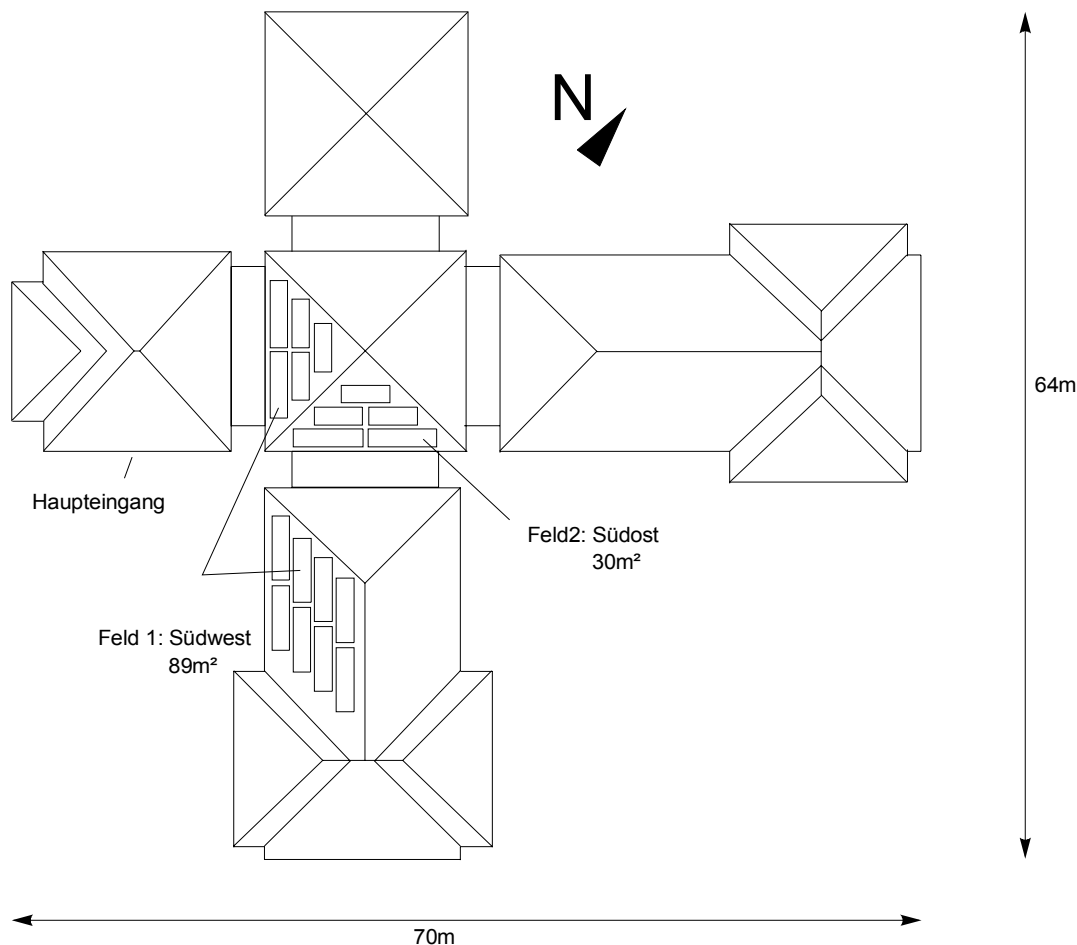
Hersteller..... : Funke GmbH
Typ : 1 x FP20/10
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 10m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, geschraubt

Regelung Solarkreis

Hersteller..... : 2 x Resol
Typ : ES1D

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Das Senioren- und Pflegeheim Pöbneck ist ein Neubau in Stadtlage inmitten einer Parkanlage. Der Neubau wurde 1995/96 errichtet und am 23.08.1996 seiner Bestimmung übergeben.



Die Altbausubstanz des Heimes wurde bis 1996 grundhaft saniert. Zusätzlich wurden neue Gebäudeteile architektonisch sehr ansprechend hinzugefügt. Geplant wurden für den Endausbau 122 Betten.

Das Gebäude ist in mehrere verschieden orientierte (Himmelsrichtung) Flügel aufgeteilt.

Da wegen der bis 1996 laufenden Sanierungen keine aussagekräftigen Warmwasserverbrauchsmessungen durchgeführt werden konnten, wurde der Verbrauch anhand der planmäßig zu erwartenden Belegung (122 Betten + Küche) mit $8 \text{ m}^3/\text{d}$ abgeschätzt. Bei einer Auslastung von $70 \text{ l}/\text{m}^2/\text{d}$ ergibt sich daraus eine Kollektorfläche von ca. 120 m^2 .

Die Walmdächer des Gebäudes haben eine Dachneigung von 15° .

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld besteht aus 18 Solvis - Großkollektoren mit $12 \times 7,5\text{m}^2$ und $6 \times 5\text{m}^2$ Kollektorfläche. Es besteht aufgrund der stark gegliederten Dachflächen des Gebäudes aus drei getrennten Teilfeldern, welche jeweils einen Strang in Reihe geschalteter Kollektoren bilden. 30m^2 Kollektorfläche sind nach Südost und 90m^2 nach Südwest ausgerichtet. Die aktive Absorberfläche beträgt $118,2\text{m}^2$. Die Anlage ist als Lowflow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programmes "Solarthermie 2000" ausgelegt.

Um die geforderten $12 \text{ l} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor

Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist, die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit dem Wärmeträgermedium befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher mit ca. 5.8 m³ Volumen, der wegen der Art seiner Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet wird. Der Speicher enthält zwei parallel angeströmte Schichtladevorrichtungen. Diese sorgen über ein durch die Strömung bewegtes Klappensystem dafür, daß sich das vom Wärmetauscher WT1 kommende warme Wasser in dem Bereich im Speicher einschichtet, der dichtegleich und damit temperaturnah mit dem ankommenden Wasser ist. Die Entladung der Speicher erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Solarsystem wird über zwei Regler gesteuert. Um die unterschiedlich ausgerichteten Teilfelder regelungstechnisch korrekt in die Anlage einzubinden, befinden sich in den Rücklaufleitungen der Teilfelder Magnetventile. Jedes Teilfeld wird von einem separaten Regler überwacht, der das entsprechende Magnetventil ansteuert. Über eine ODER-Verknüpfung beider Reglerausgänge wird die Kollektorkreispumpe angesteuert.

Die Solarregler fragen über Temperaturfühler die Temperaturen an den Kollektorausstritten, im Kollektorkreis auf der Eingangsseite des Wärmetauschers und am Pufferspeicher unten ab. Sobald eine Temperaturdifferenz von 6K zwischen einem der Kollektorausstritte und Pufferspeicher unten überschritten wird, wird das zum jeweiligen Feld gehörende Magnetventil und die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. Sowie sich der Kollektorkreis erwärmt hat und auch die Temperaturdifferenz zwischen Wärmetauscher Eingangsseite und Puffer unten 6K überschreitet, wird die Beladepumpe P2 zugeschaltet. Die Pumpen werden vom Regler wieder abgeschaltet wenn 1. die oben bezeichnete Temperaturdifferenz nicht mehr gegeben ist oder 2. die Speichertemperatur unten größer als 90°C ist. Zur Sicherheit ist der Speicher an seiner höchsten Stelle mit einem Übertemperaturschalter ausgerüstet. Dieser schaltet bei 95°C und Regler 1 schaltet sowohl Kollektorkreis- als auch Pufferbeladepumpe ab.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung (Anlagenschema siehe Anlage)

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an den Trinkwasserspeicher abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur aufgeheizt wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, daß die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist gantztägig in Betrieb.

Die Entladung der Puffer erfolgt durch Steuerung über einen zweiten Regler. Entsprechend des Kaltwasserzuflusses wird am Ausgang der Sekundärseite des Wärmetauschers 2 die Wassertemperatur mehr oder weniger stark fallen. Dies wird vom Regler registriert und die Pufferentladepumpe P3 eingeschaltet. Die Solltemperatur wird durch Drehzahlregelung der Pumpe P3 konstantgehalten. P3 wird abgeschaltet, sobald die Differenz zwischen der Brauchwassersolltemperatur und dem Ausgang der Primärseite von Wärmetauscher 2 kleiner als 15K beträgt. Dies ist immer dann der Fall wenn kein Wasser mehr gezapft und damit im Wärmetauscher keine Wärme umgesetzt wird. Ein unterer Temperaturgrenzwert für die Speicherentladung ist nicht festgelegt.

Schaltschema / Regelung siehe hierzu in der Anlage!

Beschreibung der Meßtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1a	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2a	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKT1b	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Wärmerechner)	°C
TKT2b	Temperatur Kollektorkreisrücklauf (Wärmerechner)	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreisvorlauf	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreisrücklauf	°C
TSO	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Kollektorfeld Südost)	°C
TSW	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Kollektorfeld südbest)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher mitte/unten	°C
TPS13	Temperatur Pufferspeicher mitte/oben	°C
TPS14	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung	m ³ /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung	m ³ /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m ³ /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	h
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	h
HP3	Status Pufferentladepumpe P3	h
HP4	Status Zirkulationspumpe P4	h
HP5	Status Nachheizkreispumpe P5	h
HP6	Status Magnetventil V1	h
HP7	Status Magnetventil V2	h
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene, Teilfeld 1 Südost)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (Kollektorebene, Teilfeld 2 südbest)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Grölle & Löbach vom Typ WF3 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit drei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MCP-300 zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	$=QKT/HI1*100\%$	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	$=QKT-NST/HI1*100\%$	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	$=QSV/HI1*100\%$	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	$=QSV-NST/HI1*100\%$	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	$=QSV/NST$	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	$=(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ)*100\%$	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	$=QSV/(QSV+QHTMZ)*100\%$	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	$=QSV/(QSV+QHTOZ)*100\%$	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	$=(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ)*100\%$	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	$=SV*1000/(201m^2*7d)$	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	$=KT*1000/(201m^2*HP1)$	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	$=HP1/7d$	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag					
Objekt: Alten- und Pflegeheim Pößneck					
Meßperiode: 17.01.97 - 16.01.98					
Berechnungen durchgeführt von:		ZfS- Rationelle Energietechnik GmbH			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	45.500	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	38,62	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
0	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	mit T*SOL berechnet	
	Ertrag	kWh/a	50.548	mit T*SOL berechnet	
	eta	%	42,91	eta=(A11/A10)*100%	
3	Faktor Ertrag		0,9001	Faktor Ertrag=A4/A11	
4	Faktor eta		0,9001	Faktor eta=A5/A12	
5	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
6	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
7	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
0	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.025	gemessen	-24,44%
1	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.008,8	gemessen	1,16%
2	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.484	mit T*SOL berechnet	5,67%
	Ertrag	kWh/a	47.195	mit T*SOL berechnet	
	eta	%	37,91	eta = (A23/A22)*100%	
Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
7	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	42.482	korr. Ertrag=A23*A13	
8	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	34,13	korr. eta=A24*A14	
9	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
0	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
1	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
4	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.025	gemessen	
5	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.008,8	gemessen	
6	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.215	gemessen	
	gemessener Ertrag	kWh/a	40.961	gemessen	
8	gemessenes eta	%	32,98	gem. eta=(A37/A36)*100%	
Ergebnis:					
	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,42	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,63	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Berechnung zum Garantiertrag					
Objekt: Alten- und Pflegeheim Pößneck					
Meßperiode: 17.01.98 - 16.01.99					
Berechnungen durchgeführt von:		TU Ilmenau			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	45.500	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	38,62	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.166	mit T*SOL berechnet	
	Ertrag	kWh/a	53.183	mit T*SOL berechnet	
	eta	%	45,39	eta=(A11/A10)*100%	
	Faktor Ertrag		0,8555	Faktor Ertrag=A4/A11	
	Faktor eta		0,8509	Faktor eta=A5/A12	
Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.					
Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.226	gemessen	-16,93%
	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	969,3	gemessen	-2,80%
	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.139	mit T*SOL berechnet	-0,02%
	Ertrag	kWh/a	46.385	mit T*SOL berechnet	
	eta	%	39,60	eta = (A23/A22)*100%	
Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	39.684	korr. Ertrag=A23*A13	
	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	33,69	korr. eta=A24*A14	
Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet, um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.					
Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.226	gemessen	
	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	944,5	gemessen	
	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	112.660	gemessen	
	gemessen Ertrag	kWh/a	37.415	gemessen	
	gemessenes eta	%	33,21	gem. eta=(A37/A36)*100%	
Ergebnis:					
	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,28	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	98,57	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Alten- und Pflegeheim Pößneck				
Meßperiode: 17.01.99 - 16.01.00				
Berechnungen durchgeführt von:		TU Ilmenau		
			A	
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	45.500	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	38,62	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.680	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.166	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	53.183	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,39	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8555	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8509	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.110	gemessen -21,28%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.036,4	gemessen 3,93%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	126.874	mit T*SOL berechnet 8,29%
23	Ertrag	kWh/a	48.347	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	38,11	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	41.363	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	32,42	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.110	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.025,7	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.685	gemessen
37	gemessen Ertrag	kWh/a	36.577	gemessen
38	gemessenes eta	%	29,34	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	88,43	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,47	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 4

Kreiskrankenhaus Neuhaus
(Förderkennzeichen: 0329602G)

Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd				
Neigung	30				
Anzahl Kollektoren	16 x 7,5m ²				
Aktive Kollektorfläche	98,4m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	6,5m				

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH
F 60 'Tinox'

Bauartzulassung..... : 71 328 044

Absorbermaterial..... : Kupfer

Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer

Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Steinwolle mit Glasvliesauflage, 40mm + 30mm PUR-Schaum

Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm

Material Kollektorkasten..... : Aluminium

Zul. Betriebsüberdruck..... : 20 bar

Stillstandstemperatur..... : 189,4 °C

Konversionsfaktor η_0 : 0,802

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,79 W/(m²*K)

Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,009 W/(m²*K²)

Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93

Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer

Rohr Nennweite..... : DN 32, DN20, DN 16

Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 10

Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 40m

Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Aeroflex 38, 25, 25mm, 0,04 W/m²K

Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralwolle 40mm, 0,04 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....	: Tyforop Chemie GmbH
Markenname.....	: Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit.....	: 40 % / -23°C
Basisstoff.....	: 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller.....	: Alfa Laval GmbH
Typ	: 10 B51-61H(V22.V22)(2.2)
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: 3,05m ²
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend, Kellergeschweißt
Hersteller.....	: Fa. Groß
Typ.....	: Herst. Nr.: 97011
Bauartzulassung.....	:
Volumen je Speicher.....	: ca 5,5m ³
Material Behälter.....	: Stahl
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 200mm
Wärmeleitzahl Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2)

Hersteller.....	: Alfa Laval GmbH
Typ	: 10 B51-U60 H
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: 3m ²
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

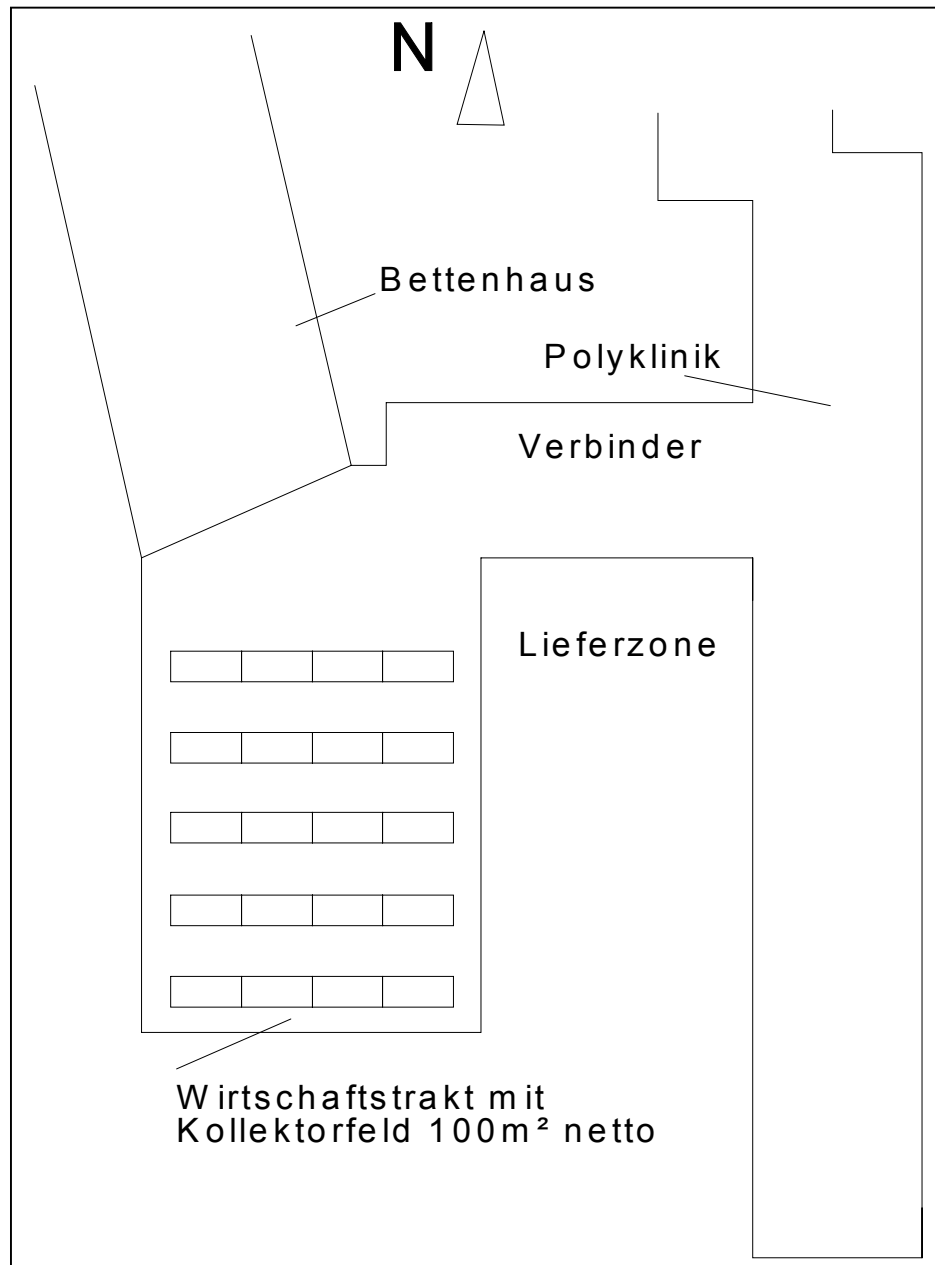
Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT3)

Hersteller.....	: Alfa Laval GmbH
Typ	: 10 B51-U30 H
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: 1,5m ²
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung

Hersteller..... : Solvis Energiesysteme
Typ : SI-Control

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)



Dachflächenplan



Ansicht des Kollektorfeldes auf dem Versorgungsgebäude des Kreiskrankenhauses Neuhaus am Rennweg
(Foto: TU I / FG TFD 01)



Ansicht des Kellerraumes mit den Ausdehnungsgefäßen, dem Anlagenschalt-schrank sowie dem Messtechnikschrank
(Foto: TU I / FG TFD 01)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld der Solaranlage befindet sich auf dem Dach des Versorgungstraktes. Das Dach ist zum Zwecke der Besichtigung der Anlage über eine Wendeltreppe gut zu erreichen. Zentrales Element des Kollektorkreises ist das Kollektorfeld, in dem 16 Großkollektoren zu je 7,5 m² in 2 Strängen zu 8 Kollektoren zu einer Gesamtfläche von 98 m² verschaltet sind. Aufgrund der Tragfähigkeit der Dachfläche konnte auf eine aufwendige Aufständersunterkonstruktion verzichtet werden. Die Kollektoren sind lediglich auf jeweils 500 kg schweren Ankerplatten befestigt. Diese wiederum liegen auf der Bekiesung des Flachdaches auf. Die Anlage ist als Lowflow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programms „Solarthermie 2000“ ausgelegt.

Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist, die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält neben dem 5,5m³ fassenden Pufferspeicher drei Wärmetauscher und drei Pumpen. Der Speicher ist vor Ort geschweißt worden und wird wegen der Art seiner Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet. Die Kellerschweißung des Speichers machte sich notwendig, da ein Behälter in dieser Größenordnung nicht im Ganzen in die Kellerräume des Gebäudes eingebracht werden konnte. Die in den Kollektoren in Wärme umgesetzte Solarstrahlung wird über einen Plattenwärmetauscher an den Pufferspeicher übergeben. Der Pufferspeicher kann etwa 70% des Warmwasserbedarfs eines Tages speichern.

Die Anlage ist als Vorwärmssystem ausgelegt, d.h. es gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier über Fernwärmenachheizung auf die erforderliche Bereitschaftstemperatur gebracht wird. Zusätzlich zur solaren Vorwärmung des Brauchwassers ist erstmalig in einer Anlage des Förderprogramms Solarthermie 2000 der Zirkulationskreis des Objektes in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden worden. Ist die Wassertemperatur im Pufferspeicher größer als 45 °C, wird über einen zusätzlichen Wärmetauscher im Rücklauf des Zirkulationskreises das abgekühlte Brauchwasser auf die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher erwärmt. Anhand dieser Anlagenkonfiguration soll überprüft werden ob die Einbindung der Zirkulation in eine Solaranlage wirtschaftlich ist. Prinzipiell sind mit dieser Maßnahme höhere Systemnutzungsgrade und damit höhere Deckungsanteile erreichbar. Der zusätzliche Energiegewinn, vorrangig in den Sommermonaten, muss dem höheren finanziellen Aufwand bei der Erstellung der Anlage gerecht werden.

Die Solaranlage wird über drei Regler und einen Thermostat gesteuert. Der eigentliche Solarregler (R1) regelt den Kollektorkreis (Primärkreis von WT1) und die Pufferentladung über den Wärmetauscher WT2.

Ein zweiter Regler R2 regelt die Beladung des Puffers (Sekundärkreis von WT1). Ein dritter Regler R3 und ein thermostatisches Mischventil regeln die Entladung des Puffers über WT3, in dem der Zirkulationsrücklauf nachgeheizt wird. Es laufen folgende Vorgänge ab:

Kollektorkreis

Je ein Temperaturfühler von R1 ermittelt die Temperaturen im Kollektorfeld und im Puffer unten. Bei positiver Differenz (>7K) wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet.

Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur von WT1

über der im Puffer unten liegt (>5K). Diese Temperaturdifferenz wird von R2 erfasst und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben.

Pufferentladung WT2

Bei Entnahme von Warmwasser strömt kaltes Trinkwasser in die Brauchwasserspeicher nach. Dabei fließt es über den Wärmetauscher WT2 (sekundär) und erzeugt ein Temperaturgefälle, welches von einem Fühler von Regler R1 erfasst wird. Das führt zum Einschalten von P3, welche das warme Wasser aus dem Pufferspeicher primär über WT2 zieht und damit das kalte Trinkwasser vor Eintritt in die Brauchwasserspeicher erwärmt. Ein weiterer Fühler von Regler R1 überwacht die Rücklauftemperatur der Primärseite von WT2 und sorgt für eine gute Auskühlung des Pufferspeichers.

Um die Wärme genau nach Bedarf (Zapfmenge Warmwasser) entnehmen zu können, wird die Pufferentladepumpe P3 vom Regler R1 über Pulspakete drehzahlgesteuert.

Pufferentladung WT3

Wenn die Temperatur im Pufferspeicher oben höher ist, als die Vorlauftemperatur im Zirkulationskreis, dann wird über Regler R3 die Pumpe P5 eingeschaltet und der Zirkulationsrücklauf, der ständig über die Sekundärseite von WT3 strömt, wird erwärmt. Ein thermostatisches Dreiwegemischventil im Primärkreis von WT3 begrenzt die Temperatur auf ca. 55°C.

Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler von Regler R1 am Pufferspeicher oben schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung (P1 und P2) ab, wenn dort die Temperatur 95°C überschreitet.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von 100°C erfüllt.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreisvorlauf	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreisrücklauf	°C
TSZ1	Temperatur Zirkulationskreishheizung Vorlauf	°C
TSZ2	Temperatur Zirkulationskreishheizung Rücklauf	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TWP2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m³/h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m³/h
SV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung	m³/h
VV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung	m³/h

VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m ³ /h
HT	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	KWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	H
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	H
HP3	Status Pufferentladepumpe I P3	H
HP4	Status Zirkulationspumpe P4	H
HP5	Status Pufferentladepumpe II P5	H
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma TmG-Geraberg vom Typ 361 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in Kollektorebene wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfasst. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MB zusätzlich erfasst. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV+QSZ/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV+QSZ-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV+QSZ/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV+QSZ-NST)/(QSV+QSZ+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=(QSV+QSZ)/(QSV+QSZ+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.				
1. Meßperiode: 28.08.97 - 27.08.98				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.133	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	976,6	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.578	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	47.580	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	43,42	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	45.812	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,81	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.133	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	976,6	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	108.019	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	43.475	gemessen
38	gemessenes eta	%	40,25	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,90	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,27	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantieertrag					
Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.					
2. Meßperiode: 27.08.98 - 26.08.99					
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.474	gemessen	4,92%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	893,6	gemessen	-7,91%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	95.020	mit T*SOL berechnet	-11,02%
23	Ertrag	kWh/a	42.174	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	44,38	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	40.607	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,73	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.474	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	893,6	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	95.494	gemessen	
37	gemessener Ertrag (QSV + QSZ)	kWh/a	42.978	gemessen	
38	gemessenes eta	%	45,01	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41 Ergebnis:					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	105,84	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	105,31	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Berechnung zum Garantieertrag					
Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.					
3. Meßperiode: 26.08.99 - 24.08.00					
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.402	gemessen	1,87%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	991,6	gemessen	2,20%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.955	mit T*SOL berechnet	2,97%
23	Ertrag	kWh/a	48.556	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	44,16	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	46.751	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,52	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.402	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	991,6	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.871	gemessen	
37	gemessen Ertrag (QSV + QSZ)	kWh/a	48.780	gemessen	
38	gemessenes eta	%	45,64	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41 Ergebnis:					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	104,34	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	107,35	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Anlage 5

Verzeichnis der Berichte zur jeweils aktuellen / letzten Messperiode der "Thüringer Anlagen"

Solaranlage:

1. Senioren- und Pflegeheim Jena-Lobeda:	3. Messperiode Bericht vom 17.09.1999
2. Senioren- und Pflegeheim Pößneck:	3. Messperiode Bericht vom 15.09.2000
3. Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg:	3. Messperiode Bericht vom 14.11.2001
4. Südharzkrankenhaus Nordhausen:	3. Messperiode Bericht vom 21.01.2003
5. Klinikum Mansfelder Land Hettstedt:	3. Messperiode Bericht vom 02.02.2004
6. Kreiskrankenhaus Sonneberg:	2. Messperiode Bericht vom 20.06.2003
7. Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde:	3. Messperiode Bericht vom 22.01.2003
8. Kreiskrankenhaus Ilmenau:	3. Messperiode Bericht vom 12.02.2004
9. Wohngebäude J.-Gagarin-Ring Erfurt:	2. Messperiode Bericht vom 02.02.2004
10. KIEZ-Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge:	1. Messperiode Bericht vom 10.02.2004
11. Wohngebäude Kugelberg Weißenfels:	1. Messperiode Bericht vom 29.01.2004
12. Wohngebäude Warschauer Straße Weimar:	1. Messperiode Bericht vom 29.01.2004
13. Eiselstraße Gera:	1. Messperiode Bericht vom 02.02.2004
14. BfA Reha-Klinik Bad Frankenhausen:	derzeit im Probetrieb
15. Staatliches Sportgymnasium Oberhof:	derzeit in Planung / Realisierung in 2004

Anlage 6

Wohngebäude Leinefelde
(Förderkennzeichen: 0329602Y)

Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd				
Neigung	30°				
Anzahl Kollektoren	24				
Aktive Kollektorfläche	164m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	20m				

Hersteller, Typ..... : Thüsolar GmbH
Bauartzulassung..... :
Absorbermaterial..... : Kupfer
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ :
Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck..... :
Stillstandstemperatur..... :
Konversionsfaktor η_0 : 0,779
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 4,21 W/(m²*K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,0085 W/(m²*K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,86
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12,5 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
Rohr Nennweite..... : DN 42
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 42m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... :
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Mineralwolle im Alublechmantel/
30mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralwolle Alukaschiert, 30mm,
0,035 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ : 2 x CB 51-G61 H
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1
Hersteller..... : Fa. Michael Groß - Heizsysteme
Typ..... : Kellergeschweißst
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 7m³
Material Behälter..... : Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 140mm
Wärmeleitzahl Dämmung..... : 0,04 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser)

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ : 1 x CB76-81E
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, geschraubt

Regelung

Hersteller..... : / Meßer
Typ : Delta Sol Pro / PRB 2

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Leinefelde liegt 340 m ü. NN im Eichsfeld.

Das Wohngebäude "Gaußstraße" besteht aus vier aneinander gereihten, in der Längsachse versetzt angeordneten, Gebäudeteilen und steht in der Südstadt. Seine 130 Wohnungen (WE) werden von etwa 400 Mietern bewohnt. Eigentümer und Betreiber ist die Wohnungsbau- und Verwaltungsgesellschaft Leinefelde.

Das Gebäude ist 1970 in 5 geschossiger Plattenbauweise errichtet worden. Seine Längsachse ist genau nach Süd ausgerichtet. Fassade, Fenster und Dachhaut wurden 1996 saniert und befinden sich in einem sehr guten Zustand. Das Haus ist nach WSVÖ'95 wärmegeklämt.

Das Flachdach des Gebäudes ist 1996 erneuert worden und befindet sich ebenfalls in sehr gutem Zustand. Die Dachhaut besteht aus miteinander verschweißten Gummibahnen. Der Gesamtwarmwasserbedarf wurde mit 10m³/d festgelegt.



Ansicht der Wohngebäude Leinefelde

(Foto: TU I / FG TFD 01)



Ansicht Kollektorfeld

(Foto: TU I / FG TFD 01)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld besteht aus 24 Großkollektoren mit je 7 m² Kollektorfläche. Diese sind aufgeteilt in 2 parallel verschaltete Stränge mit je 3 Gruppen zu 4 in Reihe geschalteten Kollektoren und ergeben eine aktive Absorberfläche von 164 m². Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 11 m³ pro Tag ausgelegt.

Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacho-Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über zwei in Reihe geschaltete Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher von 7 m³ Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird drucklos betrieben. Der Ausgleichsbehälter befindet sich in einem angrenzenden Kellerraum unter der Decke. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Solvis. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 7 m³ können ca. 65 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Anlagenschema siehe Anlage

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, dass die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganzjährig in Betrieb. Die Entladung des Pufferspeichers erfolgt über Regler 2, einen PRB2 der Fa. Solar- & Energiesparteknik Neuhaus. Der Regler nutzt die Impulse des Volumenstromzählers SV, um die Entladepumpe so anzusteuern, dass sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers der gleiche Volumenstrom einstellt. Eine Begrenzung der Vorwärmtemperatur und ein Entladeende bei ausgekühltem Speicher wird vom Regler ebenfalls realisiert.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TRW1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Wärmerechner)	°C
TRW2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Wärmerechner)	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreisvorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreisrücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreisvorlauf	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Kollektorfeld)	°C
TKR	Temperatur Kollektorkreisrücklauf (Kollektorfeld)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser	m ³ /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser	m ³ /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m ³ /h
HT	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	h
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	h
HP3	Status Pufferentladepumpe P3	h
HP4	Status Zirkulationspumpe P4	h
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Elektrotherm vom Typ 352WZ zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MB zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	=(QSV- NST)/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	=QSV/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV- NST)/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(201m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantierertrag				
Objekt: Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde				
1. Meßperiode: 10.03.99 - 09.03.00				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.668	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	72.160	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	40,87	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.668	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.737	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	41,76	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9786	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9786	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.878	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	995,0	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.203	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	77.210	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	42,14	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	75.559	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,24	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.878	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	983,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	179.700	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	60.322	gemessen
38	gemessenes eta	%	33,57	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	79,83	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	81,39	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde				
2. Meßperiode: 09.03.00 - 08.03.01				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.668	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	72.160	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	40,87	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.668	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.737	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	41,76	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9786	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9786	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.637	gemessen -0,85%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	969,9	gemessen -0,04%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	180.502	mit T*SOL berechnet 2,24%
23	Ertrag	kWh/a	74.118	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	41,06	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	72.533	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,18	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.637	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	962,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.433	gemessen
37	gemessen Ertrag	kWh/a	61.745	gemessen
38	gemessenes eta	%	35,00	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,13	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	87,09	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 7

Südharzkrankenhaus Nordhausen
(Förderkennzeichen: 0329602 U)

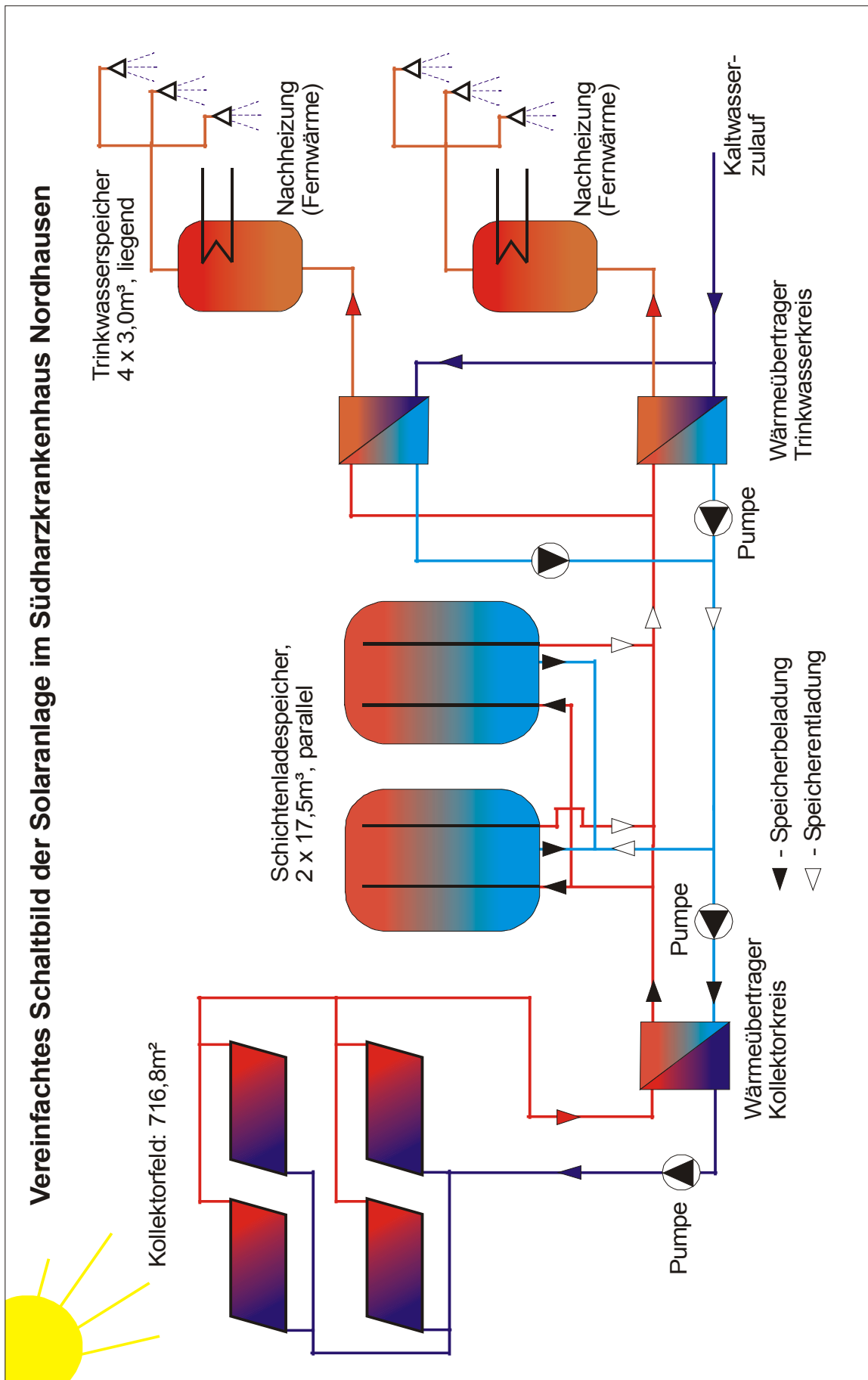
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantieertrag zu den Messperioden

Flyer



Technische Daten der Hauptkomponenten des Solarsystems

Kollektoren

	Feld 1 Apotheke	Feld 2 Technik	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd +17°	Süd +17°			
Neigung	30°	30°			
Anzahl Kollektoren	150	130			
Aktive Kollektorfläche	384,0m ²	332,8m ²			
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	10m	10m			

Hersteller, Typ.....	: Sunset Energietechnik GmbH
Bauartzulassung.....	: 02-328-024
Absorbermaterial.....	: Kupfer
Material Verrohrung im Kollektor.....	: Stahl ST37
Material Wärmedämmung, Dicke, λ	:
Material Frontabdeckung, Dicke.....	: gehärtetes Glas
Material Kollektorkasten.....	: Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck.....	:
Stillstandstemperatur.....	:
Konversionsfaktor η_0	:
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1	: 3,78 W/(m ² *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2	: 0,01 W/(m ² *K ²)
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,92
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 12 l/m ² *h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN.....	: Stahl ST37
Rohr Nennweite.....	: DN 50, 40, 32, 25
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	:
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	:
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ ...	: MiWo im Alu-Blechmantel, 50, 38mm, 0,04 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ	: MiWo PVC-kaschiert, 50mm, 0,035 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Tyforop Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Thermowave GmbH
Typ : TL 400 KBFL FN 12636
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 36,1 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4301, geschraubt

Pufferspeicher

Anzahl..... : 2
Hersteller..... : Fa. Pohl, Katzhütte
Typ..... :
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 17,5 m³
Material Behälter..... : Stahl
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 160mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,035 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : Thermowave GmbH
Typ : 2 x TL 150 KBCL FN 12
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 19,1m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4301, geschraubt

Regelung Solarkreis

Hersteller..... : Kieback u. Peter GmbH & Co.KG
Typ : DDC- Feldbusmodule

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Der Gebäudekomplex des Krankenhauses Nordhausen besteht aus verschiedenen Funktionsgebäuden, die großflächig angeordnet sind. Betreiber ist die Südharz-Krankenhaus gGmbH, mit den Gesellschaftern Landkreis Nordhausen und Stadt Nordhausen.

Die Gebäude sind in Plattenbauweise errichtet und wurden im Jahr 1980 fertig gestellt. Seit 1999 ist ein Neubau des Bettenhauses in Realisierung.

Das Objekt besteht aus den Gebäuden: Bettenhaus (alt), Bettenhaus (neu), Komplement und Zentrale Versorgung, bestehend aus: Mehrzweckgebäude, Technischer Versorgung und Apotheke. Alle Gebäude sind mit Flachdächern versehen. Das Kollektorfeld der Solaranlage befindet sich auf dem Dach der Technischen Versorgung und der Apotheke.

Das Krankenhaus hat eine Bettenkapazität von 750 Betten. Die Auslastung beträgt im Durchschnitt 85%.

Der gesamte Warmwasserbedarf wurde gemessen. Er beträgt wochentags ca. 55 m³ sowie sonn- und feiertags ca. 25 m³.



Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der Technischen Versorgung und der Apotheke.



Ansicht des Daches der Technischen Versorgung mit bereits installierter Tragkonstruktion für die Kollektoren. Im Hintergrund ist das Bettenhaus (alt), das Komplement (gelbe Fassade) und hinter dem Bettenhaus der Neubau zu sehen.

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld der Solaranlage besteht aus zwei Teilfeldern. Je eines auf dem Flachdach der Technischen Versorgung und dem Flachdach der Apotheke. Das Kollektorfeld auf dem Apothekengebäude besteht aus 150 Kollektoren, die in 8 Strängen zusammengeschaltet sind. Jeder Strang besteht aus mehreren Modulen zu je 5 Kollektoren. Das Kollektorfeld auf dem Technikgebäude ist in gleicher Weise aufgeteilt und besteht aus 6 Strängen mit insgesamt 130 Kollektoren. Die Absorberfläche beträgt insgesamt 708,4m².



Abbildung: Detailansichten zum Kollektorfeld einschließlich Aufständering / Tragwerk

Die Anlage ist als Lowflow-Anlage ausgelegt. Um bei den unterschiedlich großen Teilfeldern und Strängen im gesamten Feld einen definierten Durchfluß zu erreichen ist jeder Strang mit einem Regulierventil ausgestattet. Die Rohrleitungen der Teilfelder werden getrennt in den Haustechnikraum geführt und dort auf zwei Sammler aufgeschaltet.

Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen geschraubten Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.



Abbildung Ansicht der isolierten Solarpufferspeicher (2x 17,4 m³ Speichervolumen) im Technikraum der Technischen Versorgung.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 17,4m³ Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m³ können ca. 60 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Beide Speicher werden über eine Tichelmannschaltung parallel betrieben. In jedem Speicher befinden sich 3 parallel angeströmte Schichtenladevorrichtungen für den Kollektorkreisvorlauf und je 3 für den Entladekreistrücklauf. Diese sorgen über ein durch die Strömung bewegtes Klappensystem dafür, daß sich das vom Wärmetauscher WT1 kommende warme Wasser in dem Bereich im Speicher einschichtet, der dichtgleich und damit temperaturgleich mit dem ankommenden Wasser ist. Die Entladung der Speicher erfolgt über zwei Wärmetauscher WT2A und WT2B, wobei Dreiwegemotormischventile MMA und MMB dafür sorgen, daß auf der Brauchwasserseite an den Wärmetauschern keine höheren Temperaturen als 60°C auftreten. Dies dient dem Schutz der Wärmetauscher vor Verkalkung.



Abbildung: Ansicht des Solarsystems mit dem Wärmetauscher 1, den kpl. Ausdehnungsgefäßen, sowie der kpl. Feldverteilung (im Bild links)

Die gesamte Solaranlage wird zusammen mit der Heizungsanlage über DDC-Feldbusmodule der Firma Kieback und Peter gesteuert. Folgende Regelvorgänge laufen ab:

a.) Kollektorkreis

Der Kollektorkreis wird in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz Absorber zu Puffer unten geregelt. Jedes Teilfeld und jeder Pufferspeicher sind mit je einem Temperaturfühler ausgerüstet, wobei die beiden Temperaturwerte der des Kollektors und die der Puffer über die DDC-Auswertung gemittelt werden. Bei positiver Differenz ($T > 7K$) wird die Kollektorkreispumpe zugeschaltet.

b.) Pufferbeladekreis

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Temperatur an der Primärseite von WT1 über der im Puffer unten liegt ($T > 5K$). Bei überschreiten der eingestellten Differenz wird die Pufferbeladepumpe P2 zugeschaltet.

c.) Pufferentladekreise

Bei der Entnahme von Warmwasser strömt Kaltwasser sekundär durch die Wärmetauscher WT2A und WT2B zu den Nachheizspeichern. Die entnommene Trinkwassermenge wird mit den Volumenzählern VVa und VVb gemessen. Entsprechend dieser Wassermenge werden die Entladepumpen P3a und P3b elektronisch getaktet, wodurch die Pufferentladung über WT2a und WT2b zeit- und mengengleich zum Wasserverbrauch erfolgt. Dazu werden die Impulse der oben genannten Volumenzähler ausgewertet und entsprechend die Entladepumpen angesteuert.

Ist die Temperatur in den Pufferspeichern größer als 60°C wird über die Motormischer Mma und MMb ein Bypassweg geöffnet. Damit wird die Wassertemperatur auf max. 60°C begrenzt. Die Mischventile werden über das DDC-System angesteuert.

d.) Übertemperaturthermostat

Jeder Pufferspeicher hat an seinem obersten Punkt einen Maximaltemperaturfühler. Wenn im Falle eines Defektes in der Anlage (Bsp: keine Entladung) die Puffertemperaturen 100°C erreichen, wird die Kollektorkreispumpe und die Pufferbeladepumpe abgeschaltet. Beide Fühler werden durch die DDC-Steuerung ausgewertet.

e.) Einstellwerte

Durchsatz Wärmeträger pro m ² Kollektorfläche	l/m ² *h	12
Kollektorfeldgröße Absorber netto	m ²	708,4
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld gesamt	l/h	8.570
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld Apotheke	l/h	4.610
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld Technikgebäude	l/h	3.960
Durchsatz Wärmeträger Pufferbeladekreis	l/h	8.500
Durchsatz Wärmeträger Pufferentladekreis maximal	l/h	2 x 4.500
Temperaturdifferenz Kollektorfeld-Puffer unten	K	7 (5-8)
Temperaturdifferenz Kollektorkreis-Puffer unten	K	5 (4-6)
Abschalttemperatur Puffer oben	°C	100
Entladetemperaturbegrenzung (über MMA / MMb)	°C	60
Systemdruck im Solarkreis	bar	2,5
Systemdruck im Pufferkreis	bar	1,5

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung
(Anlagenschema siehe Anlage)

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt (solar) vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher und wird hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat den Vorteil, daß die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%.

Die Entladung der Puffer erfolgt über einen separaten Regler. Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über die in der Kaltwasserleitung installierten Volumenzähler VVa und VVb registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald Durchsatz ermittelt wird, schaltet der Regler die Pufferentladepumpe P3a und P3b zu. Der Regler wertet die Impulsfolgefrequenz der Volumenzähler VVa und VVb aus und erzeugt ein pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung der Entladepumpe. Durch die beschriebene Ansteuerung der Entladepumpe ist gewährleistet, daß auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Die Begrenzung erfolgt am Wärmetauscher primärseitig durch ein Dreiwegemotormischventil. Die Anlage ist mit zwei baugleichen Entladesystemen (je eine für Bettenhaus und Komplement) ausgerüstet. Die Primärkreise der Entladewärmetauscher WT2a, WT2b sind parallel geschaltet. Die Entladesysteme arbeiten auf jeweils 2 liegende 3000 l fassende

Speicher. Die Temperatur in den Bereitschaftsspeichern beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulationskreise sind gantztägig in Betrieb. Planungen für eine separate Nachheizung der Zirkulationskreise sind derzeit abgeschlossen worden, da sich nach der Inbetriebnahme der umgerüsteten Brauchwasserbereitung herausstellte, daß die Nachheizwärmetauscher in den Bereitschaftsspeichern die Zirkulationsverluste nicht zuverlässig ausgleichen können.

Beschreibung der Meßtechnik

Tabelle: Meßstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1a	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2a	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreis Vorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreis Rücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TRW1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf (Wärmerechner)	°C
TRW2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf (Wärmerechner)	°C
TSV1a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Speichergruppe I)	°C
TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speichergruppe I)	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Speichergruppe II)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speichergr. II)	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Speichergruppe I)	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Speichergruppe I)	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Speichergruppe II)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speichergr. II)	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Speichergruppe I)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Speichergruppe I)	°C
TVZ1b	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Speichergruppe II)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Speichergruppe II)	°C
THT11	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Hauptkreis)	°C
THT12	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf (Hauptkreis)	°C
THT21	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Nebenkreis)	°C
THT22	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf (Nebenkreis)	°C
TWP1	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe I)	°C
TWP2	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe II)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher 1 oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher 1 unten	°C
TPS21	Temperatur Pufferspeicher 2 oben	°C
TPS22	Temperatur Pufferspeicher 2 unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m³/h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m³/h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m³/h
SVa	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
SVb	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe II)	m³/h

VVa	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
VVb	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe II)	m ³ /h
VZa	Volumenstrom Zirkulationskreis (Speichergruppe I)	m ³ /h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (Speichergruppe II)	m ³ /h
HT1	Volumenstrom Nachheizkreis (Hauptkreis)	m ³ /h
HT2	Volumenstrom Nachheizkreis (Nebenkreis)	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	h
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	h
HP3	Status Pufferentladepumpe P3 (Speichergruppe I)	h
HP4	Status Pufferentladepumpe P4 (Speichergruppe II)	h
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Die Installation der Meßtechnik erfolgte von zwei verschiedenen Firmen. Alle Sensoren in den Brauchwasserkreisen wurden von der Fa. Sanitas Nordhausen geliefert und installiert. In den Brauchwasserkreisen kommen Temperaturfühler Firma Heraeus Sensor GmbH vom Typ W-GYI zum Einsatz. Im Solarsystem sind Temperaturfühler der Fa. TmG Geraberg eingesetzt. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern bzw. Voltmannzählern (Zirkulationskreise) der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die dem System entnommene Wärmeleistung wird im Speicherentladekreis mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MCP-300 zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	= $QKT/HI1 \cdot 100\%$	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	= $QKT-NST/HI1 \cdot 100\%$	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	= $QSV/HI1 \cdot 100\%$	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	= $QSV-NST/HI1 \cdot 100\%$	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	= QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	= $(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ) \cdot 100\%$	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	= $QSV/(QSV+QHTMZ) \cdot 100\%$	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	= $QSV/(QSV+QHTOZ) \cdot 100\%$	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	= $(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ) \cdot 100\%$	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	= $SV \cdot 1000 / (201m^2 \cdot 7d)$	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	= $KT \cdot 1000 / (201m^2 \cdot HP1)$	Wärmeträgerdurchs. Pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	= $HP1/7d$	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen				
1. Meßperiode 08.04.1999 - 07.04.2000				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	329.360	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,61	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	367.217	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	47,50	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8969	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8969	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	19.963	gemessen 9,58%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	968,5	gemessen -0,19%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	764.890	mit T*SOL berechnet -1,05%
23	Ertrag	kWh/a	396.407	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	51,83	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	355.541	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	46,48	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	19.963	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	965,4	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	785.794	gemessen
37	gemessener Ertrag (QSV1 + QSV2)	kWh/a	395.165	gemessen
38	gemessenes eta	%	50,29	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	111,14	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	108,19	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen				
2. Meßperiode 06.04.2000 - 05.04.2001				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	329.360	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,61	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	367.217	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	47,50	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8969	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8969	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	15.637	gemessen -14,16%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	943,1	gemessen -2,80%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	743.618	mit T*SOL berechnet -3,81%
23	Ertrag	kWh/a	341.335	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	45,90	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	306.146	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,17	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	15.637	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	943,1	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	767.009	gemessen
37	gemessenen Ertrag (QSV1 + QSV2)	kWh/a	369.933	gemessen
38	gemessenes eta	%	48,23	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	Ergebnis:			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	120,84	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	117,15	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen				
3. Meßperiode 05.04.2001 - 04.04.2002				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	329.360	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,61	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	18.217	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	367.217	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	47,50	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8969	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8969	Faktor eta=A5/A12
15 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	14.957	gemessen -17,90%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	958,7	gemessen -1,20%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	745.919	mit T*SOL berechnet -3,51%
23	Ertrag	kWh/a	339.488	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	45,51	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	304.490	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,82	korr. eta=A24*A14
29 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31 bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	14.975	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	958,7	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	779.594	gemessen
37	gemessen Ertrag (QSV1 + QSV2)	kWh/a	310.690	gemessen
38	gemessenes eta	%	39,85	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	102,04	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,63	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 8

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt
(Förderkennzeichen: 0329602W)

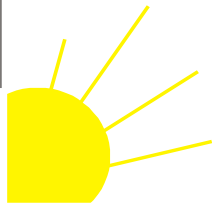
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

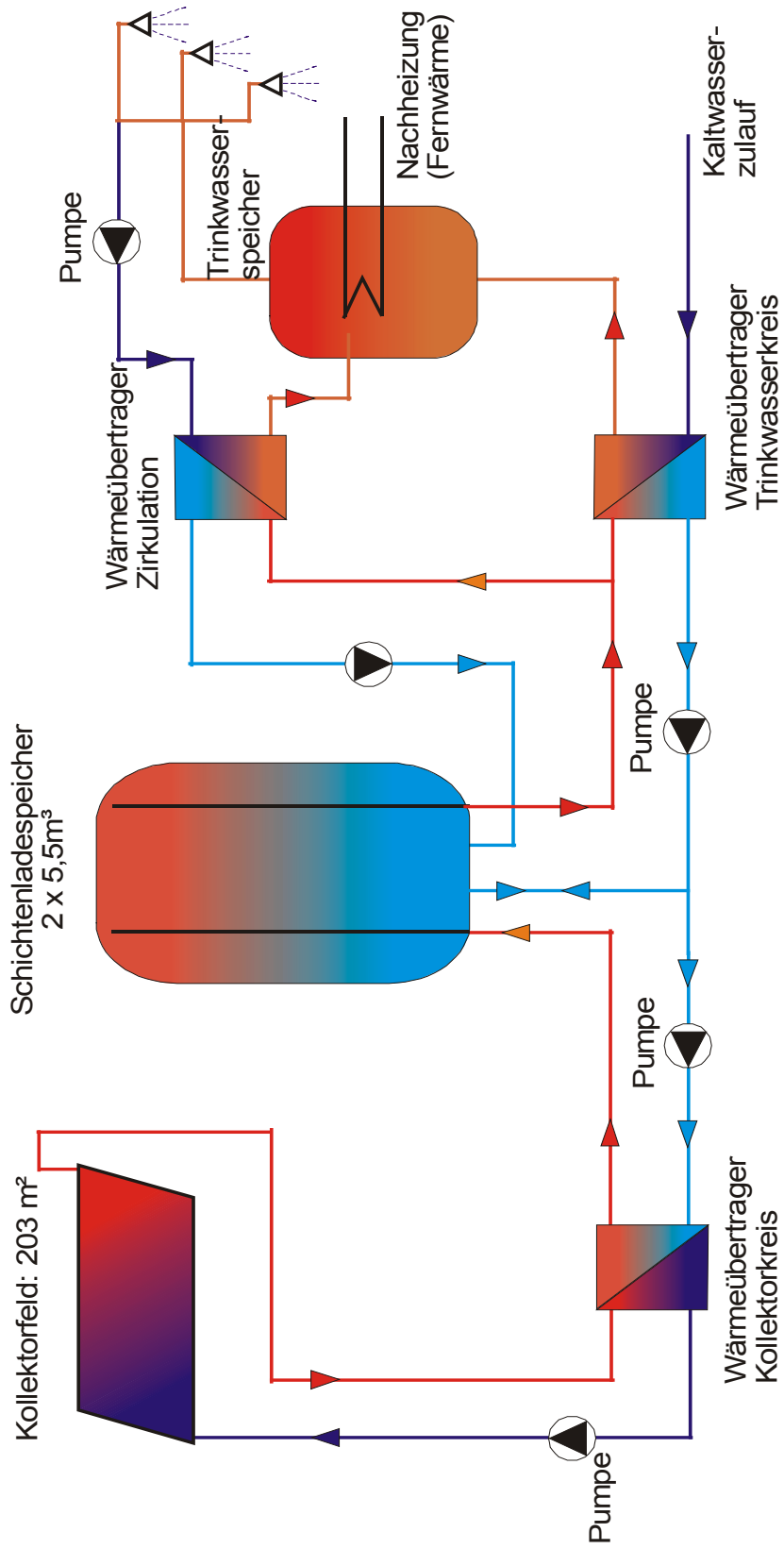
Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantieertrag zu den Messperioden

Flyer



Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage im Klinikum Mansfelder Land Hettstedt



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1 Westdach	Feld 2 Ostdach	Gesamt		
Ausrichtung	süd +15°	süd +15°			
Neigung	30°	30°			
Anzahl Kollektoren	1 x LB 5,0 19 x LB 7,6	2 x LB 5,0 2 x LB 6,4 4 x LB 7,6			
Aktive Kollektorfläche			203,2 m²		
Wärmeträger- inhalt	LB 5,0 = 2,6 l LB 6,4 = 3,06 l LB 7,6 = 3,51 l		Gesamt = 95,11 l		
Höhe über Grund	15m	15m			

Hersteller, Typ..... : Wagner & Co., Cölbe
 Bauartzulassung..... : 06-328-022
 Absorbermaterial..... : Kupfer, Schwarzchrom/Nickel
 beschichtet
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ: Mineralwolle + PU-Schaum,
 30+30
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : Sicherheitsglas PROTEXIT M,
 4mm
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
 Stillstandstemperatur..... : 189 °C
 Konversionsfaktor η_0 : 0,7893
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 2,88 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,018 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Stahl ST37, Kupfer
 Rohr Nennweite..... : DN 32, 28
 Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 65m
 Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 30m
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Armaflex HAT, 0,035 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralwolle, 0,04 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Wagner & Co, Cölbe

Markenname..... : DC20
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 45 % / -21°C
Basisstoff..... : Propylenglykol mit Inhibitoren

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : ALFA-LAVAL, Glinde
Typ : 2 x CB 76-420 H in Reihe
Ausführungsart nach DIN 1988..... : gelötet
Fläche..... : 3,9 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401

Pufferspeicher

Anzahl..... : 2
Hersteller..... : Fa. Groß, Hohenleuben
Typ..... : vor Ort geschweißt
Bauartzulassung..... : k. A.
Volumen je Speicher..... : 5,5 m³
Material Behälter..... : Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 140mm
Wärmeleitzahl Dämmung..... : 0,04 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : ALFA-LAVAL, Glinde
Typ : 76-141
Ausführungsart nach DIN 1988..... : gelötet
Fläche..... : 12,9m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (Nachheizung Zirkulation)

Hersteller..... : ALFA-LAVAL, Glinde
Typ : 76-141
Ausführungsart nach DIN 1988..... : gelötet
Fläche..... : 12,9m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401

Regelung Solarkreis

Kollektorkreis (P1)
Hersteller..... : Solvis
Typ : Si-Control (Regler 1)
Einschaltkriterien..... : TR11 > TR12 + 8K
Ausschaltkriterien..... : TR11 < TR12 + 4K
 TR33 > 95°C
Bemerkungen..... : keine

<u>Pufferbeladekreis (P2)</u>	
Hersteller.....	: RESOL, Hattingen
Typ	: E1/D (Regler 2)
Einschaltkriterien.....	: $TR21 > TR22 + 4K$
Ausschaltkriterien.....	: $TR21 < TR22 + 1,6K$ $TR33 > 95^{\circ}C$
Bemerkungen.....	: keine
<u>Pufferentladekreis (P3) Vorwärmung</u>	
Hersteller.....	: Solar- & Energiesparteknik, Neuhaus, Hr. Meißer
Typ	: Regler 3
Einschaltkriterien.....	: $SV > 0$, nach Impuls von SV sofortiges einschalten von P3 und Nachlauf (einstellbar ca. 0,1 – 1s)
Ausschaltkriterien.....	: $SV = 0$ und Ende der Nachlaufzeit
Bemerkungen.....	: Regler enthält einen Impulsverdoppler für das Zählersignal SV
<u>Pufferentladekreis (P4) Nachheizung Zirkulation</u>	
Hersteller.....	: RESOL, Hattingen
Typ	: E1/D (Regler 4)
Einschaltkriterien.....	: $TR41 > TR42 + 4K$
Ausschaltkriterien.....	: $TR41 < TR42 + 1,6K$
Bemerkungen.....	: keine

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Die im Rahmen des Programms "Solarthermie 2000" errichtete Solaranlage dient zur Brauchwassererwärmung im Klinikum Mansfelder Land - Haus Hettstedt. Sie unterstützt bei starker Solarstrahlung außerdem die Heizung, indem der Zirkulationsrücklauf angehoben wird.

Das Kreiskrankenhaus Hettstedt wurde 1997/98 gebaut und im Oktober 1998 in Betrieb genommen. Gleichzeitig mit den eigentlichen Baumaßnahmen wurde die Solaranlage errichtet.

Der Probetrieb der Solaranlage wurde im Oktober 1998 aufgenommen.

Das Krankenhaus wurde für eine maximale Bettenzahl von 260 Betten ausgelegt, wovon zur Zeit 220 Betten betrieben werden.

Bei der Auslegung der Solaranlage wurde von einem Verbrauch von 65 l/Bett*Tag ausgegangen.

Bei einer durchschnittlichen Belegungszahl von 215 Betten ergibt sich ein Tagesverbrauch von 14.000 l/Tag.

Die Pufferspeicher sind so bemessen, dass sie ca. 80 % des Tagesenergiebedarfes speichern können. Es wurden zwei Speicher mit je 5.500 l Inhalt installiert.



Gesamtansicht des Klinikums Mansfelder Land – Haus Hettstedt.
(Foto: TU I / FG TFD 2001)



Ansicht des Westdaches mit 153m² Kollektorfläche.
(Foto: TU I / FG TFD 2001)



Ansicht des Ostdaches mit 50m² Kollektorfläche.
(Foto: TU I / FG TFD 2001)



Ansicht des Solarsystems in der Technikzentrale des Hauses.
(Foto: TU I / FG TFD 2001)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld mit einer Gesamtabsorberfläche von 203,2m² ist in zwei Teilfelder unterteilt. Beide Felder haben die gleiche Ausrichtung. Das Kollektorfeld auf dem Westdach besteht aus 20 Kollektoren mit einer Absorberfläche von 153m² und auf dem Ostdach aus 8 Kollektoren mit einer Absorberfläche von 50,2m².

Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über zwei in Reihe geschaltete Wärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist, die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 5,5m³ Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m³ können ca. 80 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Speicher sind nach Tichelmann parallel geschaltet. Um eine gleichmäßige Entladung beider Speicher zu gewährleisten, sind in den Vorlaufleitungen der Entladekreise Strangreguliertventile eingesetzt worden. In jedem Speicher befinden sich 2 parallel angeströmte Schichtenladevorrichtungen für den Kollektorkreisvorlauf und je 2 für den Entladekreisrücklauf. Diese sorgen über ein durch die Strömung bewegtes Klappensystem dafür, daß sich das vom Wärmetauscher WT1 kommende warme Wasser in dem Bereich im Speicher einschichtet, der dichtegleich (und damit temperaturgleich) mit dem ankommenden Wasser ist. Die Entladung der Speicher erfolgt über zwei Wärmetauscher WT2 und WT3. Zwei thermostatische Dreiwegeventile sorgen dafür, daß auf der Brauchwasserseite an den Wärmetauschern keine höheren Temperaturen als 60°C auftreten. Dies dient dem Schutz der Wärmetauscher vor Verkalkung.

Die Solaranlage wurde ursprünglich über 3 Regler und einen Sicherheitsthermostat gesteuert. Im Verlauf des Probetriebes wurde die Speicherentladung von einem zusätzlich installierten Regler (Meßer - System) übernommen. Es laufen folgende Vorgänge ab:

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung (Anlagenschema siehe Anlage)

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, dass die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%.

Zusätzlich zur solaren Vorwärmung des Brauchwassers ist der Zirkulationskreis des Objektes in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden worden. Ist die Wassertemperatur im Pufferspeicher größer als 45 °C, wird über einen zusätzlichen Wärmetauscher WT3 im Rücklauf des Zirkulationskreises das abgekühlte Brauchwasser auf die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher erwärmt. Prinzipiell sind mit dieser Maßnahme höhere Systemnutzungsgrade und damit höhere Deckungsanteile erreichbar. Der zusätzliche Energiegewinn, vorrangig in den Sommermonaten, muss dem höheren finanziellen Aufwand bei der Erstellung der Anlage gerecht werden.

Die Entladung der Puffer erfolgte ursprünglich über den gleichen Regler, der die Kollektorkreispumpe ansteuerte (SI-Control). Im Verlauf des Probetriebes der Anlage stellte sich heraus, dass die Entladung so schlecht funktioniert (hohe Rücklauftemperaturen), dass ein zusätzlicher spezieller Entladeregler installiert werden muss. Es kam das Meßer - System zum Einsatz. Mit diesem wird entsprechend des Kaltwasserdurchflusses, erfaßt über Volumenstromzähler VV, die Pufferentladepumpe angesteuert. Die Ansteuerung der Entladepumpe gewährleistet, dass auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Unabhängig von der Entladeregelung erfolgt eine Begrenzung der Entladetemperatur durch ein thermostatisches Dreiwegeventil.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreis Vorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreis Rücklauf	°C
TRW1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf (Wärmerechner)	°C
TRW2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf (Wärmerechner)	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVV3	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf nach WT-Küche	°C
TVV4	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf vor WT-Küche	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
TSZ1	Temperatur Zirkulationskreis Nachheizung	°C
TSZ2	Temperatur Zirkulationskreis Nachheizung	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Hauptkreis)	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Nebenkreis)	°C
TWV1	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe I)	°C
TWV2	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe II)	°C
TWZ1	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe I)	°C
TWZ2	Temperatur Mischstelle (Speichergruppe II)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher 1 oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher 1 unten	°C
TPS21	Temperatur Pufferspeicher 2 oben	°C
TPS22	Temperatur Pufferspeicher 2 unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
VV	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis (Speichergruppe I)	m ³ /h
HT1	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	KWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	H
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	H
HP3	Status Pufferentladepumpe P3	H
HP4	Status Pufferentladepumpe P4 Zirkulationseinbindung	H
HPZ	Status Zirkulationspumpe	H
HPH	Status Nachheizkreispumpe	H
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Die Installation der Messtechnik erfolgte durch die Fa. Akut Umweltschutz, Berlin.

Es kommen Temperaturfühler der Fa. Ehlers GmbH vom Typ TMF5-400-130 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die dem System entnommene Wärmeleistung wird im Speicherentladekreis mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MCP-300 zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	= $QKT/HI1*100\%$	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	= $QKT-NST/HI1*100\%$	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	= $QSV/HI1*100\%$	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	= $QSV-NST/HI1*100\%$	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	= QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	= $(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ)*100\%$	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	= $QSV/(QSV+QHTMZ)*100\%$	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	= $QSV/(QSV+QHTOZ)*100\%$	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	= $(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ)*100\%$	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	= $SV*1000/(201m^2*7d)$	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	L/(m ² *d)
DURCHS_K	= $KT*1000/(201m^2*HP1)$	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	L/(m ² *h)
PUMP_STU	= $HP1/7d$	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt				
1. Meßperiode: 16.02.00 - 15.02.01				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.240	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.057,0	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	252.899	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	119.564	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	47,28	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	112.184	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	46,22	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.240	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.057,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	246.758	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	111.601	gemessen
38	gemessenes eta	%	45,23	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	99,48	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,85	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt				
2. Meßperiode: 15.02.01 - 14.02.02				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.808	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.020,2	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	237.535	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	109.097	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	45,93	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	102.363	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,90	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.808	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.020,1	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	239.645	gemessen
37	gemessenes Ertrag	kWh/a	104.184	gemessen
38	gemessenes eta	%	43,47	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	101,78	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,82	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantiertrag					
Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt					
3. Meßperiode: 14.02.02 - 13.02.03					
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
A					
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.719	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.006	gemessen	6,08%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	984,5	gemessen	1,47%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	233.151	mit T*SOL berechnet	4,56%
23	Ertrag	kWh/a	108.178	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	46,40	eta = (A23/A22)*100%	
25					
Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	101.500	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	45,36	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.006	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	984,5	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	229.609	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	105.175	gemessen	
38	gemessenes eta	%	45,81	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
Ergebnis:					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	103,62	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	100,98	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Anlage 9

Kreiskrankenhaus Sonneberg
(Förderkennzeichen: 0329603E)

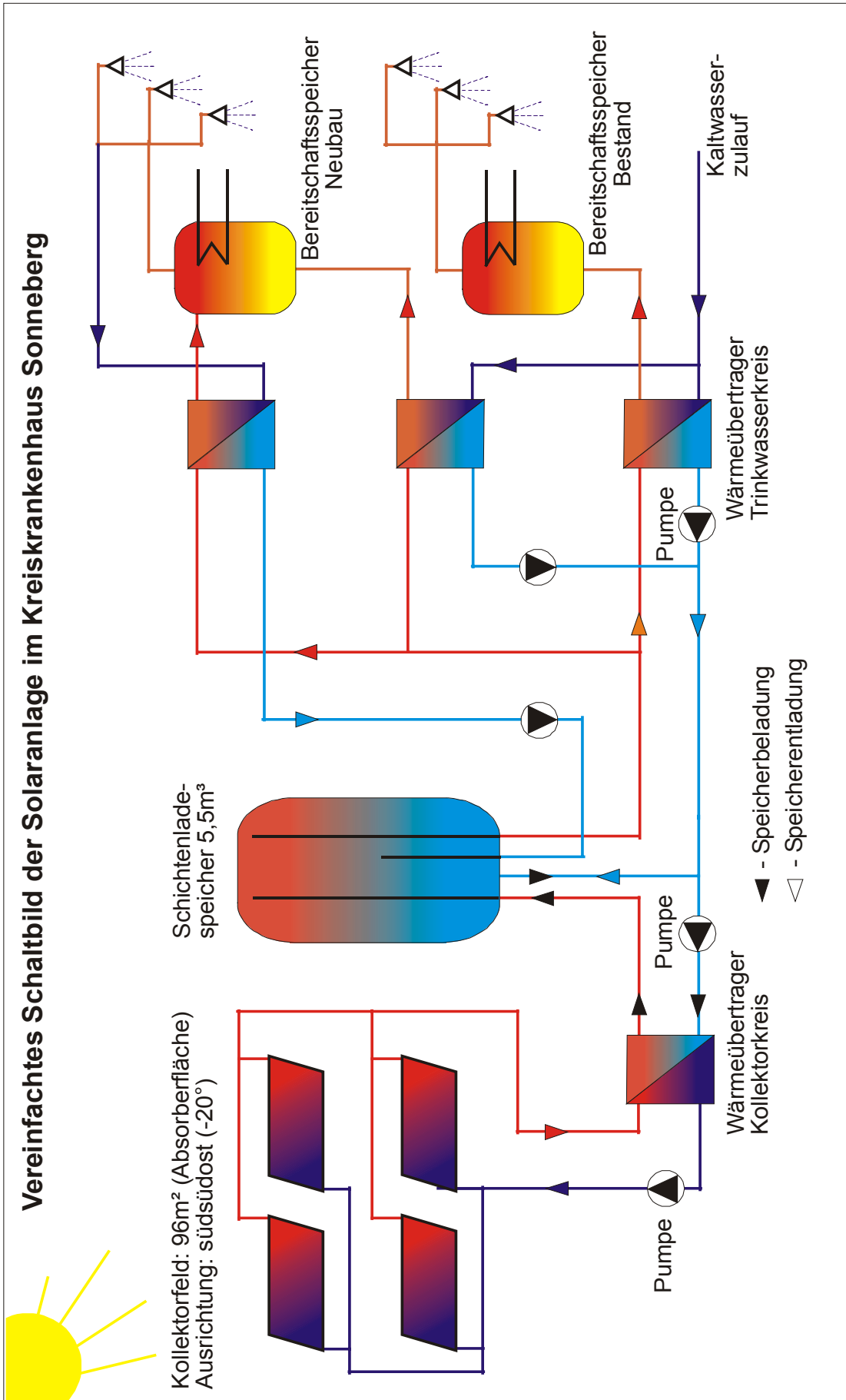
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Gesamt
Ausrichtung	Südsüdost	Südsüdost	Südsüdost		
Neigung	23°	23°	23°		
Anzahl Kollektoren	4	12	6		
Aktive Kollektorfläche	14,42	55,88	25,22		
Wärmeträgerinhalt	11,81	44,83	20,39		
Höhe über Grund	15m	15m	15m		

Hersteller, Typ..... : Thüsolar,
Bauartzulassung..... : Raperswill Nr.287
Absorbermaterial..... : Kupfer, Schwarzchrom
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Glasfasermatte PUR-Schaum alukaschiert
Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium eloxiert
Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
Stillstandstemperatur..... : °C
Konversionsfaktor η_0 : 0,779
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 4,21 W/(m²*K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,0085 W/(m²*K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,86
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
Rohr Nennweite..... : DN 32, DN 20
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 50m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 25m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Aeroflex 25mm, 0,04 W/m²K
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralwolle 35mm, 0,035 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH

Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis WT1

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ :
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend, kellergeschweißt
Hersteller..... : Fa. Thüsolar
Typ..... :
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 5,54m³
Material Behälter..... : Stahl, St37
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 150mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung : 0,04 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser WT2

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ :
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Zirkulation (WT3)

Hersteller..... : Alfa Laval GmbH
Typ :
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung

Hersteller..... : Resol (Kollektorkreis)
Nr, Typ : R1, EL1
Hersteller..... : Resol (Speicherbeladekreis)
Nr. Typ : R1, EL1
Hersteller..... : Meßer (Entladung Trinkwasservorwärmung)
Nr. Typ : R2, PRB2

Hersteller..... : Resol (Entladung Zirkulationsnach-
heizung)
Nr. Typ : R3, E1/D

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Das 650-jährige Sonneberg liegt, landschaftlich reizvoll, am Südhang des Thüringer Waldes und ist ein Wirtschaftszentrum der besonderen Art. Seit Jahrhunderten dreht sich in Sonneberg alles um die Spielwarenfabrikation.

Das Krankenhaus befindet sich am Stadtrand von Sonneberg in einer Wohnsiedlung in der Nähe des Bahnhofes.

Ursprünglich sollte die Kollektorfläche der Solaranlage in die Dachfläche des Altgebäudebestandes bei dessen Sanierung integriert werden. Aus Denkmalschutzgründen durften dort vorhandene Dachgauben aber nicht zurück gebaut werden. Die dann verfügbare Dachfläche war zu zerklüftet. Der Kostenrahmen zur Errichtung der Anlage wäre nicht einzuhalten gewesen.

Das Kollektorfeld der Solaranlage wurde mit drei Teilfeldern in die Dachfläche des von 1998 – 2000 errichteten Neubaus integriert.

Die Bettenanzahl (175) im Krankenhaus ändert sich durch die Inbetriebnahme des Neubaus nicht.

Für die Auslegung der Solaranlage wurde ein Warmwasserbedarf von 7.000 l/d vorgegeben. Die Solaranlage wurde 1999/2000 errichtet und am 08.02.2000 offiziell in Betrieb genommen.



Ansicht des östlichen Teilfeldes auf dem Schrägdach des Neubaus
(Foto: TU I / FG TFD 2000)



Ansicht des kleineren westlichen Teilfeldes

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld der Anlage befindet sich auf dem Schrägdach des 1999/2000 entstandenen Neubaus des Bettenhauses und besteht aus 22 indachmontierten Großkollektoren mit einer aktiven Gesamtabsorberfläche von 95,52 m². Es ist baulich bedingt in drei Teilfelder aufgeteilt. Das Kleinste, westlich der Gaube Gelegene, besteht aus 4, das Größte, östlich der Gaube montierte besteht aus 12 und das östlich der Brandschutzmauer gelegene besteht aus 6 Kollektoren. Das Kollektorfeld ist in 4 parallelgeschaltete Stränge unterteilt. Der hydraulische Abgleich der einzelnen Stränge erfolgt durch Strangreguliertventile.

Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzählers vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist, die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Zum Schutz der Membran des Ausgleichsbehälters vor den hohen Wärmeträgertemperaturen ist zwischen Kollektorkreis und Ausdehnungsbehälter ein Abkühlstrecke (Rohrschlange) eingefügt. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält neben dem 5.540 Liter fassenden Pufferspeicher drei Wärmetauscher und drei Pumpen. Der Speicher ist vor Ort geschweißt worden und wird wegen der Art seiner Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet. Die Kellerschweißung des Speichers machte sich notwendig, da ein Behälter in dieser Größenordnung nicht im Ganzen in die Kellerräume des Gebäudes eingebracht werden konnte. Die in den Kollektoren in Wärme umgesetzte Solarstrahlung wird über einen Plattenwärmetauscher (WT1) an den Pufferspeicher übergeben. Der Pufferspeicher kann etwa 70% des Warmwasserbedarfs eines Tages speichern.

Die Anlage ist als Vorwärmesystem ausgelegt, d.h. es gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier über Gas- bzw. Ölkessel auf die erforderliche Bereitschaftstemperatur gebracht wird. Zusätzlich zur solaren Vorwärmung des Brauchwassers ist, der Zirkulationskreis des Neubaus in den Lastzweig der Solaranlage

eingebunden worden. Ist die Wassertemperatur im Pufferspeicher größer als 45 °C, wird über einen zusätzlichen Wärmetauscher (WT3) im Rücklauf des Zirkulationskreises das abgekühlte Brauchwasser auf die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher erwärmt. Prinzipiell sind mit dieser Maßnahme höhere Systemnutzungsgrade und damit höhere Deckungsanteile erreichbar, wenn das Kollektorfeld ca. 20 – 30% größer ausgelegt wird. Der zusätzliche Energiegewinn, vorrangig in den Sommermonaten, muss dem höheren finanziellen Aufwand bei der Erstellung der Anlage gerecht werden.

Die Solaranlage wird über drei Regler und einen Thermostat gesteuert. Der eigentliche Solarregler (R1, Resol EL1) regelt den Kollektorkreis (Primärkreis von WT1) und die Pufferbeladung (Sekundärkreis von WT1).

Regler R2 (Meßer, PRB2) und ein thermostatisches Mischventil regeln die Entladung des Puffers (Primärkreis von WT2). Ein dritter Regler (R3, Resol E1/D) und ein thermostatisches Mischventil regeln die Entladung des Puffers über WT3, in dem der Zirkulationsrücklauf nachgeheizt wird. Es laufen folgende Vorgänge ab:

1. Kollektorkreis

Je ein Temperaturfühler von R1 ermittelt die Temperaturen im Kollektorfeld (TR11) und im Puffer unten (TR13). Bei positiver Differenz (>7K) wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet.

2. Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 so lange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur (TR12) von WT1 über der im Puffer unten (TR13) liegt (>5K). Diese Temperaturdifferenz wird von R1 erfaßt und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben.

3. Pufferentladung WT2

Bei Entnahme von Warmwasser strömt kaltes Trinkwasser in die Brauchwasserspeicher nach. In der Kaltwasserzulaufleitung ist ein Volumenstromzähler eingebaut (VV), dessen Volumenimpulse (1Impuls/1L) vom Entladeregler R2 erfaßt werden. Die Entladepumpe P2 wird von R2 so gesteuert, dass die sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers (WT2) einstellenden Volumenströme gleich sind (Taktung von P2). Die Laufzeit der Pumpe kann am Regler eingestellt werden und muss so erfolgen, dass eine optimale Auskühlung des Wasser aus dem Speicher erfolgt. Das thermostatische Mischventil schließt den Entladekreis kurz und sorg somit dafür, dass die Vorwärmtemperatur bei 60°C begrenzt wird.

4. Pufferentladung WT3

Wenn die Temperatur im Pufferspeicher oben (TR31) höher ist, als die Vorlauftemperatur im Zirkulationskreis (TR32), dann wird über Regler R3 die Pumpe P5 eingeschaltet und der Zirkulationsrücklauf, der ständig über die Sekundärseite von WT3 strömt, wird erwärmt.

Ein thermostatisches Dreiwegemischventil im Primärkreis von WT3 begrenzt die Temperatur auf ca. 60°C.

Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler vom Regler R1 am Pufferspeicher oben (TR21) schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung (P1 und P2) ab, wenn dort die Temperatur 90°C überschreitet.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von 95°C erfüllt.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C

TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TSV1a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf Neubau	°C
TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf Neubau	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf Bestand	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf Bestand	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf Neubau	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf Neubau	°C
TVV1b	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf Bestand	°C
TVV2b	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf Bestand	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf Neubau	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf Neubau	°C
TSZ1	Temperatur Zirkulationskreisnachheizung Vorlauf Neubau	°C
TSZ2	Temperatur Zirkulationskreisnachheizung Rücklauf Neubau	°C
TSZ1b	Temperatur Zirkulationskreisnachheizung Vorlauf Bestand	°C
TSZ2b	Temperatur Zirkulationskreisnachheizung Rücklauf Bestand	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreisvorlauf Neubau	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreisrücklauf Neubau	°C
THT1b	Temperatur Nachheizkreisvorlauf Bestand	°C
THT2b	Temperatur Nachheizkreisrücklauf Bestand	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
SVa	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung Neubau	m ³ /h
SVb	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung Bestand	m ³ /h
VVa	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung Neubau	m ³ /h
VVb	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung Bestand	m ³ /h
VVc	Volumenstrom Zumischung Zirkulation Bestand	m ³ /h
VZa	Volumenstrom Zirkulationskreis Neubau	m ³ /h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis Bestand	m ³ /h
HTa	Volumenstrom Nachheizkreis Neubau	m ³ /h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis Bestand	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	KWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	H
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	H
HP3	Status Pufferentladepumpe I P3	H
HP5	Status Pufferentladepumpe II P5	H
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma TmG-Geraberg vom Typ WH29.1 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in Kollektorebene wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MB zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV+QSZ/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV+QSZ-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV+QSZ/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV+QSZ-NST)/(QSV+QSZ+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=(QSV+QSZ)/(QSV+QSZ+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Krankenhaus Sonneberg				
1. Meßperiode: 25.01.01 - 24.01.02				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.290	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	52.800	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.837	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	55.715	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	44,28	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9477	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9518	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.531	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	909,7	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	99.416	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	36.757	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	36,97	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	34.834	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	35,19	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.531	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	908,2	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	100.194	gemessen
37	gemessenes Ertrag	kWh/a	32.144	gemessen
38	gemessenes eta	%	32,08	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	92,28	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,16	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Krankenhaus Sonneberg				
2. Meßperiode: 24.01.02 - 23.01.03				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.290	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	52.800	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.837	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	55.715	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	44,28	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9477	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9518	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.494	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	931,9	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	103.694	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	35.910	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	34,63	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	34.031	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	32,96	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.494	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	929,4	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	99.137	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	30.755	gemessen
38	gemessenes eta	%	31,02	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,37	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,12	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 10

Kreiskrankenhaus Ilmenau
(Förderkennzeichen: 0329602J)

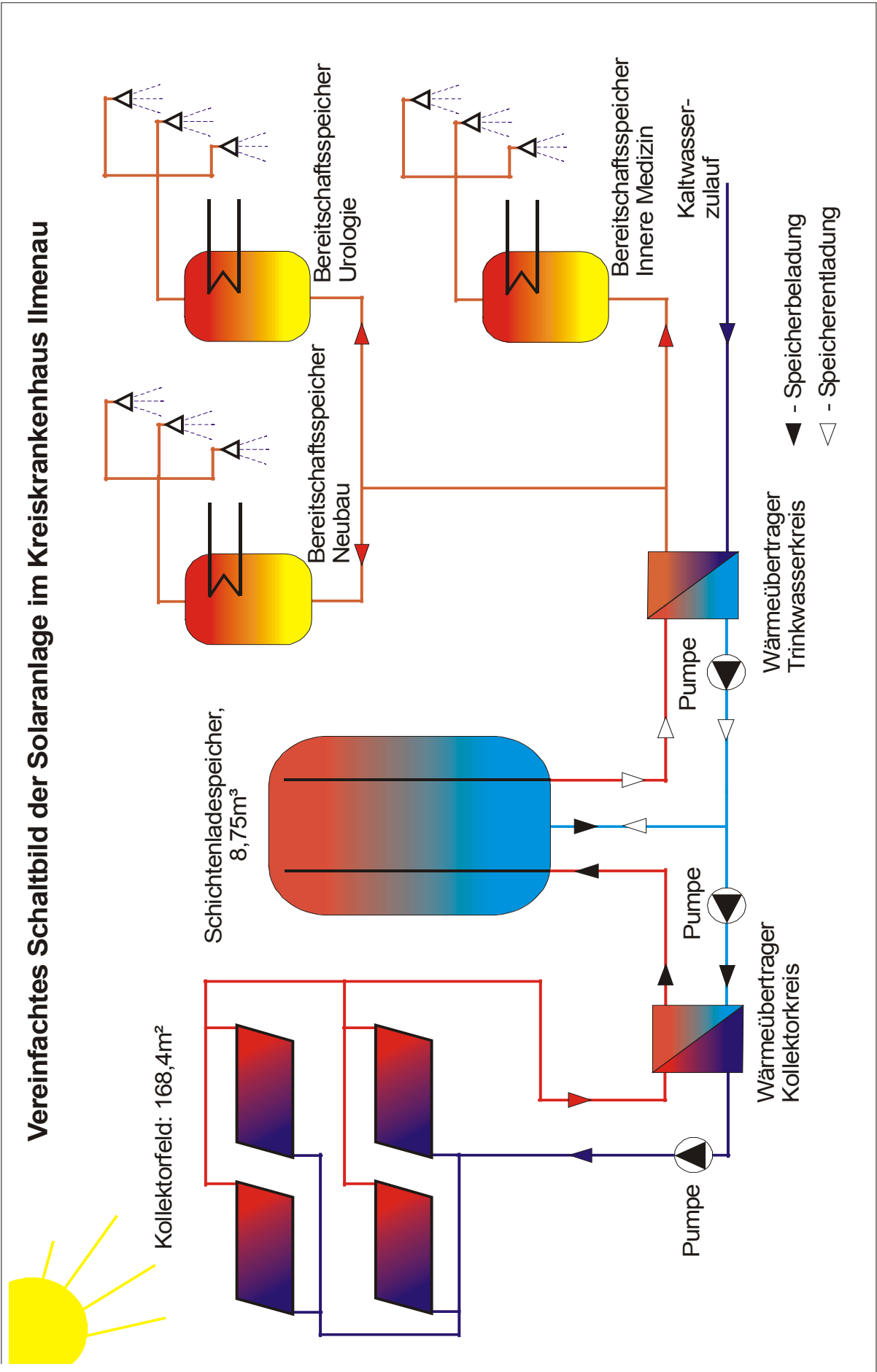
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	24				
Aktive Kollektorfläche	168,4m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	12m				

Hersteller..... : Sesol Ges. f. solare Systeme mbH
 Typ : FK 7.5/6.0
 Bauartzulassung..... : 16-328-090
 Absorbermaterial..... : Kupfer
 Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ :
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck..... :
 Stillstandstemperatur..... :
 Konversionsfaktor η_0 : 0,78
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,7802 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,0223 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,87
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 10,7 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
 Rohr Nennweite..... : DN 50 25 mm
 Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 25 m
 Einfache Länge Rohrleitung innen..... : -
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Mineralwolle im Alublechmantel, 100%, 0,04 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Aeroflex im Alublechmantel, 100%, 0,04 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Tyforop
Markenname..... : Tyfocor
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / -23°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Fero Gelsenkirchen
Typ : BHM 25-100 U
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1
Hersteller..... : Thüsolar GmbH Rudolstadt
Typ..... : 7850, Kellergeschweißt, quadratisch
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 7,85m³
Material Behälter..... : Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke..... : Lanatherm, 200mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,04 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : Fero Gelsenkirchen
Typ : BHM 25-100 U
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... :
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung Solarkreis

Hersteller..... : Sorel
Typ : DR2

Bemerkungen..... : keine

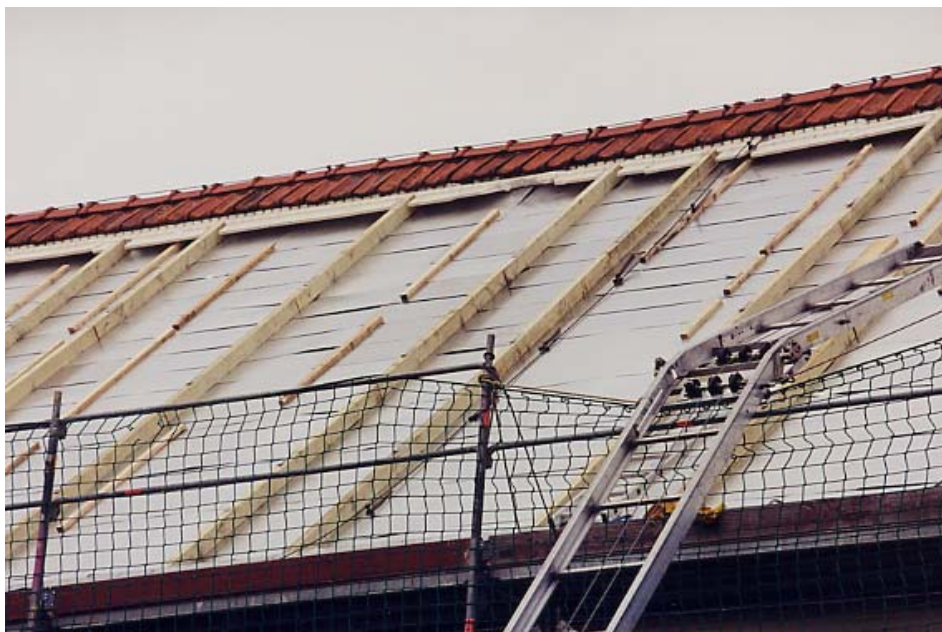
Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Seit fast 180 Jahren gibt es in Ilmenau ein Krankenhaus. Mit der Fertigstellung und Übergabe des Neubaus eines Funktions- und Pflegeersatzbaus am 21.03.2000 verfügt das Kreiskrankenhaus Ilmenau über 211 Betten in fünf Fachbereichen. Das Kollektorfeld der Solaranlage wurde in das Dach des Gebäudes der Inneren Medizin integriert. Eingesetzt wurden Großkollektoren mit je 5 bzw. 7,5 m² Fläche.

Auslegungsgrundlage für die Solaranlage waren vom Planer durchgeführte Verbrauchsmessungen im Bestand. Der Bedarf des Neubaus wurde anhand der Messergebnisse des Bestandes abgeschätzt. Zum Zeitpunkt der Auslegung wurde von einer Bettenzahl von 230 ausgegangen. Mit einem pro Bett-Verbrauch von ca. 50 Liter ergibt sich ein Auslegungsverbrauch von 11,5 m³.



Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der Inneren Medizin
(Foto: TU I / FG TFD 01)



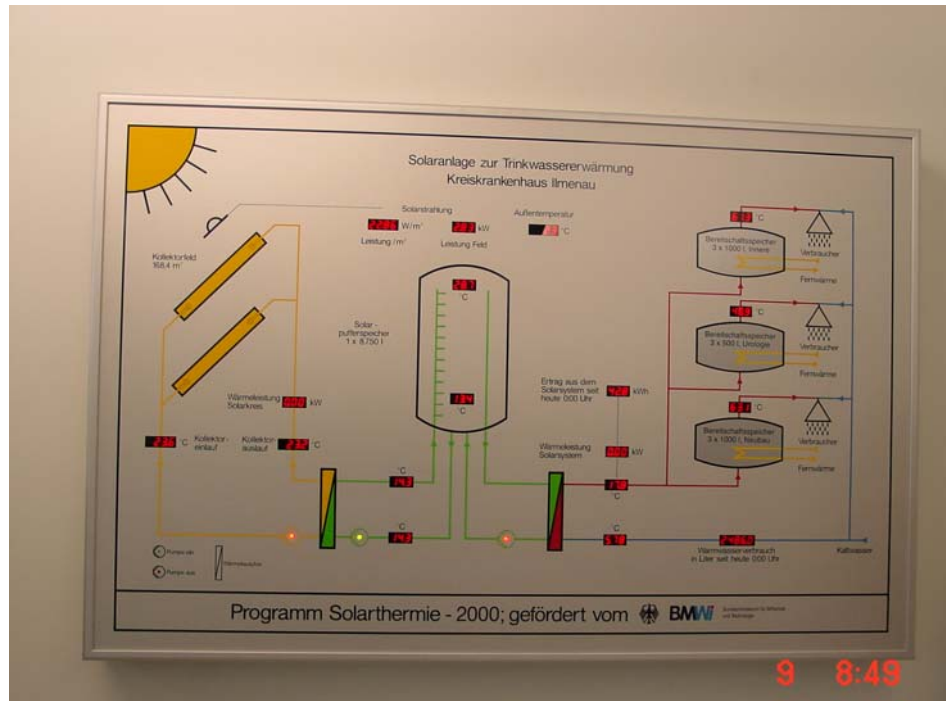
Teilansicht der für den Einbau des Kollektorfeldes vorbereiteten Dachfläche
(Foto: TU I / FG TFD 01)



Ansicht des Solarsystems mit den beiden Ausdehnungsgefäßen des Pufferkreises (im Bild rechts). Hydraulisch vor dem Ausdehnungsgefäß des Kollektorkreises ist ein Vorbehälter montiert, der die thermische Belastung der Membran im Ausdehnungsgefäß verringern soll. (Foto: TU I / FG TFD 01)



Ansicht des Pufferspeichers der Anlage im Haustechnikraum der Inneren Medizin (quadratischer kellergeschweißter Niederdruckspeicher, die Verkleidung des Isoliermantels besteht aus Gipskartonplatten) (Foto: TU I / FG TFD 01)



Ansicht der Schautafel. Sie ist in der Eingangshalle 2001 in Betrieb genommenen Neubaus installiert. (Foto: TU I / FG TFD 01)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld besteht aus 24 Großkollektoren (20 x 7,5m², 4 x 6m²), die in 4 Strängen zu je 6 Kollektoren verschaltet sind. Die Gesamtabsorberfläche beträgt 168,4m². Die Kollektoren sind in Indachmontage in das Dach eingebracht wurden, d.h., die Dachziegel wurden im Bereich des Feldes durch die Kollektormodule ersetzt. Zur zusätzlichen Absicherung des im Dachgeschoss unter dem Kollektorfeld untergebrachten Röntgenarchives wurden die Kollektoren in eine wasserdichte Blechwanne eingesetzt. Die umlaufende Abdichtung des Feldes erfolgte ähnlich der beim Einbau von Dachflächenfenstern. Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 11,5 m³ pro Tag ausgelegt.

Die gesamte Systemtechnik ist in einem Kellerraum der Inneren Medizin untergebracht (siehe Abb.3 und 4). Die Solarwärme wird zentral über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben und an die einzelnen Häuser verteilt (Neubau, Urologie und Innere).

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher mit 8,75 m³ Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird mit max 1 bar Druck betrieben. Die Ausgleichsbehälter befinden sich direkt neben dem Speicher (siehe Abb. 4). Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Consens (Ilmenau). Mit dem Gesamtspeichervolumen von 8,75 m³ können ca. 75 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Solarsystem wird über zwei Regler gesteuert. Regler 1, ein Sorel DR 4, steuert die Kollektorkreispumpe P1 und die Beladepumpe P2 des Solarsystems. Der als Entladeregler 2 eingesetzte PRB2 (Meßer, Neuhaus) übernimmt die Steuerung der Speicherentladepumpe. Der Entladeregler nutzt die Impulse des Volumenstromzählers SV, um die Entladepumpe entsprechend des Zapfverbrauches zu takten.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung
(Anlagenschema siehe oben)

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, dass die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperaturen in den Bereitschaftsspeichern betragen ganz-jährig 60°C. Die Zirkulation ist in den Häusern ganztägig in Betrieb.

Die Entladung der Puffer erfolgt über den Regler 2 (Meßer). Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über den in der Kaltwasserleitung installierten Volumenzähler SV registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald Durchsatz ermittelt wird, schaltet der Regler die Pufferentladepumpe P3 zu. Der Regler wertet die Impulsfolgefrequenz des Volumenzählers SV aus und erzeugt ein pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung der Entladepumpe. Durch die beschriebene Ansteuerung der Entladepumpe ist gewährleistet, dass auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Nach der Vorwärmung des Trinkwassers erfolgt die Verteilung in die einzelnen Häuser.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TRW1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Wärmerechner)	°C
TRW2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Wärmerechner)	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreisvorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreisrücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Neubau)	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Neubau)	°C
TVV1b	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Urologie)	°C
TVV2b	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Urologie)	°C
TVV1c	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Innere)	°C
TVV2c	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Innere)	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Neubau)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Neubau)	°C
TVZ1b	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Urologie)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Urologie)	°C
TVZ1c	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Innere)	°C
TVZ2c	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Innere)	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Neubau)	°C
THT2a1	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Neubau, Speicher 1)	°C
THT2a2	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Neubau, Speicher 2)	°C
THT2a3	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Neubau, Speicher 3)	°C

THT1b	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Urologie)	°C
THT2b	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Urologie)	°C
THT1c	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Innere)	°C
THT2c	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Innere)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m³/h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m³/h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m³/h
SVa	Volumenstrom Kaltwasser (Neubau)	m³/h
SVb	Volumenstrom Kaltwasser (Urologie)	m³/h
SVc	Volumenstrom Kaltwasser (Innere)	m³/h
VV	Volumenstrom Kaltwasser gesamt	m³/h
Vza	Volumenstrom Zirkulationskreis (Neubau)	m³/h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (Urologie)	m³/h
VZc	Volumenstrom Zirkulationskreis (Innere)	m³/h
HTa1	Volumenstrom Nachheizkreis (Neubau, Speicher 1)	m³/h
HTa2	Volumenstrom Nachheizkreis (Neubau, Speicher 2)	m³/h
HTa3	Volumenstrom Nachheizkreis (Neubau, Speicher 3)	m³/h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis (Urologie)	m³/h
HTc	Volumenstrom Nachheizkreis (Innere)	m³/h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	KWh
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Thermometerwerk Geraberg vom Typ WH29 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfasst. Die an das Trinkwasser abgegebene Wärmeleistung wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MBlight zusätzlich erfasst. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	=QSV/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(201m²*7d)	Kollektorauslastung pro m² und Tag	l/(m²*d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m²*HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m² und h	l/(m²*h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantieertrag					
Objekt: Krankenhaus Ilmenau					
1. Meßperiode: 26.10.00 - 25.10.01					
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.875	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.875	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	45,89	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.289	gemessen	-40,93%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	967,2	gemessen	0,30%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	180.997	mit T*SOL berechnet	-1,35%
23	Ertrag	kWh/a	72.589	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	40,11	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	72.974	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,32	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.289	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	945,0	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	162.731	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	63.362	gemessen	
38	gemessenes eta	%	38,94	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41 Ergebnis:					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,83	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,57	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Krankenhaus Ilmenau				
2. Meßperiode: 25.10.01 - 24.10.02				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.875	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	3.875	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,89	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.590	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	926,0	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	174.606	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	78.417	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,91	eta = (A23/A22)*100%
25				
Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	78.833	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	45,15	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	2.590	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	926,0	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	155.932	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	67.152	gemessen
38	gemessenes eta	%	43,06	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,18	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,38	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Krankenhaus Ilmenau		
Messperiode:		24.10.2002 - 23.10.2003		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
		Einheit	Wert	Anmerkungen
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	3.875	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 11	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	3.875	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 11	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	45,89	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A6/A14
17 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-				
18 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
19 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
20				
21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.656	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.102,0	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 11	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	209.556	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	90.724	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	43,29	eta = (A26/A25)*100%
28				
29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	91.206	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	43,52	korr. eta=A27*A16
32 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
33 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
34 bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.				
35				
36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.656	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.102,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	186.126	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	77.750	gemessen
41	gemessenes eta	%	41,77	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
43 Ergebnis:				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,25	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,98	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 11

Wohngebäude Erfurt, Juri-Gagarin-Ring
(Förderkennzeichen: 0329602G)

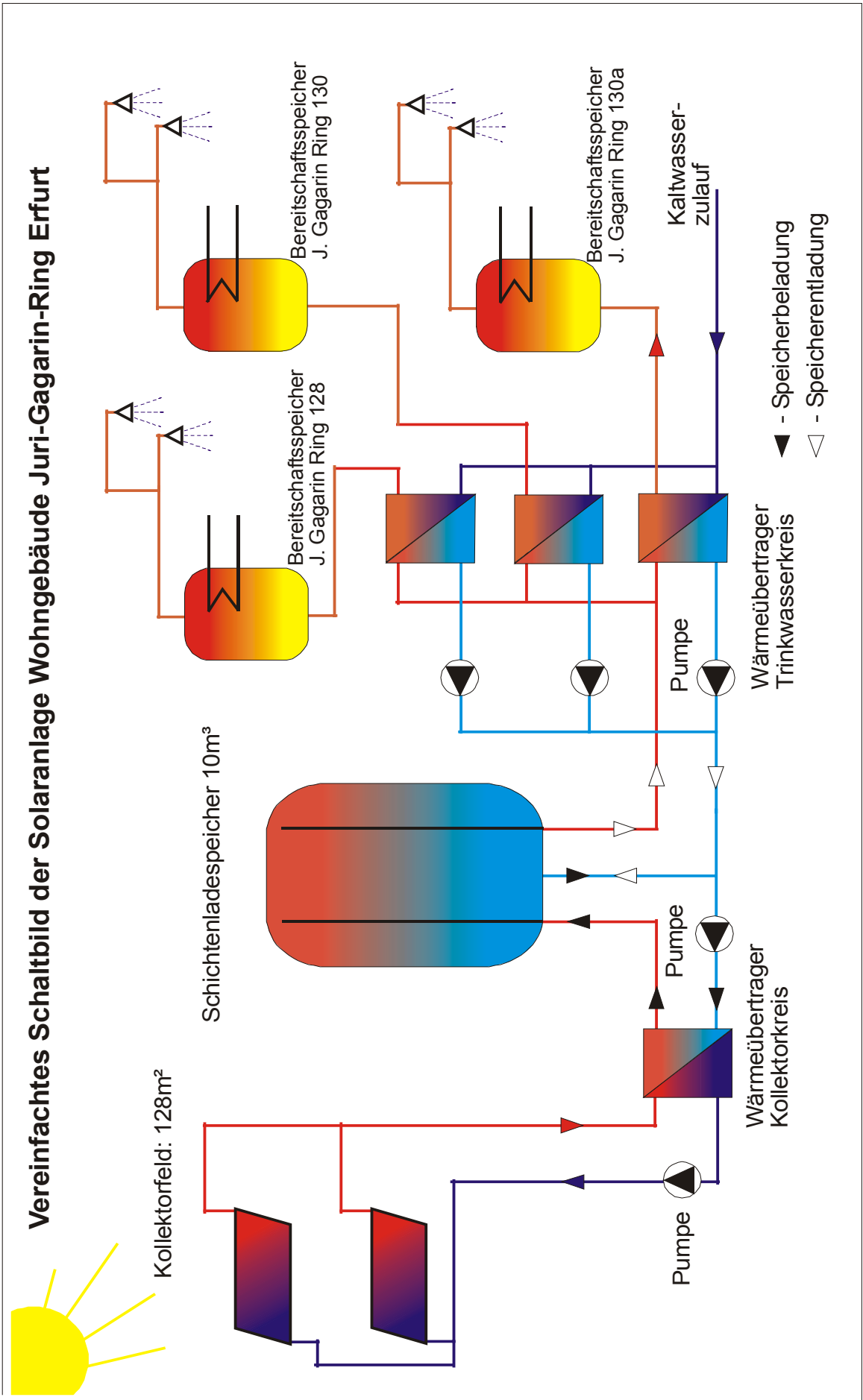
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Technische Daten der Hauptkomponenten des Solarsystems

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd -20°				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	170				
Aktive Kollektorfläche	127,5m ²				
Wärmeträgerinhalt	k.A.				
Höhe über Grund	40m				

Hersteller, Typ.....	: SUNDA Solartechnik GmbH
Bauartzulassung.....	: 901-328-108
Absorbermaterial.....	: Aluminium
Material Verrohrung im Kollektor.....	: Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ	: Vakuum
Material Frontabdeckung, Dicke.....	: gehärtetes Glas
Material Kollektorkasten.....	: Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck.....	: k. A.
Stillstandstemperatur.....	: k. A.
Konversionsfaktor η_0	: 0,813
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1	: 2,09 W/(m ² *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2	: 0,0001 W/(m ² *K ²)
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,92 / 1,05
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 15 l/m ² *h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN.....	: Stahl
Rohr Nennweite.....	: DN 57
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	: 40 m
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	: 5 m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ	: Aeroflex / Mineralfaser in Balkonverkleidung integriert, 100%, 0,04 / 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ	: Mineralwolle Alukaschiert, 100%, 0,035 W/(m*K)

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 55 % / -28°C
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Fero Fernwärmegeräte
Typ : BHM 55-U100
Ausführungsart nach DIN 1988..... : k. A.
Fläche..... : k. A.
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Kupfer / Edelstahl gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1
Hersteller..... : Thüsolar GmbH Rudolstadt
Typ..... : kellergeschweißt
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 10 m³
Material Behälter..... : Stahl
Material Dämmung, Dicke..... : Weichschaum, 100mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,04 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : Fero Fernwärmegeräte
Typ : 3 x BHM 55-U48
Ausführungsart nach DIN 1988..... : k. A.
Fläche..... : k. A.
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Kupfer / Edelstahl gelötet

Regelung Solarkreis

Hersteller..... : Resol , Meßer
Typ : ESF25 / PRB 2

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Erfurt die Landeshauptstadt des Freistaates Thüringen liegt am Südrand des Thüringer Beckens ca. 20km von Weimar und ca. 45km vom Thüringer Wald entfernt. Das 11-geschossige Wohngebäude steht im Stadtzentrum in unmittelbarer Nähe zur Altstadt und ist Bestandteil einer größeren Hochhauswohnsiedlung. Das Gebäude wurde in den Jahren 1999-2001 komplett (Fassade, Fenster, Dach, Heizung, Sanitär) saniert. Der Auslegungsverbrauch wurde mit 14m³/d festgelegt und ergibt sich aus dem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 25 Litern/d bei ca. 560 Bewohnern.



Gesamtansicht des Gebäudes Juri-Gagarin-Ring aus südwestlicher Richtung
(Foto: TU I / FG TFD 01)



Teilansicht des Kollektorfeldes Gagarin-Ring 128. In den roten Verkleidungen ist die Verrohrung der Kollektoren untergebracht. Die Sammelleitungen der Stränge sind unter der Fassadenisolation nach oben in den Drempel geführt.
(Foto: TU I / FG TFD 01)



Teilansicht eines montierten Balkonmoduls. Die Verkleidungen sind fertiggestellt. (Foto: TU I / FG TFD 01)

Die Installation der Systemtechnik erfolgte in einem entsprechend umgebauten Durchgang zwischen den Gebäudeteilen Ring 130 und Ring 128/128a. Der Durchgang ist mit großen Glasflächen versehen worden, so dass die Anlage sehr gut von außen eingesehen werden kann. Hinter der Verglasung des nördlichen Abschlusses des Durchganges ist die Schautafel der Anlage aufgestellt. Sie ist auf einem Rollgestell montiert und kann beim Betreten des Raumes verschoben werden.

Auf Wunsch des Betreibers wurde in der Giebelseite des Gebäudes eine zusätzliche Großanzeige installiert. Sie zeigt in der ersten Zeile abwechseln Datum, Uhrzeit und die aktuelle Außentemperatur, sowie in der zweiten Zeile in Laufschrift den Tagesgesamtertrag seit 0:00 Uhr und den Jahresgesamtertrag seit 1.01. 0:00Uhr an. Die Anzeige besteht aus 250mm hohen (hintergrundbeleuchteten) LCD-Anzeigen.



Ansicht des Mess- und Regelungstechnik - Schaltschranks im umgebauten ehemaligen zweiten Durchgang. Rechts ist der 10m³ Pufferspeicher und das zugehörige Ausdehnungsgefäß zu sehen. (Foto: TU I / FG TFD 01)



Blick in den fertig aufgebauten Pufferspeicher. Rechts ist die Beladelanze und links das Entladerohr zu sehen. (Foto: TU I / FG TFD 01)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe Anlage)

Das Kollektorfeld besteht aus 180 Vakuumröhrenmodulen mit je 0,70 m² Kollektorfläche. Es sind jeweils 2 Module zu einem Balkonmodul verbunden. Die Röhren in den Modulen sind vom Hersteller um 45° gedreht montiert worden, um eine optimale Ausrichtung der Absorber bei senkrechter Montage zu erreichen.

Das gesamte Feld ist in 15 parallelgeschaltete Stränge aufgeteilt. Jeder Strang enthält je nach Balkonzeile 4 bis 6 in Reihe geschaltete Module. Die Stränge 4 und 11 enthalten jeweils die doppelte Anzahl in Reihe geschaltete Module (je zwei parallel). Die Anzahl der von oben ausgehend bestückten Balkonbrüstungen nimmt von rechts nach links zu, da die Fassade in den Morgenstunden von anderen Hochhäusern abgeschattet wird. Das Kollektorfeld hat eine Gesamtabsorberfläche von 119m². Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 14 m³ pro Tag ausgelegt.

Um die geforderten 15 L/m²*h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich im Drempel im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Die gesamte Systemtechnik der Solaranlage und der Vorwärmwärmetauscher für den Ring 130 ist in einem der beiden Durchgänge zwischen den Gebäudeteilen Ring 130 und Ring128/128a installiert. Um eine größere Baufreiheit zu schaffen ist der Fußboden des hinteren Bereiches um ca. 1,8m abgesenkt worden. Die Maßnahme ermöglichte die laut Planung vorgesehenen 2 Stück 5m³ Speicher durch einen 10m³ großen Speicher zu ersetzen. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher von 10m³ Volumen. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten weicht der Speicher von dem üblichen Höhen-Durchmesser-Verhältnissen ab. Der Speicher hat bei einer Bauhöhe von 3,9m einen Durchmesser von 1,9m (beide Maße ohne Isolation). Mit dem Speichervolumen von 10m³ können ca. 70 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Regelungssystem der Anlage inklusive Entladung besteht aus 6 unabhängigen Reglern. Die Regelungstechnik ist aus Kostengründen erstmalig im Programm mit in den Messtechnikschaltschrank eingebaut worden. Die Bedien- und Kontrollelemente befinden sich in der rechten Tür des Standschaltschranks. Die Regler und die Elektroinstallation wurde ganz unten in den Schrank installiert. Es wurde konsequent darauf geachtet, dass Netz- und Fühlerleitungen räumlich getrennt im Schrank verlegt wurden.

Die Regelung des Kollektor- und des Speicherladekreises erfolgt von R1 (Resol ESF25). Der Regler erfasst mit einer Solarzelle CS10 die Strahlungsintensität. Bei Überschreiten des Schwellwertes von 150W/m² wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. Die Pumpe des Speicherladekreises (P2) wird zugeschaltet wenn der Regler zwischen den Temperaturmessstellen Kollektorkreisvorlauf (TR11) und Pufferspeicher unten (TR12) eine Differenz größer 8K feststellt. Zum Schutz des Pufferspeichers gegen Übertemperatur ist im oberen Bereich ein Sicherheitsthermostat (STB) installiert. Die Pumpen P1 und P2 werden bei einer Temperatur im Speicher oben von 95°C abgeschaltet.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Anlagenschema siehe Anlage

Low-Flow-Anlagen erfordern, um gute Kollektorwirkungsgrade und damit hohe Erträge erzielen zu können, niedrige Kollektorvorlauftemperaturen. Dazu ist es erforderlich, den Pufferspeicher bei der Entladung weit herunterzukühlen. Bei der hier beschriebenen als Vorwärmssystem ausgeführten Anlage werden die Bedingungen dazu gut erfüllt.

Die Solarwärme wird über einen in die Kaltwasserzulaufleitung der Bereitschaftsspeicher eingesetzten Plattenwärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben (Durchlauferhitzerprinzip). Wichtig bei der Umsetzung des Vorwärmersystems ist eine korrekte Auslegung des Plattenwärmetauschers für eine mittlere logarithmische Temperaturdifferenz >5K bei den maximal zu erwartenden Zapfverbrauchsspitzen. und eine für den Einsatzfall angepasste Entladeregulierung. Als praktikable Lösung hat sich die Nutzung der Impulse des im Rahmen der Meßtechnik verwendeten Volumenstromzählers in der Kaltwasserleitung für die Steuerung der Entladepumpe P2. Dabei wird die Pumpe so getaktet, daß sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers der gleiche Volumenstrom einstellt.

Die beschriebene Anlage ist an drei Warmwasserbereiter (Ring 128/128a/130) angeschlossen. Die jeweiligen Vorwärmwärmetauscher sind in unmittelbarer Nähe der Haustechnikstationen installiert. Dies hat zur Folge, daß die Solarwärme für die Häuser 128 und 128a über größere Entfernung an das Solarsystem angeschlossen sind. Um die Auskühlung der Rohrleitungen bei geringen Zapfverbräuchen auszugleichen ist für diese Stränge eine Zirkulation realisiert worden. Die Zirkulationspumpen werden eingeschaltet wenn zwischen Entladewärmetauschereintritt und Pufferspeicher oben eine Temperaturdifferenz <4K gemessen wird. Die Regelung der Zirkulationspumpen ist in die vorhandene Gebäudeleittechnik integriert.

Die Entladung des Pufferspeichers erfolgt über drei Regler PRB2 der Fa. Solar- & Energiesparteknik Neuhaus. Zum Schutz der Entladewärmetauscher vor Verkalkung wird die Temperatur Trinkwasserseitig auf 60°C begrenzt. Dazu sind die Entladestränge mit Dreiwegemischventilen ausgerüstet.

Beschreibung der Messtechnik

Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TRW1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Wärmerechner)	°C
TRW2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Wärmerechner)	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreisvorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreisrücklauf	°C
TSV1a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Ring 130)	°C
TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Ring 130)	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Ring 130)	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Ring 130)	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Ring 128)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Ring 128)	°C
TVV1b	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Ring 128)	°C
TVV2b	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Ring 128)	°C
TSV1c	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Ring 128a)	°C
TSV2c	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Ring 128a)	°C
TVV1c	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Ring 128a)	°C
TVV2c	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Ring 128a)	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Ring 130)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Ring 130)	°C
TVZ1b	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Ring 128)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Ring 128)	°C
TVZ1c	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Ring 128a)	°C
TVZ2c	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Ring 128a)	°C

THT1a	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Ring130)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Ring130)	°C
THT1b	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Ring128)	°C
THT2b	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Ring128)	°C
THT1c	Temperatur Nachheizkreisvorlauf (Ring128a)	°C
THT2c	Temperatur Nachheizkreisrücklauf (Ring128a)	°C
TKV	Temperatur Kollektorkreisvorlauf (Kollektorfeld)	°C
TKR	Temperatur Kollektorkreisrücklauf (Kollektorfeld)	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m³/h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m³/h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m³/h
VVa/SVa	Volumenstrom Kaltwasser (Ring130)	m³/h
VVa/SVb	Volumenstrom Kaltwasser (Ring128)	m³/h
VVa/SVc	Volumenstrom Kaltwasser (Ring128a)	m³/h
VZa	Volumenstrom Zirkulationskreis (Ring130)	m³/h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (Ring128)	m³/h
VZc	Volumenstrom Zirkulationskreis (Ring128a)	m³/h
Hta	Volumenstrom Nachheizkreis (Ring130)	m³/h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis (Ring128)	m³/h
HTc	Volumenstrom Nachheizkreis (Ring128a)	m³/h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Thermometerwerk Geraberg vom Typ WH 29.1 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfasst. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MBlight zusätzlich erfasst. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV/HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV-NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV/NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_B_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_N_MZ	=QSV/(QSV+QHTMZ)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHTOZ)*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(201m²*7d)	Kollektorauslastung pro m² und Tag	l/(m²*d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m²*HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m² und h	l/(m²*h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Wohngebäude Juri-Gagarin-Ring 128 - 130 Erfurt				
1. Meßperiode: 07.06.01 - 06.06.02				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.263	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	75.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	57,91	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.263	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.790	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	56,97	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0164	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0164	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.702	gemessen -10,66%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	881,1	gemessen -8,63%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	96.992	mit T*SOL berechnet -25,12%
23	Ertrag	kWh/a	49.756	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	51,30	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	50.572	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	52,14	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.702	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	881,1	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	104.851	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	42.989	gemessen
38	gemessenes eta	%	41,00	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,01	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	78,63	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Berechnung zum Garantierertrag				
Objekt: Wohngebäude Juri-Gagarin-Ring 128 - 130 Erfurt				
2. Meßperiode: 06.06.02 - 05.06.03				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.263	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	75.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	57,91	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	5.263	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.790	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	56,97	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0164	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0164	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.422	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	905,9	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.818	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	56.328	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	51,29	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	57.252	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	52,13	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.422	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	905,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.964	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	56.000	gemessen
38	gemessenes eta	%	43,09	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,81	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	82,65	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 12

KIEZ-Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge
(Förderkennzeichen: 0329603K)

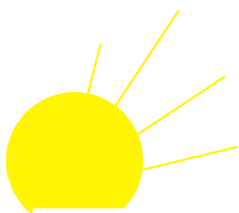
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

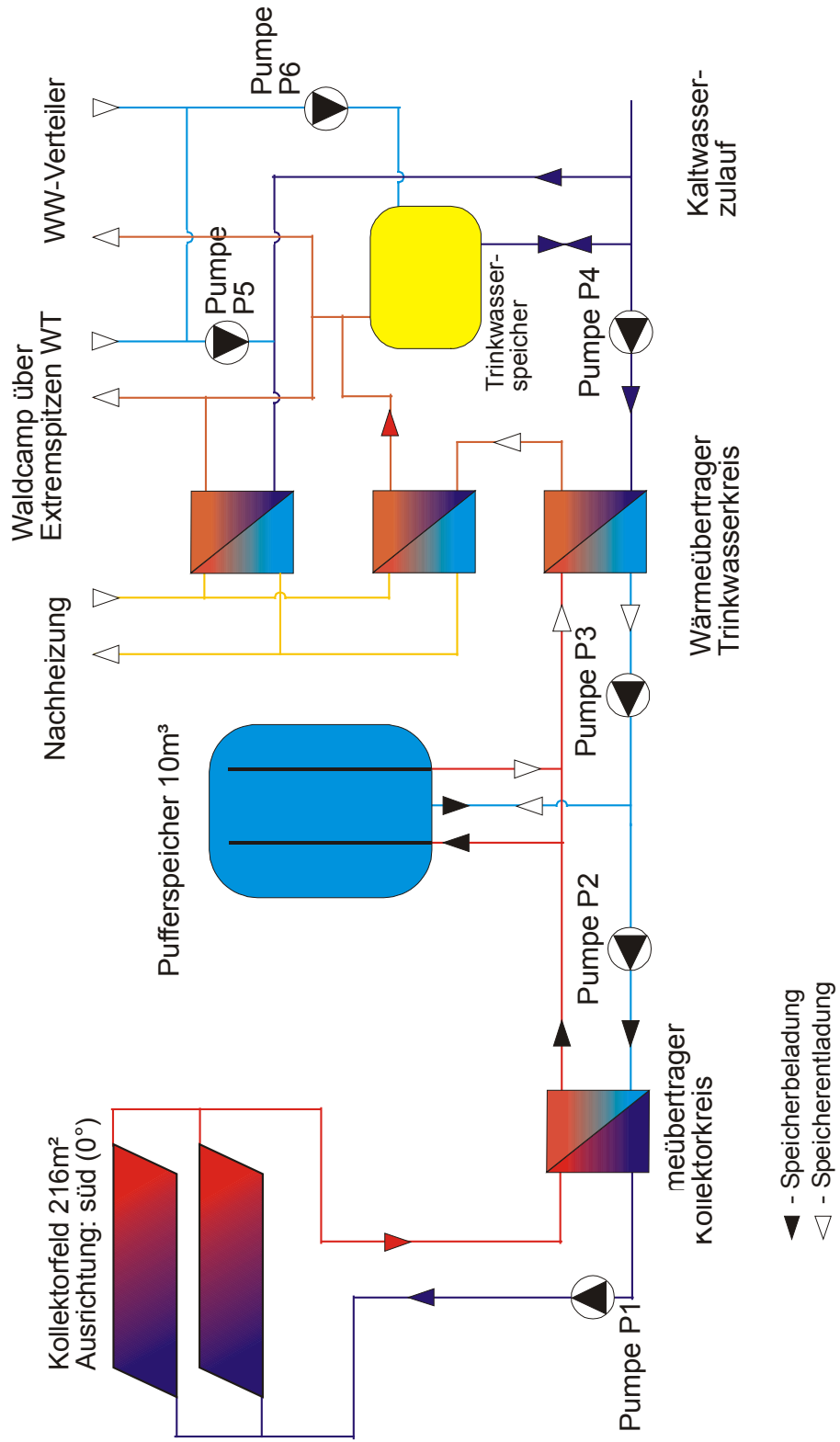
Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage im Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd				
Neigung	38°				
Anzahl Kollektoren	30				
Aktive Kollektorfläche	216m ²				
Wärmeträgerinhalt	k.A.				
Höhe über Grund	5m				

Hersteller, Typ..... : Sonnenkraft IMK8
Bauartzulassung..... : 02-328-083
Absorbermaterial..... : Kupfer, Sunselect
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Mineralwolle, 55mm
Material Frontabdeckung, Dicke..... : Glas, 4mm
Material Kollektorkasten..... : Holz/Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
Stillstandstemperatur..... : k.A..
Konversionsfaktor η_0 : 0,779
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,646 W/(m²K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,012 W/(m²K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,88
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
Rohr Nennweite..... : DN 22, DN 28, DN 35, DN 40
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 0m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 40m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : k.A.
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralwolle 100%, 0,035 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 50 %
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller.....	: OTTO
Typ	: 2 x Longtherm OHC-85/100G
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.
Fläche.....	: k.A.
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend
Hersteller.....	: Flamco STAG Behälterbau, Genthin
Typ.....	: SPS 10000
Bauartzulassung.....	: k.A.
Volumen je Speicher.....	: 10,0m ³
Material Behälter.....	: Stahl, RSt37-2
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 150mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	: 0,035 w/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller.....	: OTTO
Typ	: 3 x Longtherm OHC 85/100G
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.
Fläche.....	: k.A.
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung Solarkreis

Solarkreis

Hersteller.....	: Boyd Regelungstechnik
Nr, Typ	: R1, B111/00-1

Beladekreis/(Entladekreis)

Hersteller.....	: Boyd Regelungstechnik
Nr. Typ	: R2, B111/00-0

Entladekreis (später nachgerüstet)

Hersteller.....	: Meßer
Nr. Typ	: R3, PRB2

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Güntersberge im Harz wurde 1281 erstmalig in einer Urkunde erwähnt, erhielt 1491 Stadtrecht und liegt nördlich von Stolberg direkt an der Selketalbahn, einer der schönsten Strecken der Harzer Schmalspurbahnen.

Das Kinder- und Erholungszentrum (KIEZ) liegt etwas außerhalb im "Grünen".

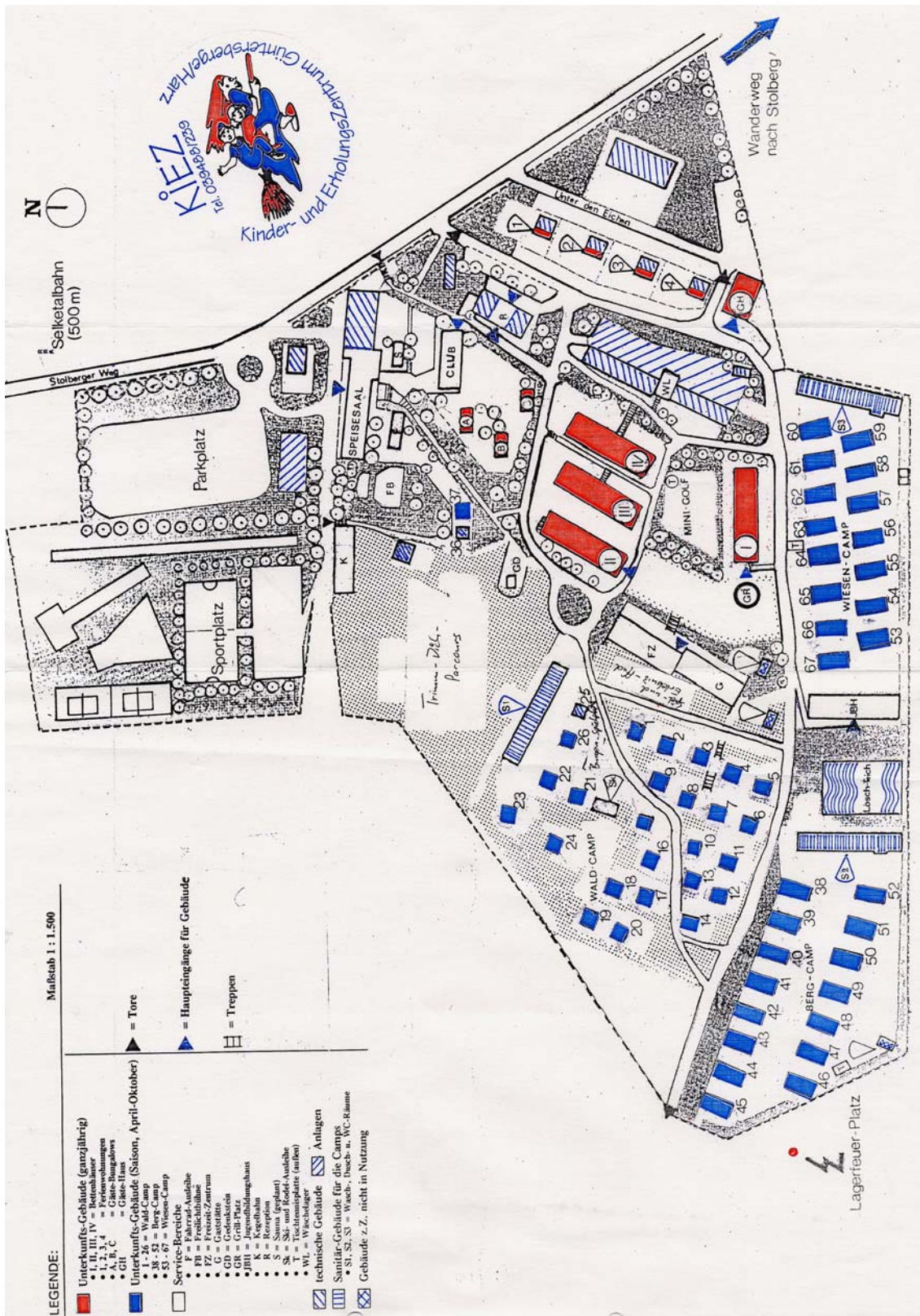
Seit 1997 treffen sich dort Kinder Europas alljährlich im Sommer zum "Europacamp für Kids".

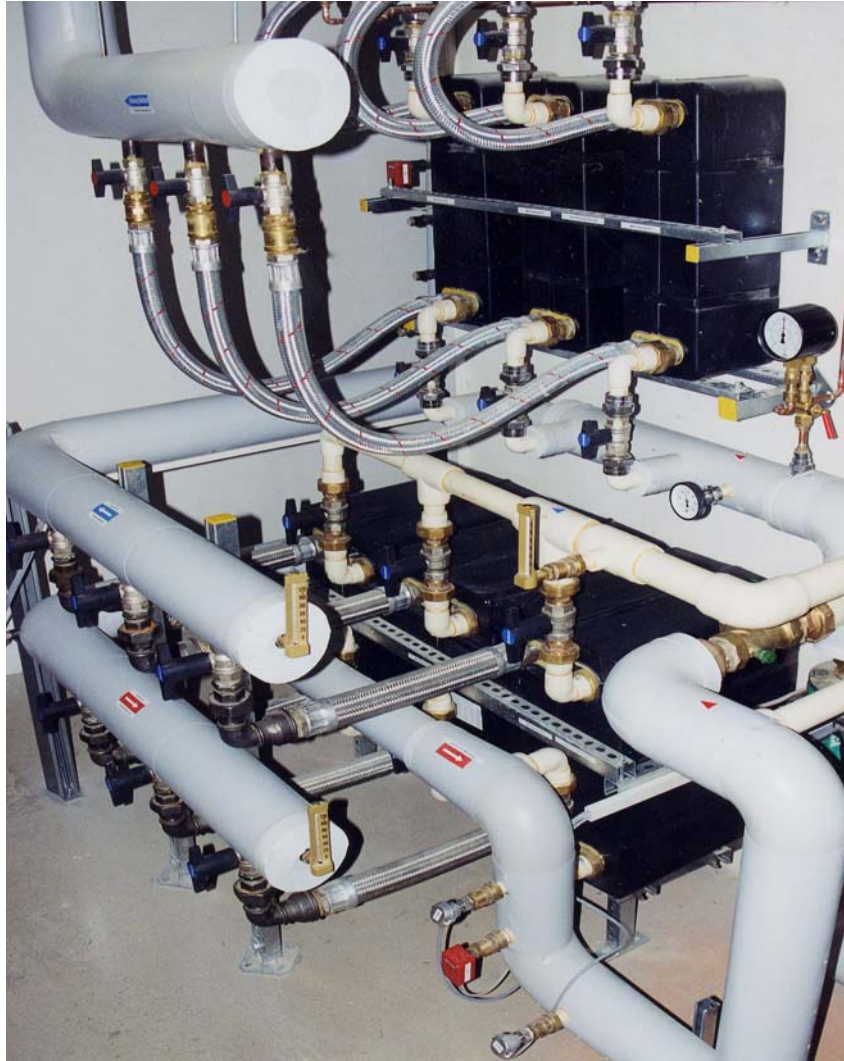
Die Solaranlage wurde als Low-Flow-Anlage ausgeführt und das Kollektorfeld der Solaranlage in das Dach des Bettenhauses 4 integriert. Die zur Verfügung stehende

Dachfläche von 300 m² wurde fast vollständig mit insgesamt 30 Großkollektoren zu je 8 m² Fläche belegt. Die Gesamtabsoberfläche (aktive Kollektorfläche) beträgt 216 m². Die vorbereitenden Untersuchungen und Messungen, die durch die FH Merseburg als hochschulbegleitende Einrichtung durchgeführt wurden, ergaben einen Auslegungsverbrauch von 14,8 m³/d. Seit Dezember 1999 wird die Anlage durch die TU Ilmenau betreut.



Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach des Bettenhauses 1, aus südlicher Richtung
(Foto: TU I / FG TFD 01)





Ansicht der Vorwärmwärmetauscher. Darüber befinden sich die Wärmetauscher für die Nachheizung. Die gelöteten Plattenwärmetauscher sind jeweils parallel geschaltet.
(Foto TUI/ FG TFD 01)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld der Anlage befindet sich auf der 38° geneigten Süddachfläche des Bettenhauses 1. Die vorhandene Wellblecheindeckung wurde vollständig durch die Kollektoren inkl. Randeinfassungen ersetzt. Somit beträgt die Bruttokollektorfläche 240m² bei einer Gesamtdachfläche von 300m². Das Kollektorfeld besteht aus 30 Großkollektormodulen mit je 8m² Bruttofläche und ist in 5 parallelgeschaltete Stränge unterteilt. Der hydraulische Abgleich erfolgt durch Strangreguliertventile in den Vorläufen der einzelnen Stränge.

Die Übergabe der Wärme an den Beladekreis erfolgt im Haustechnikraum des Bettenhauses. In diesem Raum sind die Kollektorkreispumpe P1, Wärmetauscher I (2 x 100kW in Reihe), das Ausdehnungsgefäß des Kollektorkreises, der Regelungstechnikschaltschrank für den Kollektorkreis sowie ein Schaltschrank für die Messtechnikfühler des Kollektorkreises untergebracht.

Der 10m³ fassende Pufferspeicher sowie das Ausdehnungsgefäß und die beiden Pumpen für die Speicherbe- bzw. Entladung sind in einem Nebenraum des Werkstatttraktes untergebracht. Die Verbindung der Systemkreise zwischen Bettenhaus und Werkstatt erfolgt über eine erdverlegte Warmwasser PE-Rohrleitung mit einer Nennweite von DN 50. Die Rohrlänge beträgt ca. 60m. Der Pufferspeicherraum befindet sich in unmittelbarer Nähe der ebenfalls im Werkstatttrakt untergebrachten Haustechnikstation für die Warmwasserbereitung. Hier sind die 3 parallel betriebenen Entladewärmetauscher, der Regelungstechnikschaltschrank sowie der Messtechnikschaltschrank installiert.

Die Solaranlage wurde ursprünglich komplett von zwei DDC-Steuerungen der Fa. Boyd geregelt. Da sich nach der Inbetriebnahme der Anlage herausstellte, dass die Boyd-Steuerungen für die vorgesehene Art der Speicherentladung nicht geeignet sind, wurde zusätzlich ein Entladeregler PRB2 der Fa. Meßer installiert.

1. Kollektorkreis

Je ein Temperaturfühler von R1 ermittelt die Temperaturen im Kollektorfeld (TR11) und im Puffer unten (TR12). Bei positiver Differenz (>8K) wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. P1 wird abgeschaltet, wenn TR21 kleiner als TR12+2K ist oder wenn TR33 (Speicher oben) größer 90°C ist.

2. Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur (TR21) von WT1 über der im Puffer unten (TR12) liegt (>6K). Diese Temperaturdifferenz wird von R1 erfasst und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben. Das Abschalten der Pumpe P2 erfolgt mit dem Abschalten der Pumpe P1.

3. Pufferentladung WT2

Bei Entnahme von Warmwasser strömt kaltes Trinkwasser in die Brauchwasserspeicher nach. In der Kaltwasserzulaufleitung ist ein Volumenstromzähler eingebaut (VV), dessen Volumenimpulse (1Impuls/1L) vom Entladeregler R3 erfasst werden. Die Entladepumpe P3 wird von R3 so gesteuert, dass die sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers (WT2) einstellenden Volumenströme gleich sind (Taktung von P3). Die Laufzeit der Pumpe kann am Regler eingestellt werden und muss so erfolgen, dass eine optimale Abkühlung des Wasser aus dem Speicher erfolgt. P3 wird trotz anliegender Verbrauchsimpulse nicht angesteuert, wenn der Pufferspeicher entladen ist, d.h. wenn TR33 kleiner als die Kaltwasserzulauftemperatur (TR30) +3K ist

4. Übertemperaturbegrenzung

Zum Schutz der erdverlegten Rohrleitung zwischen Bettenhaus und Werkstatt vor zu hohen Temperaturen ist am Ausgang des Wärmetauscher 1 sekundärseitig ein Sicherheitstemperaturbegrenzer installiert. Dieser übernimmt damit auch die Sicherheitsabschaltung des Systems bei Störung. Eine regelungstechnisch realisierte Übertemperaturabschaltung für den Pufferspeicher ist in Punkt 1. beschrieben.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

(Anlagenschema siehe oben)

Die Solarthermische Anlage in Güntersberge wird als reine Trinkwasservorwärmanlage betrieben. Das Objekt wird von einer im Werkstatttrakt untergebrachten zentralen Warmwasserbereitungsanlage mit Warmwasser versorgt. Daran angeschlossen sind alle Verbraucher, außer der Küche. Die Problematik der Warmwasserversorgung ist 1. die Weiträumigkeit des Objektes und 2. die Höhenunterschiede der einzelnen Verbraucher (bis 20m). Um die Versorgung der höhergelegenen Zapfstellen besonders in verbrauchsstarken Zeiten sicherzustellen, wurde im hochgelegenen Heizhaus eine Warmwassernachspeisung installiert (TANON). Die Nachspeisung erfolgt abhängig vom Druck im Trinkwassersystem. Die Zirkulation wird ausschließlich von der WWB im Werkstatttrakt betrieben.

Nach Inbetriebnahme der Solaranlage stellte sich heraus, dass der TANON nicht wie vorgesehen nur die Lastspitzen abfing, sondern bis zu 50% des Gesamtbedarfes nachspeiste und dies unabhängig von der Verbrauchssituation. Nach einer probeweisen Abschaltung des TANON stellte sich weiterhin heraus, dass die oberen Teile des versorgten Gebietes von der Zirkulation nicht erreicht wurden. Das Wasser wurde kalt. Hydraulik und Leitungsführung konnten nicht nachvollzogen werden, da keine aktuellen Revisionsunterlagen existieren.

Das Warmwasserbereitungssystem besteht aus zwei liegenden 1500 l fassenden Speichern. Diese sind übereinander angeordnet und in Reihe geschaltet. In die Mitte des unteren Speichers wird der Rücklauf des Zirkulationskreises geführt. Die Nachheizung erfolgt über drei parallelgeschaltete externe Wärmetauscher.

Das gesamte Objekt wird aufgrund der zu überwindenden Höhenunterschiede an einer Druckerhöhungsanlage betrieben. Diese ist im alten Heizhaus in der Nähe des Versorgungstraktes untergebracht. Die Anlage arbeitet nicht kontinuierlich über drehzahlgeregelte Pumpen, sondern schaltet sich bei einem bestimmten unteren Druck zu und bei Erreichen des maximalen Anlagendruckes wieder ab. Dadurch kommt es im Objekt zu deutlich spürbaren Druckschwankungen.

Das gesamte Heizungs- und Warmwasserbereitungssystem wird über eine speicherprogrammierbare Steuerung (DDC) der Fa. Boyd gesteuert.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
THT1b	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf TANON	°C
THT2b	Temperatur Nachheizkreisrücklauf TANON	°C

TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur aumône	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung	m ³ /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung	m ³ /h
VVb	Volumenstrom Kaltwasser Nachspeisung TANON	m ³ /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m ³ /h
HTa	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis TANON	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
HP1	Status Kollektorkreispumpe P1	h
HP2	Status Pufferbeladepumpe P2	h
HP3	Status Pufferentladepumpe P3	h
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Jumo vom Typ a.90.281-F80/P3 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in Kollektorebene wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfasst. Die umgesetzte Wärmeleistung im Kollektorkreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek MB zusätzlich erfasst. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV / HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV - NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV / NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=QSV/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Berechnung zum Garantiertrag				
Objekt: Kinder- & Erholungszentrum Güntersberge				
1. Meßperiode: 23.05.02 - 22.05.03				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.143	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	236.826	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	115.347	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	48,71	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	4.143	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	236.826	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	108.818	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,95	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0600	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0600	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.224	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	931,5	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	231.532	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	48.894	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	21,12	eta = (A23/A22)*100%
25				
26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	51.828	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	22,38	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m ³ /a	1.224	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	931,5	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	231.532	gemessen
37	gemessen Ertrag	kWh/a	35.598	gemessen
38	gemessenes eta	%	15,37	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41 Ergebnis:				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	68,69	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	68,69	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

Anlage 13

Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
(Förderkennzeichen: 0329603R)

Aktueller Flyer zur Anlage

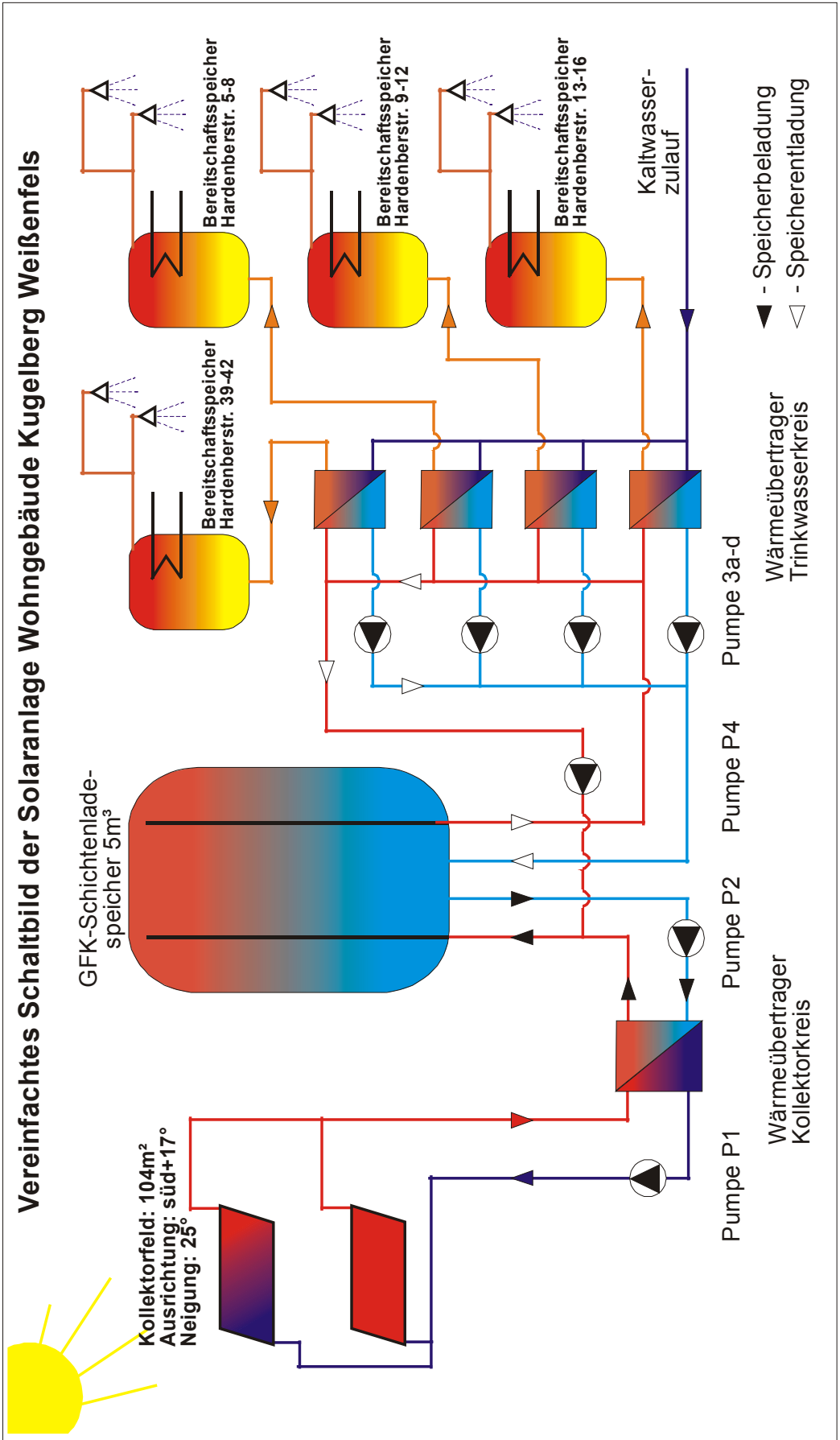
Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer

Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage Wohngebäude Kugelberg Weissenfels



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd +17°				
Neigung	25°				
Anzahl Kollektoren	16				
Aktive Kollektorfläche	104m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	3-5m				

Hersteller, Typ..... : ThüSolar, Thüsol 6.5
Bauartzulassung..... :
Absorbermaterial..... : Kupfer, Beschichtung:
Schwarzchrom
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ : PU-Hartschaum, 35mm
Material Frontabdeckung, Dicke..... : Solarglas, gehärtet, 4mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium, eloxiert
Zul. Betriebsüberdruck..... : 6 bar
Stillstandstemperatur..... : k.a.
Konversionsfaktor η_0 : 0,779
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 4,21 W/(m²K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,085 W/(m²K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,86
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Stahl, St37.0 S, DIN2448
Rohr Nennweite..... : DN 32
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 64m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... :
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : 35mm
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : PU-Hartschaum 100%, 0,025 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L

Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 %
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglyk

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller..... : Alfa Laval
Typ : CB 52-80 M
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 6,8 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend, Aussenaufstellung
Hersteller..... : VKA-GmbH, Schönbrunn
Typ..... : GFK-Standspeicher,
Bauartzulassung..... :
Volumen je Speicher..... : 5,0m³
Material Behälter..... : GFK, (Kunstharz / Glasfasermatten)
Material Dämmung, Dicke..... : Laver Blähglasgranulat, 170mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,06 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller..... : Alfa Laval
Typ : 4 x CB51-40H
Ausführungsart nach DIN 1988..... :
Fläche..... : 4,9
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung Solarkreis

Solarkreis

Hersteller..... : Dr. Riedel Automatisierungstechnik
Nr, Typ:MRE

Beladekreis/(Entladekreis)

Hersteller..... : Dr. Riedel Automatisierungstechnik
Nr. Typ:MRE

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Die Solaranlage unterstützt die Trinkwassererwärmung in einem sanierten Wohngebäude mit 160 Wohnungen. Das Objekt befindet sich in einer Plattenbauwohnsiedlung am südöstlichen Stadtrand von Weißenfels. Die Gebäude sind in Plattenbauweise (WBS72) 5-geschossig errichtet. Im Zeitraum von 1996 bis 2000 wurden die Gebäude umfassend saniert.

Das Kollektorfeld wurde auf dem ehemaligen Wäschetrockenplatz zwischen den Gebäuden der Wohnsiedlung errichtet (siehe Foto und Flurskizze). Die Fläche unter dem Kollektorfeld wird nun wieder als weitestgehend wetterunabhängiger überdachter Trockenplatz genutzt. Erstmals im Programm Solarthermie 2000 in Thüringen wurde der Solarpufferspeicher im Außenbereich des Objektes aufgestellt. Es handelt sich um einen Speicher aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) mit einem Fassungsvermögen von 5m³. Das

Trinkwasser wird dezentral direkt an den 4 Stationen vorgewärmt (siehe Strangschemata im Anhang). Die Anlage ist für einen Warmwasserverbrauch von $7\text{m}^3/\text{d}$ ausgelegt. Die ausgeführte Absorberfläche beträgt 104m^2



Solaranlage Weißenfels; Kollektorfeld

(Foto: TU I / FG TFD 02)



Solaranlage Weißenfels, Rückansicht

(Foto: TU I / FG TFD 02)



5 m³ Pufferspeicher aus GFK-Verbundwerkstoff (Foto: TU I / FG TFD 02)



Solarstation, Wärmetauscher Kollektorkreis (Foto: TU I / FG TFD 02)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld besteht aus 16 Großkollektoren zu je 6,5m² Absorberfläche und ist in zwei parallel geschaltete Stränge unterteilt. Die Kollektoren werden von einer Stahlkonstruktion mit Holzsparren getragen (siehe Abbildung). Die Verbindung der Kollektoren mit dem Pufferspeicher erfolgt über eine erdverlegte Stahlrohrleitung.

Die Wärme wird im Kellerraum direkt unter dem Speicher über einen Wärmetauscher an den Beladekreis übergeben. In dem Kellerraum befinden sich außerdem die Ausdehnungsgefäße für Kollektorkreis und Speicherkreis sowie der Regelungstechnik- und der Messtechnikschaltschrank.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

(Anlagenschema siehe oben)

Die Anlage wird als reine Trinkwasservorwärmanlage betrieben. Ausgehend vom Technikraum des Solarsystems wird die Wärme an die vier Warmwasserbereitungsanlagen verteilt (HAST 1 – 4). Die Entladestationen sind hydraulisch und Regelungstechnisch identisch ausgeführt. Durch die langen Verbindungswege vom Speicher zu den HASTen, insbesondere HAST1 und HAST4, war es notwendig eine Zirkulation im Entladekreis zu realisieren. Für die Verrohrung des Entladekreises wurden vorhandene Heizungsrohrleitungen großen Querschnitts genutzt. In Auswertung der Erfahrungen mit der Entladekreis-zirkulation in der Anlage Juri-Gagarin-Ring Erfurt sollte der Zirkulationsrücklauf separat in die Beladelanze des Pufferspeichers zurückgeführt werden. Damit wird eine Störung der Temperaturschichtung im Speicher verhindert. Um die Kosten zur Realisierung des Zirkulationsrücklaufes zu minimieren, wurde eine dünne PVC-Rohrleitung in den Entladekreisvorlauf (Warmseite) eingezogen. Da es sich um Heizungswasser handelt, ist eine Verkalkung des Systems nicht zu erwarten. Die Messergebnisse zeigen, dass das System (wie erwartet) funktioniert. An den Vorwärmwärmetauschern steht jederzeit die Speicherwärme an, ohne dass es zu nachweisbaren Störungen in der Temperaturschichtung des Pufferspeichers kommt.

Die Warmwasserbereitungsstationen sind ebenfalls hydraulisch identisch ausgeführt. Sie enthalten jeweils einen 500 Liter Speicher, eine Trinkwasseraufbereitungsanlage (hoher Kalkgehalt des Wassers) und den Nachheizkreis über Fernwärme. Das gesamte Heizungs- und Warmwasserbereitungssystem wird über eine Gebäudeleittechnik der Fa. Riedel Automatisierungstechnik, Berlin gesteuert.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TSV1a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (HAST1)	°C
TVV2a/TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (HAST2)	°C

TVV2b/TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TSV1c	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (HAST3)	°C
TVV2c/TSV2c	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TSV1d	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (HAST4)	°C
TVV2d/TSV2d	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1a/TVZ1a	Temperatur Zirkulation Vorlauf (HAST1)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C
TVV1b/TVZ1b	Temperatur Zirkulation Vorlauf (HAST2)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C
TVV1c/TVZ1c	Temperatur Zirkulation Vorlauf (HAST3)	°C
TVZ2c	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C
TVV1d/TVZ1d	Temperatur Zirkulation Vorlauf (HAST4)	°C
TVZ2d	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (HAST1)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (HAST2)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (HAST3)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (HAST4)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
SVa	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (HAST1)	m ³ /h
SVb	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (HAST2)	m ³ /h
SVc	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (HAST3)	m ³ /h
SVd	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (HAST4)	m ³ /h
VZa	Volumenstrom Zirkulationskreis (HAST1)	m ³ /h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (HAST2)	m ³ /h
VZc	Volumenstrom Zirkulationskreis (HAST3)	m ³ /h
VZd	Volumenstrom Zirkulationskreis (HAST4)	m ³ /h
HTa	Volumenstrom Nachheizkreis (HAST1)	m ³ /h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis (HAST2)	m ³ /h
HTc	Volumenstrom Nachheizkreis (HAST3)	m ³ /h
HTd	Volumenstrom Nachheizkreis (HAST4)	m ³ /h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m ²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m ²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma TmG-Geraberg vom Typ WO30.7 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in Kollektorebene wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Speicherentladekreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek light zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV / HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV - NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV / NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=QSV/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:	Wohngebäude Kugelberg Weißenfels			
Messperiode:	07.11.2002 - 06.11.2003			
Berechnungen durchgeführt von:	Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.632	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	47.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	43,79	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.632	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	46.064	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	42,91	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0203	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0203	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.480	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.044,7	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	123.681	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	53.938	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	43,61	eta = (A26/A25)*100%
28				
29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	55.034	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,50	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m ³ /a	2.480	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.044,7	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	122.289	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	49.665	gemessen
41	gemessenes eta	%	40,61	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
43 Ergebnis:				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,24	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,27	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
	Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet			
	durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern			
	behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern			
	behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).			
	Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.			

Anlage 14

Wohngebäude Weimar

(Förderkennzeichen: 0329603W)

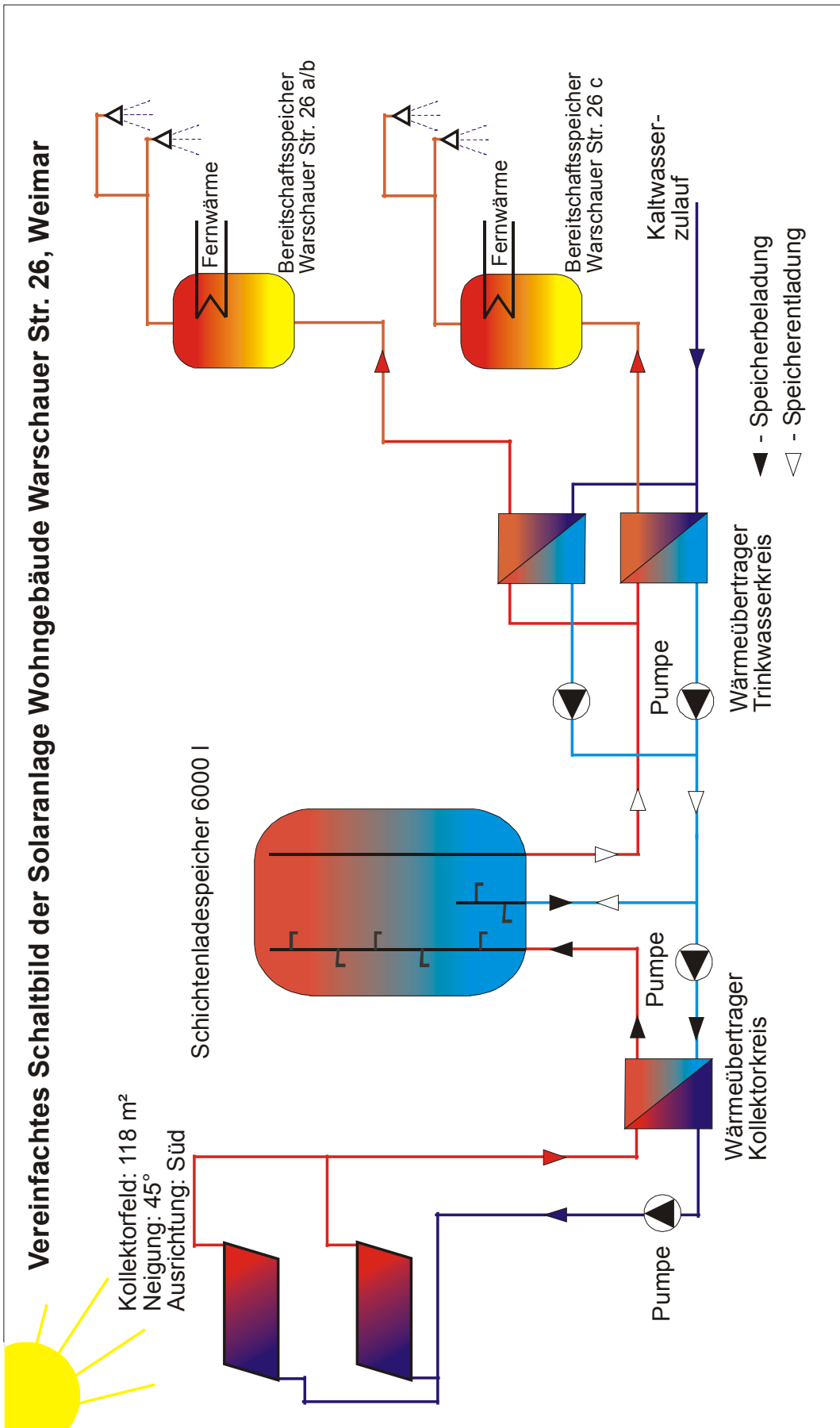
Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1				
Ausrichtung	Süd				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	18				
Aktive Kollektorfläche	118m ²				
Wärmeträgerinhalt	48,6 L				
Höhe über Grund	20m				

Hersteller, Typ..... : Sesol, FK 6,2
Bauartzulassung..... : 16-328-090
Absorbermaterial..... : Kupfer, Beschichtung:
Schwarzchrom
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Mineralwolle, k.A., k.A.
Material Frontabdeckung, Dicke..... : Solarglas, gehärtet, k.A.
Material Kollektorkasten..... : Aluminium, eloxiert
Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
Stillstandstemperatur..... : 206 °C
Konversionsfaktor η_0 : 0,78
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,036 W/(m²K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,0188 W/(m²K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,87
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Außenliegend

Material Rohr, DIN..... : Kupfer, DIN EN1057
Rohr Nennweite..... : DN 42
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 10m
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : k.A.
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : k.A.
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Mineralfaser, 50mm, 0,04 W/m²K

Im Gebäude

Material Rohr, DIN..... : Stahl, DIN2448
Rohr Nennweite..... : DN 42

Einfache Länge Rohrleitung außen.....	: k.A.
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	: 60m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ	: Mineralfaser, 50mm, 0,04 W/m ² K
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ	: k.A.

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....	: Metasol Chemie GmbH
Markenname.....	: Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit.....	: 40 % / k.A.
Basisstoff.....	: 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis

Hersteller.....	: Funke
Typ	: GPL 6-65/2-Weg
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.
Fläche.....	: 3,72m ²
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend
Hersteller.....	: ThüSolar, Rudolstadt
Typ.....	: k.A.
Bauartzulassung.....	: k.A.
Volumen je Speicher.....	: 6,0m ³
Material Behälter.....	: Stahl, ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....	: Weichschaum, 100mm
Wärmeleitzahl Dämmung.....	: 0,4 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2a)

Hersteller.....	: Funke
Typ	: GPL 7-60 L 2-Weg
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.
Fläche.....	: 6,89m ²
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2b)

Hersteller.....	: Funke
Typ	: GPL 60-90
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.

Fläche..... : 5,19m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung

Solarkreis

Hersteller..... : Sorel GmbH
Nr, Typ:DR4 Multi

Beladekreis/(Entladekreis)

Hersteller..... : Tetra GmbH, Ilmenau
Nr. Typ:Enreg 1

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Das Objekt befindet sich in der Warschauer Straße 26 in Weimar (Stadtteil Weimar West) und wurde 1979 in Plattenbauweise errichtet. Es besteht aus einem Wohnhochhaus mit Geschäftsunterlagerung. Der ursprünglich aus drei Gebäuden bestehende Komplex beinhaltet im Erdgeschoss Gewerbeflächen und in 7 bzw. 10 Obergeschossen 198 Wohnungen (ca. 395 Bewohner).

Die Sanitär- und Heiztechnik wurde 1995 saniert. Ab April 2001 folgten die Sanierung des Daches der Fenster sowie der Gebäudefassade. Die Errichtung der Solaranlage erfolgte im Frühjahr 2002 parallel zur Sanierung der Fassade. Nach erfolgter Sanierung der Sanitärtechnik beauftragte die Wohnungsverwaltung eine Erfassung des Warmwasserverbrauchs über einen längeren Zeitraum (4-Jahre). Anhand dieser Messwerte wurde die Solaranlage für einen täglichen Warmwasserverbrauch von 8m³ ausgelegt.

Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach des westlichen Gebäudes aufgeständert. Es wurde so installiert das es von der Straße gut zu sehen ist (siehe Abb. 1). Die Anlagentechnik sowie der 6m³ fassende Stahlspeicher befinden sich in zwei Kellerräumen direkt unter dem Kollektorfeld.

Die Trinkwasservorwärmung erfolgt unmittelbar an den beiden Warmwasserbereitungsstationen in den Aufgängen Warschauer Str. a/b und c. Die ausgeführte Absorberfläche beträgt 118m².



Solaranlage Weimar; Kollektorfeld

(Foto: TU I / FG TFD 02)



Solaranlage, Seitenansicht des Kollektorfeldes

(Foto: TU I / FG TFD 02)

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems (Anlagenschema siehe oben)

Das Kollektorfeld besteht aus 18 Großkollektoren zu je 6,5m² Absorberfläche und ist in 6 parallel geschaltete Stränge zu je 3 Kollektoren unterteilt. Die Kollektoren werden von einer Stahlkonstruktion getragen (siehe Abbildung). Die Verbindung der Kollektoren mit dem Pufferspeicher erfolgt über eine durch das Treppenhaus des Blockes C verlegte Leitung.

Für den Pufferspeicher sowie die Ausdehnungsgefäße für Kollektor- und Speicherkreis und den Kollektorkreiswärmetauscher steht ein separater Kellerraum im Gebäude zur Verfügung. Der kombinierte Regelungs- / Messtechnikschaltschrank und die Vorwärmstation für Gebäude C sind im Haustechnikraum für die Warmwasserbereitung direkt neben dem Speicherraum angeordnet. Die Trinkwasservorwärmung in der Warschauer Str. 26c erfolgt im ca. 120m entfernten Haustechnikraum.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

(Anlagenschema siehe oben)

Die Anlage wird als reine Trinkwasservorwärmanlage betrieben. Ausgehend vom Technikraum des Solarsystems wird die Wärme an die zwei Warmwasserbereitungsanlagen verteilt (Gebäudeteil A/B und C). Die Entladestation für das Haus Warschauer Str.26c befindet sich am anderen Ende des Gebäudes. Die einfache Verbindungslänge dorthin beträgt ca. 120m. Auf eine Entladezirkulation wurde verzichtet, da die Warmwasserbereitung in Haus Warschauer Str.26c nur ca. 35% des Gesamtverbrauches darstellen. Die Entladestation Haus Warschauer Str. a/b befindet sich in unmittelbarer Nähe des Solarsystems bzw. des Pufferspeichers.

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
TKT1	Temperatur Kollektorkreisvorlauf	°C
TKT2	Temperatur Kollektorkreisrücklauf	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferladekreisvorlauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferladekreisrücklauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TSV1a	Temperatur Brauchwasservorw. Vorlauf (Warsch. Str. 26a/b)	°C
TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorw. Vorlauf (Warsch. Str. 26c)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererw. Vorlauf (Warsch. Str. 26a/b)	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVV1b	Temperatur Brauchwassererw. Vorlauf (Warsch. Str. 26c)	°C
TVV2b	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulation Vorlauf (Warsch. Str. 26a/b)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C

TVZ1b	Temperatur Zirkulation Vorlauf (Warsch. Str. 26c)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulation Rücklauf	°C
THT1a	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Warsch. Str. 26a/b)	°C
THT2a	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
THT1b	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf (Warsch. Str. 26c)	°C
THT2b	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m³/h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m³/h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m³/h
SVa/VVa	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (Warschauer Str. 26a/b)	m³/h
SVb/VVb	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung (Warschauer Str. 26c)	m³/h
VZa	Volumenstrom Zirkulationskreis (Warschauer Str. 26a/b)	m³/h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (Warschauer Str. 26c)	m³/h
HTa	Volumenstrom Nachheizkreis (Warschauer Str. 26a/b)	m³/h
HTb	Volumenstrom Nachheizkreis (Warschauer Str. 26c)	m³/h
NST	Energiemenge Hilfsenergie elektrisch	kWh
EI1	Globalstrahlung (Kollektorebene)	W/m²
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m²

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma TmG-Geraberg vom Typ WO30.7 zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in Kollektorebene wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfasst. Die umgesetzte Wärmeleistung im Speicherentladekreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek light zusätzlich erfasst. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV / HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV - NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV / NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=QSV/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m²*7d)	Kollektorauslastung pro m² und Tag	l/(m²*d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m²*HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m² und h	l/(m²*h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Warschauer Str. 26 Weimar		
Messperiode:		10.10.2002 - 09.10.2003		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
			A	
		Einheit	Wert	Anmerkungen
				Abweich.
Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärm Speicher)	m ³ /a	3.008	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.001	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	60.882	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	47,19	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärm Speicher)	m ³ /a	3.008	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	128.661	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	60.373	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	46,92	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0084	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0058	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärm Speicher)	m ³ /a	3.015	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.099,0	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	150.489	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	70.752	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	47,01	eta = (A26/A25)*100%
28				
29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	71.349	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	47,29	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärm Speicher)	m ³ /a	3.015	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m ² *a)	1.099,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	144.175	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	61.644	gemessen
41	gemessenes eta	%	42,76	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
43 Ergebnis:				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,40	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,42	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				

Anlage 15

Wohngebäude Gera

(Förderkennzeichen: 0329603X)

Aktueller Flyer zur Anlage

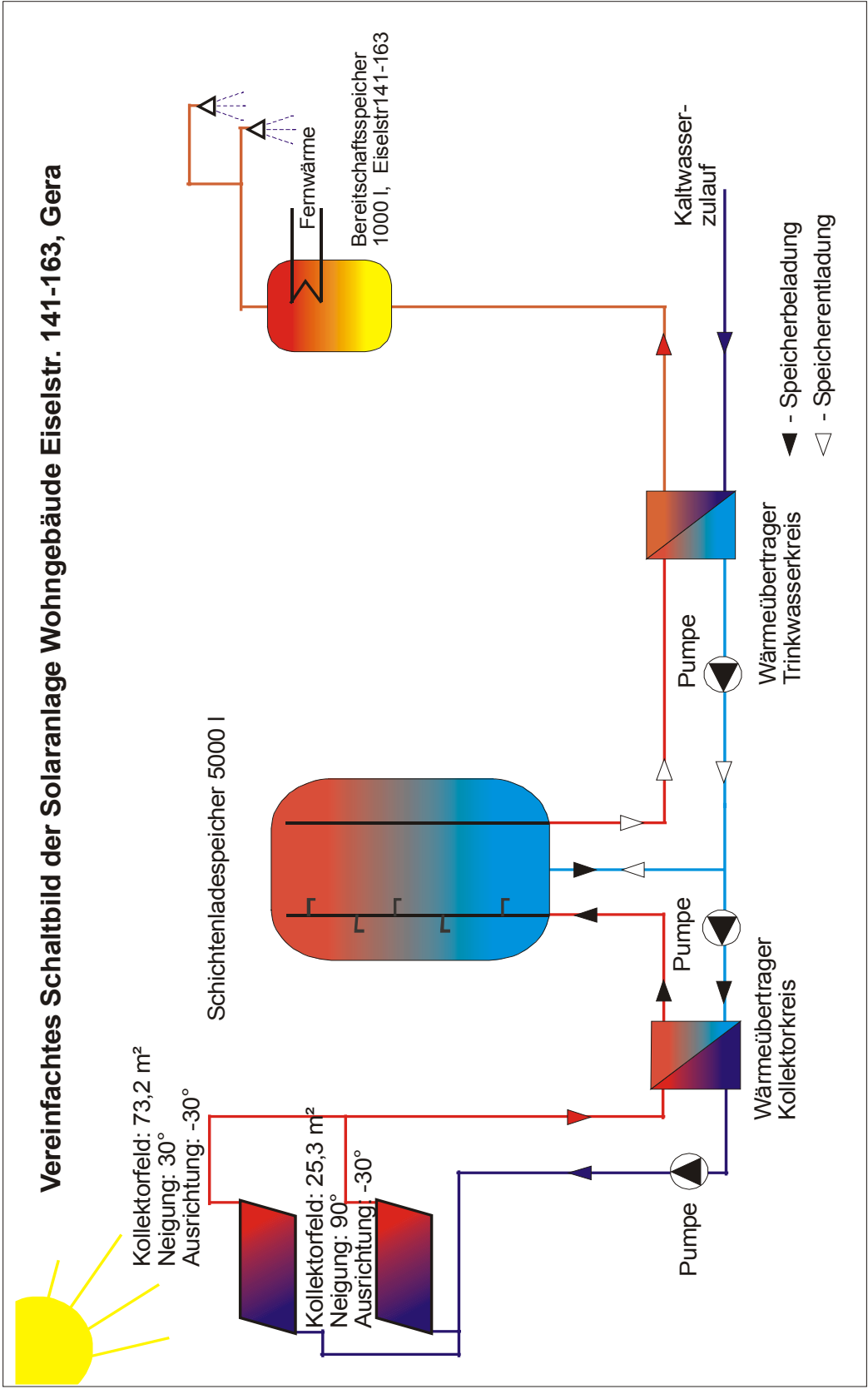
Hydraulikschema der Anlage

Technische Beschreibung der Anlage

Berechnungen zum Garantiertrag zu den Messperioden

Flyer

Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage Wohngebäude Eiselstr. 141-163, Gera



Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

Kollektoren

	Feld 1	Feld2			
Ausrichtung	-30°	-30°			
Neigung	30°	90			
Anzahl Kollektoren	29	10			
Aktive Kollektorfläche	73,2 m ²	35,3 m ²			
Wärmeträger-inhalt					
Höhe über Grund	17m	12 m			

Hersteller, Typ..... : Schücosol Al_{Natur} 2,69 m²
Bauartzulassung..... : 08-228-751
Absorbermaterial..... : Kupfer, Beschichtung:
Sunselct
Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Mineralwolle, 40 mm, 0,040
Material Frontabdeckung, Dicke..... : Solarglas, gehärtet, 4 mm
Material Kollektorkasten..... : Aluminium, natur
Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
Stillstandstemperatur..... : 210 °C
Konversionsfaktor η_0 : 0,808
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,518 W/(m²K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,012 W/(m²K²)
Winkelkorrekturfaktor..... : 0,96
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Im Gebäude

Material Rohr, DIN..... : Kupfer, DIN EN1057
Rohr Nennweite..... : DN 35
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : k.A.
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 30 m.
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : k.A.
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Amaflex, 25mm, 0,045 W/m²K

Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol Chemie GmbH
Markenname..... : Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40 % / k.A.
Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller..... : SIRCH Behälterbau GmbH
Typ : WP5-U-60
Ausführungsart nach DIN 1988..... : k.A.
Fläche..... : 3,48 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend
Hersteller..... : SIRCH Behälterbau GmbH
Typ..... : Stahl
Bauartzulassung..... : k.A.
Volumen je Speicher..... : 5,0m³
Material Behälter..... : Stahl, ST37-2
Material Dämmung, Dicke..... : Weichschaum, 100mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,4 W/(m*K)

Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2)

Hersteller..... : SIRCH Behälterbau GmbH
Typ : WP5-U-40
Ausführungsart nach DIN 1988..... : k.A.
Fläche..... : 2,3 m²
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

Regelung

Solarkreis

Hersteller..... : k. A.
Nr, Typ : DDC

Objektbeschreibung (siehe hierzu auch Info-Flyer in der Anlage)

Die Solaranlage befindet auf einem 2003 sanierten Wohngebäude in der Eiselstraße 141-163 in Gera. Es werden 96 Wohnungen mit einer solargestützten Trinkwasservorwärmung versorgt.

Das Kollektorfeld wurde mit 29 Flachkollektoren zu je 2,69 m² dachintegriert mit einer Neigung von 30° und 10 Kollektoren zu je 2,69 m² in Vorwandinstallation mit 90° Neigung realisiert.

Die aktive Kollektorfläche beträgt 98,5 m².

Die Anlagentechnik und der 5m³ fassende Stahlspeicher befinden sich in einem Kellerraum senkrecht unter dem Kollektorfeld, zusammen mit der Hausanschlussstation für den Fernwärmeanschluss.

Die Trinkwasservorwärmung erfolgt unmittelbar an der Warmwasserbereitungsstation.



Solaranlage Gera, Gesamtansicht

(Foto: Beutler Ingenieure 2003)



Solaranlage Gera, Kollektorfeld

(Foto: TUI 2003)

Beschreibung der Messtechnik

Tabelle: Messstellenliste

Bez.	Erläuterung	Einheit
EI1	Solare Einstrahlung (horizontal)	W/m ²
EI3	Solare Einstrahlung (Feld 2, 90°)	W/m ²
HI	Solare Einstrahlung Feld gesamt	kW
SP	Volumenstrom Pufferbeladekreis	m ³ /h
RW/SV	Zapfvolumen/Rechenwerk)	m ³ /h
HT	Volumenstrom Nachheizkreis	m ³ /h
NST	Elektrische Hilfsenergie	kWh
HP1	Betriebsstunden Kollektorkreispumpe	/h
HP3	Betriebsstunden Pufferentladepumpe	/h
TKT1	Temperatur Kollektorkreis Vorlauf	°C
TSP1	Temperatur Pufferbeladekreis Vorlauf	°C
TSS1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TRW1	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf (Wärmemengenrechenwerk)	°C
TSV1	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf	°C
TVV1	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf	°C
TVZ1	Temperatur Zirkulationskreis Vorlauf	°C
THT1	Temperatur Nachheizkreis Vorlauf	°C
TPS11	Temperatur Pufferspeicher oben	°C
TKV	Temperatur Kollektorfeld Vorlauf	°C
TA1	Außentemperatur	°C
EI2	Solare Einstrahlung (Feld 1, 30°)	W/m ²

KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m ³ /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m ³ /h
VV	Volumenstrom Brauchwassererwärmung	m ³ /h
VZ	Volumenstrom Zirkulation	m ³ /h
HP2	Betriebsstunden Pufferbeladepumpe	h
TKT2	Temperatur Kollektorkreis Rücklauf	°C
TSP2	Temperatur Pufferbeladekreis Rücklauf	°C
TSS2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TRW2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf (Rechenwerk)	°C
TSV2	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf	°C
TVV2	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf	°C
TVZ2	Temperatur Zirkulationskreis Rücklauf	°C
THT2	Temperatur Nachheizkreis Rücklauf	°C
TPS12	Temperatur Pufferspeicher unten	°C
TKR	Temperatur Kollektorfeld Rücklauf	°C

Für die Temperaturerfassung kommen Fühler der Firma Aquametro zum Einsatz. Die Volumenströme werden mit Mehrstrahlflügelradzählern der Firma Aquametro ermittelt. Die Globalstrahlung horizontal und in den 2 Kollektorebenen wird mit zwei Strahlungssensoren vom Typ CM11 der Firma Kipp & Zonen erfaßt. Die umgesetzte Wärmeleistung im Speicherentladekreis wird mit einem Wärmerechner der Firma Aquametro Typ Calek light zusätzlich erfaßt. Es kommt ein Datenlogger der Firma Schühle Meß- & Kontrollsysteme zum Einsatz.

Folgende Systemkennzahlen werden bei der Bewertung der Solaranlage ermittelt:

Tabelle: Systemkennzahlen

Bez.	Darstellung	Erläuterung	Einheit
KOLL_N_B	=QKT/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad brutto	%
KOLL_N_N	=QKT-NST/HI1*100%	Kollektornutzungsgrad netto	%
SYS_N_B	=QSV / HI1*100%	Systemnutzungsgrad brutto	%
SYS_N_N	=QSV - NST/HI1*100%	Systemnutzungsgrad netto	%
SYS_AZ	=QSV / NST	Systemarbeitszahl	-
DCK_N_MZ	=(QSV-NST)/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil brutto m. Zirkulation	%
DCK_B_MZ	=QSV/(QSV+QHT)*100%	Deckungsanteil netto m. Zirkulation	%
DCK_B_OZ	=QSV/QVV*100%	Deckungsanteil brutto o. Zirkulation	%
DCK_N_OZ	=(QSV-NST)/QVV*100%	Deckungsanteil netto o. Zirkulation	%
AUSLAST	=SV*1000/(98,4m ² *7d)	Kollektorauslastung pro m ² und Tag	l/(m ² *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(98,4m ² *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m ² und h	l/(m ² *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

Anlage 16

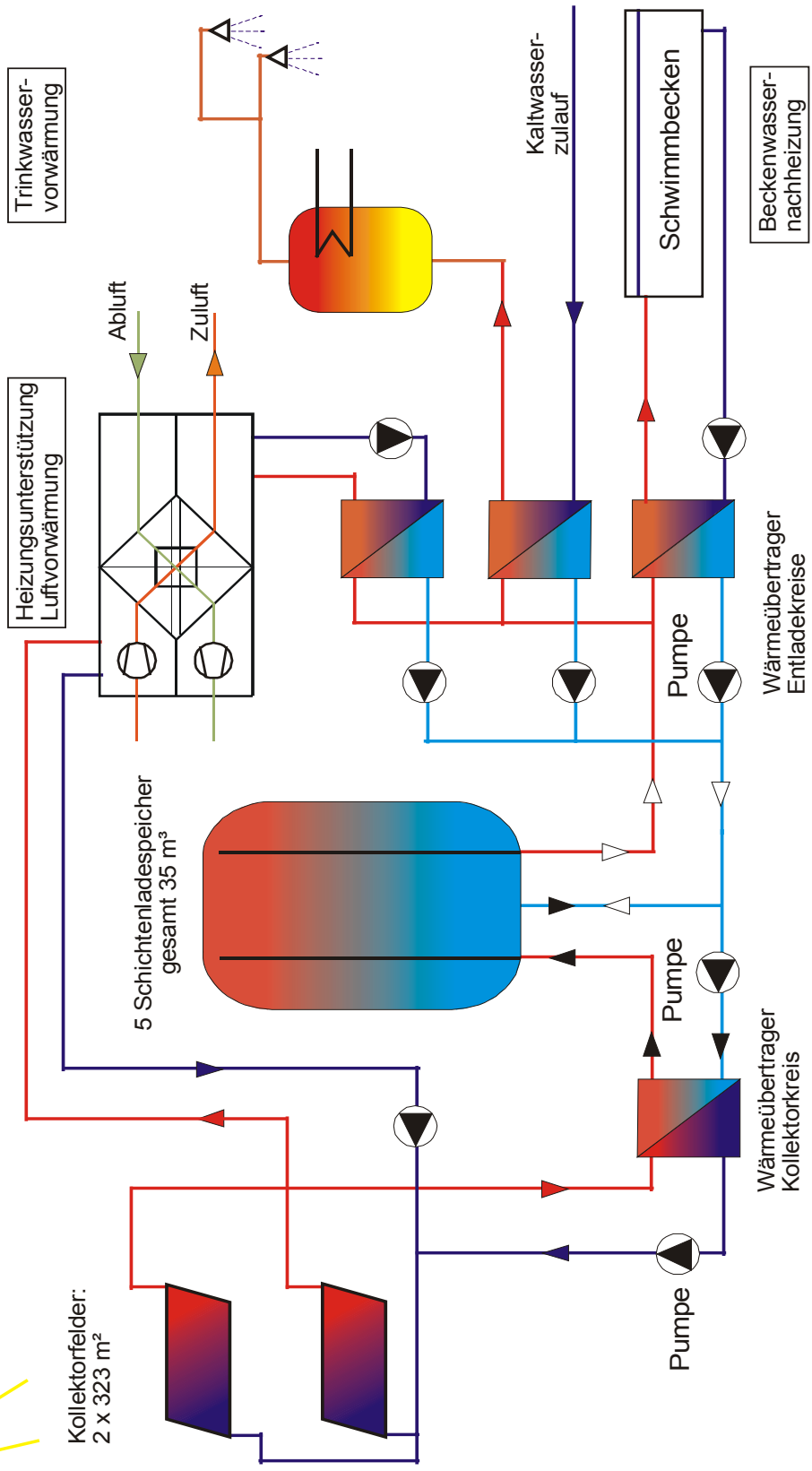
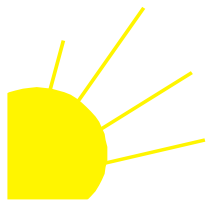
Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen
(Förderkennzeichen: 0329604 A)

Aktueller Flyer zur Anlage

Hydraulikschema der Anlage

Flyer

Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage BfA Rehaklinik, Bad Frankenhausen



◀ - Speicherbeladung
◻ - Speicherentladung

Anlage 17

Staatliches Sportgymnasium Oberhof
(Förderkennzeichen: 0329603 Y)

Vorhabensbeschreibung

Staatsbauamt Suhl
Hölderlinstraße 1
98527 Suhl

Vorhabensbeschreibung "Solarthermie 2000", Teilprogramm 2 **"Staatliches Sportgymnasium Oberhof"** **(Aktenzeichen: 43V4692)**

0. Gliederung

1. Gesamtziel des Vorhabens
2. Bezug zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms
3. Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele
4. Voraussetzungen für die Realisierung des Vorhabens
 - 4.1 Konstant hoher Warmwasserverbrauch des Sportgymnasiums
 - 4.2. Technische Voraussetzungen für die Installation der Solartechnik
 - 4.2.1 Aufstellort der Solarkollektoren
 - 4.2.2 Aufstellung der Pufferspeicher im Heizhaus
5. Vorgesehenes technisches Gesamtkonzept der Solaranlage, Integration in die konventionelle Haustechnik
 - 5.1 Kollektorkreislauf
 - 5.2 Wärmespeicherung
 - 5.3 Nutzung der Solarwärme (Entladung von Speicher 1)
 - 5.4 Übergabe der Sonnenenergie an das Trinkwasser
 - 5.5 Systemregelung
6. Erfolgsaussichten des Vorhabens
7. Stand von Wissenschaft und Technik
8. Bisherige Aufgaben des zu beauftragenden Planungsbüros
9. Beschreibung des Arbeitsplanes
10. Verwertungsplan
11. Literatur

1. Gesamtziel des Vorhabens

Generelles Ziel ist die Schaffung eines geeigneten Vorbildes für die aktive thermische Nutzung der Solarenergie im öffentlichen Bereich, die Schaffung eines Anschauungsobjektes einer größeren Solaranlage mit hoher Wirtschaftlichkeit.

Bei diesem Demonstrationsvorhaben geht es unter anderem darum, zu belegen, dass die Solartechnik eine zuverlässige Technik ist, die zur Einsparung konventioneller Energieträger und damit zur Vermeidung bzw. Reduzierung von Schadstoffemissionen beitragen kann. Aufgabe ist es, die als Einzelkomponenten technisch verfügbaren Lösungen als ganzheitliche Systemtechnik bei großen Anlagen zu erproben und ihre Einbindung in die konventionelle Haustechnik zu demonstrieren.

Das Vorhaben soll darüber hinaus als Demonstrations- und Anschauungsobjekt für Installateure, Planer, Architekten, Studenten usw. über die Region hinaus die guten wirtschaftlichen Möglichkeiten der thermischen Solarenergienutzung unter Beweis stellen und konkret zur Einsparung fossiler Energie bei der Warmwasserbereitung und Raumheizung beitragen.

Beim Staatlichen Sportgymnasium Oberhof handelt es sich um eine zentrale Einrichtung zur Ausbildung und Förderung von sportlich interessierten Kindern und Jugendlichen in Thüringen. Die Einrichtung hat ca. 300 Schüler, wovon 190 im unmittelbar angrenzenden Internat untergebracht sind. Gleichfalls finden im Objekt öffentliche Sportveranstaltungen sowie Gesprächsrunden und Autogramstunden mit internationalen Spitzensportlern statt.

Die Stadt Oberhof ist ein anerkannter Kurort, der alljährlich von einer Vielzahl von Urlaubern und Kurgästen aufgesucht wird. Die Lage des Objektes in einem sowohl im Sommer wie auch im Winter stark frequentierten Kur- und Ferienort lässt eine hohe Demonstrationswirkung des Vorhabens erwarten.

Die im Antrag näher beschriebenen bestehenden technischen Randbedingungen (für die Solaranlage nutzbares vorhandenes Pufferspeichervolumen von 300 m³, Fassadenintegration der Solarkollektoren, Fußbodenheizung in der Aula und in den Verbindungsbauten zwischen den einzelnen Gebäudeteilen, Einsatz von Biomasse (Holzhackschnitzel) als Energieträger) ermöglichen eine Systemlösung, wie sie unseres Erachtens im Programm „Solarthermie 2000“ noch nicht realisiert wurde.

2. Bezug zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms

Das Vorhaben ist Bestandteil des Förderprogramms "Solarthermie- 2000" im Rahmen des "3. Programms Energieforschung und Energietechnologien".

Langfristiges Ziel der Bundesregierung bei der Energieversorgung ist es, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu stärken, zukunftsweisende Energiesysteme zu entwickeln und deren Verbreitung zu fördern.

Die aktive Nutzung der Solarenergie für thermische Zwecke im Niedertemperaturbereich lässt hierbei besonders günstige Möglichkeiten und Potentiale erwarten und gestattet bei knapper Dimensionierung und günstigen Verbrauchsstrukturen bereits heute solare Nutzwärmekosten bei größeren Anlagen zur Trinkwasservorwärmung von unter 0,25 DM/kWh und damit eine Konkurrenzfähigkeit zum Einsatz von elektrischem Strom zur Erwärmung des Trinkwassers. Durch günstige technische Rahmenbedingungen kann im Sportgymnasium Oberhof gezeigt werden, dass auch eine heizungsunterstützende thermische Solaranlage Nutzwärmekosten von ca. 0,30 DM/kWh erreichen kann.

Ziel des Programms ist es, durch neue Lösungswege diese Wirtschaftlichkeit deutlich weiter zu verbessern, um durch Senkung der Systemkosten die Einsetzbarkeit und damit den Markt für Solaranlagen zu verbreitern, und damit langfristig durch die Solarenergie einen spürbaren Beitrag bei der thermischen Energieversorgung leisten zu können.

Entsprechend der Ziele des Programms soll diese Erprobung vor allem im Rahmen der in den neuen Bundesländern anstehenden umfangreichen Bau- und Modernisierungsarbeiten an öffentlichen Gebäuden erfolgen.

Das staatliche Sportgymnasium Oberhof wird in den nächsten Jahren einer umfassenden Sanierung unterzogen. Dabei sollen die Gebäude auf den energetischen Standard der vom Gesetzgeber geplanten neuen Energiesparverordnung gebracht werden, was eine Heizenergieverbrauchssenkung um mehr als 25 % gegenüber dem aktuellen Anforderungsniveau bedeutet. Bei diesen Sanierungsmaßnahmen soll die bisher mit Nachtstrom erfolgende Heizung und Warmwasserbereitung durch eine solarunterstützte Holzhackschnitzelheizung ersetzt werden.

3. Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Die wesentlichsten Arbeitsziele des Projektes bestehen im Folgenden:

- Demonstration der technischen Einsatztauglichkeit von aktiven thermischen Solarsystemen und ihre Integration in die vorhandene Haustechnik,
- Dokumentation der Möglichkeiten der Möglichkeiten der Energieeinsparung und Schadstoffreduktion durch Nutzung der Solartechnik
- Sammlung mehrjähriger Betriebserfahrungen und Messergebnisse zum Solarsystem (Strahlung, Temperaturen, Wärmemengen und damit zum Wirkungsgrad bzw. Systemnutzungsgrad, solarer Deckungsanteil, solare Nutzwärmekosten usw.)
- Zusammenarbeit und Wissenstransfer zwischen Betreiber, Planer, Installateur, begleitender Wissenschaftseinrichtung etc.
- Demonstration der Bereitstellbarkeit preiswerter Solarenergie

Beim Projektvorschlag "Staatliches Sportgymnasium Oberhof" bestehen aus einer Reihe von Gründen sehr gute Voraussetzungen, um die o.g. Ziele zu erreichen:

4. Voraussetzungen für die Realisierung des Vorhabens

4.1 Konstant hoher Warmwasserverbrauch des Sportgymnasiums

Schulen ohne Internat zeichnen sich im allgemeinen durch einen sehr geringen Warmwasserverbrauch von ca. 1 Liter pro Tag und Schüler aus. Durch ein zur Schule gehörendes Internat ergibt sich eine deutliche Steigerung des Warmwasserverbrauches, was dem Betrieb einer größeren Solaranlage entgegen kommt. Allerdings haben derartige Objekte in der Regel die gesamten Sommerferien, das heißt ca. 6 Wochen im Hochsommer, geschlossen. Dagegen findet im Sportgymnasium Oberhof ganzjährig ein

sehr intensiver Trainingsbetrieb statt, die sommerliche Schließzeit des Objektes beträgt momentan 3 Wochen. Aus Gründen eines kontinuierlichen Trainingsbetriebes (die Einrichtung bildet Hochleistungssportler aus) wird momentan von der Schulleitung einer Verkürzung der sommerlichen Schließzeit auf 2 Wochen angestrebt. In der Perspektive wird von der Schulleitung von einem weitestgehend kontinuierlichen Ganzjahresbetrieb ausgegangen. Das verbleibende „Sommerloch“ von einigen Tagen bis ca. 2 Wochen kann problemlos durch die vorhandenen großen Pufferspeicher überbrückt werden.

Über die Belegung des Objektes liegen die folgenden Angaben vor:

- Schülerzahl gesamt: 300 Schüler
- Davon sind 190 Schüler im Internat untergebracht.
- An Werktagen arbeiten im Objekt 60 Personen; werktags werden von der Küche täglich 300 Essensportionen (Mittagessen) bereitet.
- Am Wochenende reduziert sich die Anzahl der Essensportionen auf 190; An den Wochenenden sind 20 Mitarbeiter (Erzieher, Trainer, Küchenpersonal Anwesend.

Momentan werden Verbrauchsmessungen durch die projektbegleitende Hochschuleinrichtung (TU Ilmenau) durchgeführt. Erste Zwischenergebnisse sowie die im Rahmen des Energiekonzeptes durchgeführten Voruntersuchungen ergeben einen täglichen Warmwasserverbrauch von ca. $7,1 \text{ m}^3$ (Solltemperatur in den Trinkwasserspeichern jeweils $60 \text{ }^\circ\text{C}$), bei einer täglichen Belegungszahl des Internates mit 190 Schülern ergibt sich somit ein spezifischer täglicher Warmwasserverbrauch von $37,4 \text{ l}$ pro Internatsplatz. Unter Beachtung des intensiven Trainingsbetriebes ist dies ein plausibler Verbrauchswert. Aufgrund der geplanten Nutzung der vorhandenen Pufferspeicher ($6 * 50 \text{ m}^3$) können eventuelle kurzzeitige Wärmeüberschüsse problemlos zwischengespeichert werden. In Teilbereichen des Objektes (Aula, Verbindertrakte) sollen Fußbodenheizungen realisiert werden. Für die Niedertemperaturheizkreise wird ein separater Verteiler realisiert, der aus dem Pufferspeicher direkt geladen werden kann. Aus diesem Grunde kann eine solare Heizungsunterstützung problemlos realisiert werden.

Auf Grundlage der Verbrauchsmessungen sowie der Möglichkeit, eine solare Heizungsunterstützung zu realisieren wurde mit der projektbegleitenden Hochschuleinrichtung die folgende Anlagenauslegung abgestimmt:

- Solarabsorberfläche: 130 m^2
- Pufferspeichervolumen: 50 m^3 . (Von den 6 vorhandenen Pufferspeichern wird einer ständig von der Solaranlage beladen und zur Trinkwasservorwärmung und Heizungsunterstützung entladen. Von den verbleibenden 5 Puffern sollen 3 bis 4 zur Überbrückung der sommerlichen Schließzeit des Objektes genutzt werden; für die Solaranlage nicht benötigte Speicher werden als Pufferspeicher für die geplante Holzheizung genutzt.)

4.2. Technische Voraussetzungen für die Installation der Solartechnik

4.2.1 Aufstellort der Solarkollektoren (vgl. Südansicht des Heizhauses in Anlage 1)

Das vorhandene Heizhaus wird umgebaut und saniert. Dabei wird die vorhandene Nachtspeicherheizung durch eine Holzhackschnitzelheizung ersetzt. Die vorhandenen Pufferspeicher werden erhalten und als Solarpuffer bzw. als Pufferspeicher für die Heizungsanlage genutzt.

Wie in der Anlage 1 dargestellt ist, sollen die Solarkollektoren als Solarfassade realisiert werden. Dadurch wird ein Teil der vom Architekten ohnehin vorgesehen Glasfassade durch die Solarkollektoren ersetzt, somit können durch die Montage der Solarkollektoren Kosten im Bereich der Fassadengestaltung eingespart werden.

Das mit den Solarkollektoren bestückte Heizhaus befindet sich unmittelbar im Eingangsbereich des Objektes, so dass die Solarkollektoren von Schülern, Besuchern und Personal täglich gesehen werden. In Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro soll eine architektonisch ansprechende Integration der Solarkollektoren in die Gebäudehülle realisiert werden. Die vorgesehene Kollektorfläche kann an der Südfassade problemlos realisiert werden. Wie die Voruntersuchungen zeigen sind entsprechende Fassadenkollektorsysteme marktverfügbar. Nach Aussage des Architekturbüros resultieren aus der Befestigung der Kollektoren keine negativen Auswirkungen auf die Gebäudestatik.

4.2.2 Aufstellung der Pufferspeicher im Heizhaus (Anlage 2)

Die Pufferspeicher ($6 * 50 \text{ m}^3$) befinden sich im Heizhaus an dessen Südfassade auch die Solarkollektoren angebracht werden sollen.

Die Pufferspeicher wurden im Dezember des Jahres 1980 aufgestellt, und werden seither als Speicherbehälter der Nachtspeicherheizung betrieben. Bislang werden die Speicher mit einer maximalen Temperatur von $135 \text{ }^\circ\text{C}$ betrieben, weswegen regelmäßige Überprüfungen erforderlich sind. Die entsprechenden Prüfprotokolle liegen vor. Zum Zwecke der Überprüfung werden die Behälter abgelassen und die Behälterinnenseiten einer Sichtkontrolle sowie einer Ultraschallprüfung der Schweißnähte unterzogen. Bei diesen Überprüfungen, die bislang keinerlei Beanstandungen erbrachten, werden die Speicher mit einer Spezialleiter bis zur obersten Schweißnaht begangen. Die technische Machbarkeit des nachträglichen Einbaus einer internen Schichtbeladvorrichtung wurde geprüft und wird im Ergebnis der Voruntersuchungen als problemlos realisierbar angesehen.

Die Speicher sind mit einer 180 mm starken Mineralwolleisolierung versehen, die nach Außen von einer Blechhülle umgeben ist. Ein Erhalt der Blechverkleidung sowie der Speicherisolierung wird angestrebt. Zur Überprüfung der Qualität der Isolierung sollen im kommenden Winter in Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau Wärmebildaufnahmen der Speicher angefertigt werden. Die Speicher haben eine Höhe von ca. 10,5 m und einen Innendurchmesser von 2,80 m, das resultierende Verhältnis von Höhe zu Durchmesser von ca. 3,8 bietet sehr gute Voraussetzungen für eine geschichtete Be- und Entladung der Speicherbehälter.

Alle weiteren technischen Komponenten der Solaranlage (Wärmetauscher, Expansionsgefäß usw.) können gleichfalls im Heizhaus untergebracht werden.

5. Vorgesehenes technisches Gesamtkonzept der Solaranlage, Integration in die konventionelle Haustechnik

Der Ausführungsplanung wird das im Folgenden dargestellte technische Grobkonzept zugrundegelegt, dessen Optimierung und Umsetzung in enger Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten erfolgen soll. (Die Ausführungen zu Anlagenkomponenten und Anlagenfunktion beziehen sich auf das in Anlage 3 dargestellte Prinzipschema der Anlagenhydraulik.)

Entsprechend des Standes der Technik, den Erfahrungen des Planers sowie den Erfahrungen des Projektträgers BEO aus dem bisherigen Verlauf des Programms "Solarthermie 2000" soll die Solaranlage als "LOW FLOW"- System realisiert werden. Dies führt durch einen geringeren Verrohrungsaufwand (Senkung der Rohrdurchmesser und damit der Dämmschichtdicken, unkompliziertere Reihenschaltung der Kollektoren) zu einer deutlichen Senkung der Investitionskosten gegenüber einem konventionellen System.

5.1 Kollektorkreislauf

Fassadendachmontage der Kollektoren an der Südfassade des Heizhauses unter einem Neigungswinkel von 90° zur Horizontalen. Aus Gründen der Verringerung des Montageaufwandes, der Minimierung der Störanfälligkeit des Systems sowie der Erhöhung der Effektivität des Solarsystems erscheint der Einsatz von Großkollektoren (Fläche je Kollektor ca. 5 bis 7.5 Quadratmeter) als sinnvoll. Der Einsatz von in den neuen Bundesländern gefertigten Solarkollektoren würde zu einer Verstärkung des Demonstrations-effektes führen und sollte deshalb angestrebt werden. Es existieren Spezialanbieter (z.B. Firma THÜSOLAR GmbH aus 07407 Rudolstadt sowie Firma SESOL aus Langewiesen bei Ilmenau), welche die Kollektoren maßgerecht entsprechend den baulichen Gegebenheiten fertigen können. Alternativ kommt der Einsatz von Fassadenkollektoren von Spezialanbietern aus Österreich (z. B. Firma DOMA Solartechnik) in Betracht

Zur Sicherstellung eines stabilen und wirtschaftlichen Anlagenbetriebes wird auf den Einsatz hocheffektiver Flachkollektoren entsprechend des Standes der Technik orientiert. Dazu sollten die zum Einsatz kommenden Flachkollektoren mindestens über die folgenden Eigenschaften verfügen:

- Prüfzertifikat einer anerkannten Prüfstelle (z.B. TÜV Bayern- Sachsen, Internationales Technikum Rapperswill)
- Bauartzulassung
- selektiv beschichtete Vollkupferabsorber
- optischer Wirkungsgrad (Eta Null) mindestens 0.79
- K-Wert des Kollektors kleiner als 4.0 W/m² *K
- rückseitige Wärmedämmung aus Mineralwolle oder einem Mineralwolle-Hartschaum Verbund
- Frontseitige Abdeckung mit einem eisenarmen Solarsicherheitsglas
- Die Beständigkeit der Kollektorabdeckung gegenüber Hagelschlag ist vom Anbieter nachzuweisen.

Standardmäßig sollen Kollektoren mit TiNOX-Absorbern ausgeschrieben werden. Alternativ zur Standardvariante können Kollektoren mit Schwarzchrom-Absorbern aufgrund

der deutlich geringeren Kosten ausgeschrieben werden. Entscheidungskriterium für die entgeltliche Auswahl des Kollektortyps sollte der erzielte solare Nutzwärmepreis unter Beachtung der umweltfreundlicheren Herstellung der TiNOX- Absorber sein. In Zusammenarbeit mit der Firma TiNOX- und dem Architekturbüro könnte eine Nutzung der im Fertigungsprozess der TiNOX- - Beschichtung möglichen farblichen Anpassung der Absorberoberfläche geprüft werden.

Regelungstechnisch (Sicherheitstemperaturbegrenzer) wird sichergestellt, dass die Auslauftemperatur aus dem Kollektorfeld 120 °C nicht überschreiten. Daher kann die Solaranlage in die Gruppe 2 der Dampfkesselverordnung eingestuft werden. Die Gruppe 2 unterliegt keiner Beschränkung hinsichtlich des Füllvolumens des Kollektorfeldes, es brauchen keine separat absperrbaren Teilfelder gebildet zu werden.

Zur Minimierung des Verrohrungsaufwandes und zur Sicherung einer turbulenten Durchströmung des Kollektorfeldes sollten möglichst viele Kollektoren durch eine hydraulische Reihenschaltung miteinander verbunden werden. Bei der geplanten Kollektorfläche von 130 m² führt die Einhaltung dieses Kriteriums dazu, dass 2 bis 3 Teilfelder entstehen, die parallel miteinander verschaltet werden. Bei der Verschaltung der Teilfelder soll von einer Tichelmann-Verrohrung abgesehen werden. Zur Sicherung und Kontrolle einer gleichmäßigen Durchströmung der Teilfelder werden temperaturbeständige Strangreduzierventile (Fabrikat: Oventrop oder gleichwertig) eingesetzt. Der Druckverlust im Kollektorfeld wird zur Minimierung des Pumpenstromverbrauches auf 500 mbar begrenzt. Ein entsprechender Nachweis sowie ein Nachweis der turbulenten Durchströmung des Kollektorfeldes ist vom Bieter mit der Angebotsabgabe zu erbringen.

Die Verrohrung des Kollektorkreislaufes ist mit 100 % entsprechend Heizungsanlagenverordnung zu isolieren. Das Isolationsmaterial muss eine Temperaturbeständigkeit von mindestens 150 °C aufweisen. Im Außenbereich wird auf den Einsatz eines feuchte- und temperaturbeständigen EPDM-Kunststoffs (AEROFLEX SSH, ARMAFLEX HA oder gleichwertig) orientiert. Für die Isolierung der im Gebäudeinneren verlaufenden Solarkreisverrohrung wird der Einsatz alukaschierter Mineralwolle gefordert.

Der Kollektorkreis wird mit einem Ausdehnungsgefäß und einem Überdruckventil abgesichert. Das Ausdehnungsgefäß wird so ausgelegt, dass es zusätzlich zur durch Wärmeausdehnung bedingten Volumenzunahme des Wärmeträgers das gesamte Kollektorfeldvolumen aufnehmen kann. Dadurch wird erreicht, dass auch bei Pumpenausfall im Hochsommer keine Flüssigkeit aus dem Sicherheitsventil austreten kann (Eigensicherheit der Anlage).

Mittels der Pumpe (P1) wird das Wärmeträgermedium (Wasser- Frostschutzmittelgemisch) durch den Kollektorkreislauf gepumpt. Die Regelung des Solarkreislaufes erfolgt mittels einer Temperaturdifferenzregelung (Temperaturmessung mittels Messfühler am Kollektorfeld (TKoll) und am Pufferspeicher (unten) (T1)). Bei Überschreitung eines (einstellbaren) Schwellwertes dieser Temperaturdifferenz wird die Pumpe eingeschaltet und die thermische Energie vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher WT 1 transportiert. Bei Unterschreitung eines weiteren Schwellwertes der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor- und Speichertemperatur wird die Pumpe wieder abgeschaltet.

5.2 Wärmespeicherung

Die von den Solarkollektoren gewonnene Wärmeenergie wird über den Wärmetauscher WT 1 an den Pufferkreis übergeben. Die regelungstechnisch zur Solarkreispumpe P1 parallel geschaltete Pufferladepumpe P2 wird ca. 30 bis 60 Sekunden (Einsatz eines zeitverzögert schaltenden Relais) nach dem Einschalten von P1 zugeschaltet. Die Zeitverzögerung zwischen dem Zuschalten von P1 und P2 sichert, dass die Pufferbeladung erst dann beginnt, wenn die Primärseite von WT1 wärmer als der Rücklauf des Pufferladekreises ist. Dies verhindert eine Auskühlung des Puffers in der Anlaufphase der Speicherladung. Die Speicherung der Sonnenenergie erfolgt im Normalbetrieb in einem der 6 vorhandenen Großpufferspeicher (Volumen: jeweils 50.000 Liter). Zur Minimierung der Wärmeverluste sind die Pufferspeicher allseits von 18 cm starken Wärmedämmstofflagen umschlossen. Der direkt vom Wärmetauscher WT 1 aus beladene Speicher (Speicher 1 = Arbeitsspeicher) wird mit einer internen Schichtbeladevorrichtung zur Sicherung einer geschichteten Be- und Entladung des Speichers nachgerüstet. Eine geeignete Schicht-beladevorrichtung wurde an der TU-Ilmenau entwickelt und wird von einem Unternehmen aus Thüringen gefertigt. In Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau wird eine an die große Speicherhöhe von ca. 10 m angepasste Schichtbeladevorrichtung (Beladung des Speichers von oben) eingesetzt.

Alle anderen Speicher sollen zur Überbrückung der sommerlichen Schließzeit des Gebäudes eingesetzt werden. Dazu werden sommerliche Überschüsse aus dem Arbeitsspeicher in die weiteren Speicher umgeladen und nach Ende der Schließzeit bedarfsgerecht in Speicher 1 (Arbeitsspeicher) rückgespeist. Diese Funktion wird im folgenden näher erläutert:

5.2.1. Speicherbeladung bei normaler Belegung (Winter, Übergangszeit, Früh-sommer)

Dreiwegeventil V1 ist auf Durchgang von A nach C; Durchgangsventil V2 ist geschlossen; Pumpe P4 ist ständig aus; die Speicher 2 bis 5 sind von der Pufferbeladung durch die Solaranlage völlig abgekoppelt; Es wird lediglich der Speicher 1 (Arbeitsspeicher) durch Pumpe P2 beladen

5.2.2 Speicherbeladung in den Sommerferien (keine oder sehr geringe Wärme-abnahme)

In diesem Fall ist Speicher 1 nach ca. 3 bis 4 Tagen zu mehr als 50 % gefüllt (sommerliche Witterung vorausgesetzt) so dass T2 einen voreingestellten Schwellwert überschreitet.

→ Ventil V1 öffnet in Stellung A => B; Durchgangsventil V2 bleibt geschlossen

→ Bei Speicherbeladung wird kaltes Wasser aus Speicher 5 entnommen und über den Wärmetauscher WT 1 solar erwärmt und mittels der Schichtbeladevorrichtung in Speicher 1 temperaturgerecht eingeschichtet.

→ Die Speicher 2 bis 5 werden jeweils von oben nach unten durchgeladen

5.2.3 Herbstfall (nach den Sommerferien)

Primär wird Speicher 1 (Arbeitsspeicher) entladen, bis der Speicher 1 kälter als Speicher 2 ist. Sobald diese Bedingung erfüllt ist, geht das Dreiwegeventil V1 in die Stellung A => C; Das Durchgangsventil V2 wird geöffnet; Pumpe P4 wird eingeschaltet

→ Kaltes Wasser wird unten aus Speicher 1 entnommen und durch Pumpe P4 in Speicher 5 geleitet

→ Rückspeisung aus Speicher 2 in Speicher 1; gleichzeitig Rückspeisung aus Speicher 3 in Speicher 2 usw. (hydraulische Reihenschaltung der Speicher 2 bis 5) Dieser Vorgang

läuft solange Speicher 2 wärmer als Speicher 1 ist (Vergleich der Temperaturen T3 und T4).

5.3 Nutzung der Solarwärme (Entladung von Speicher 1)

Alle Niedertemperaturheizkreise werden von einem separaten Verteiler (Vorlauftemperatur ca. 45 °C) versorgt. Dieser Verteiler befindet sich im Heizhaus in unmittelbarer Nähe der vorhandenen Pufferspeicher

Wenn im Sommer die Temperatur T3 (obere Temperaturmessstelle von Speicher 1) größer als die Solltemperatur des Niedertemperaturverteilers ist, wird das Ventil V4 in Stellung C => A geöffnet → in diesem Fall wird der Speicher 1 direkt auf den Niedertemperaturverteiler entladen. Soweit vom Solarpufferspeicher die Solltemperatur des Niedertemperaturverteilers von ca. 45°C nicht erreicht wird, befindet sich das Ventil V4 in Stellung B => A; der Niedertemperaturverteiler wird vom Heizkessel beladen. Vom Niedertemperaturverteiler werden alle Fußbodenheizkreise und sonstigen Niedertemperaturheizkreise mit Wärme versorgt. Gleichfalls werden von diesem Verteiler die in Abschnitt 5.4 beschriebenen Trinkwasservorspeicher erwärmt, was eine direkte Übergabe der Solarspeicher an das Trinkwasser ermöglicht.

Weiterhin erfolgt eine solare Anhebung der Temperatur des Rücklaufs vom Niedertemperaturverteiler zum Heizkessel, was über das gesteuerte Drei-Wege-Ventil V3 realisiert wird (Ventil V3 in Stellung A=> C soweit $T_{12} > T_{17}$, ansonsten V3 in Stellung A=> B).

Zur Sicherung einer optimalen Temperaturschichtung im Speicher 1 erfolgt die Einspeisung des Rücklaufs des Entladekreises wieder über eine interne Schichtbeladevorrichtung.

5.4 Übergabe der Sonnenenergie an das Trinkwasser

Die Trinkwassererwärmung erfolgt über drei vorhandene Warmwasserspeicher die sich in drei verschiedenen Gebäudeteilen befinden (vgl. Lageplan des Objektes in Anlage 4).

Würde die Solarwärme über einen im Heizhaus befindlichen Wärmetauscher in den Kaltwasserzulauf dieser Speicher eingespeist, wäre vorgewärmtes Wasser über weite Strecken (ca. 200 bis 300 m) zu führen. Dies wäre energetisch ungünstig und würde zu hygienischen Problemen führen. Daher wird zur Übergabe der Solarwärme an das Trinkwasser die folgende Lösung realisiert:

An den drei Standorten der vorhandenen Trinkwasserspeicher werden Vorspeicher mit einem Trinkwasservolumen von jeweils 400 bis 500 Litern (genaue Dimensionierung im Rahmen der Ausführungsplanung) aufgestellt. Diese Vorspeicher, die jeweils über einen groß dimensionierten internen Wärmetauscher verfügen, werden sanitärseitig in den Vorlauf des jeweiligen Bereitschaftsspeichers eingebunden. Die Erwärmung der Vorspeicher erfolgt durch den Niedertemperaturverteiler. Bei Warmwasserverbrauch gelangt das durch den Niedertemperaturverteiler erwärmte (und damit solar vorgewärmte) Trinkwasser in den Bereitschaftsspeicher. Soweit der Vorspeicher wärmer als der Bereitschaftsspeicher ist wird das Wasser aus dem Vorspeicher in den Bereitschaftsspeicher umgewälzt. Gleichfalls wird auf diesem Wege eine thermische Desinfektion von Bereitschaftsspeicher und Vorspeicher entsprechend der DVGW-Richtlinien W 551 und W 552 (Vermeidung des Legionellenwachstums) realisiert.

1. Kollektoren (inkl. Montage)	650 DM/m ² * 130 m ² =	84.500,00 DM
2. Verrohrung	40 DM/m * 200 m =	8.000,00 DM
3. Isolation der Verrohrung	40 DM/m * 200 m =	8.000,00 DM
(Gesamtrohrleitungslänge im Solar- und Pufferkreis ca. 200 m)		
4. ungesteuerte Armaturen Solarkreis		400,00 DM
5. Sicherheitsventil- Solarkreis		400,00 DM
6. Membranausdehnungsgefäß- Solarkreis:		1.000,00 DM
7. Kollektorkreispumpe (P1)		500,00 DM
8. Wärmetauscher- Solarkreis:		4.000,00 DM
9. Wärmeträgermedium- Solarkreis:		500,00 DM
10. Speicherladepumpe (P2)		500,00 DM
11. Speicherentladepumpe (P3)		500,00 DM
12. Sicherheitstechnik Puffer	300.000 Liter * 0,11 DM/l =	33.000,00 DM
13. Vorspeicher- Trinkwasser	3 * 400 Liter	12.000,00 DM
14. gesteuerte Ventile (4 Stück zu je 1000,- DM)		4.000,00 DM
15. Absperrarmaturen und sonstige hydraulische Einrichtungen im Pufferkreis:		3.000,00 DM
16. Regelung:		10.000,00 DM
Summe Netto (Los 1- Solaranlage):		170.300,00 DM
Planungskosten, gemäß HOAI		25.545,00 DM
Summe Netto		195.845,00 DM
16 % MwSt.		31.335,00 DM
Summe (Los 1 inklusive Planung und 16 % MwSt.):		227.180,00 DM

Werden die eben abgeschätzten Maßnahmekosten angesetzt, ergibt sich entsprechend des im Förderprogramms „Solarthermie 2000“ angewandten Rechenschemas ein maximaler solarer Nutzwärmepreis von 0,305 DM/kWh. Dies liegt deutlich unter den nach Angabe der TU Ilmenau (Projektgruppe „Solarthermie 2000“ für eine heizungsunterstützende Solaranlage maximal akzeptablen solaren Nutzwärmekosten von 0,33 DM/kWh.

In den nächsten Jahren steht eine Komplettsanierung des Objektes an, wobei der bauliche Wärmeschutz und die Gebäudetechnik entsprechend der neuen Energiesparverordnung geplant und ausgeführt wird.

Die Detailplanung des Solarsystems, die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der öffentlichen Ausschreibung wird in enger Zusammenarbeit mit der programmbegleitenden Hochschule (Technische Universität Chemnitz, Projektgruppe "Solarthermie 2000") und der Zentralstelle für Solartechnik erfolgen.

Im Rahmen der Ausführungsplanung sollen die folgenden technisch bzw. wirtschaftlich innovativen Aspekte geprüft und umgesetzt werden:

- Systemregelung auf Basis einer speicherprogrammierten Regelung (erlaubt die spätere Einbindung der Solaranlage in die geplante Gebäudeleittechnik),
- teilsaisonale Speicherung der Solarwärme durch Nutzung des vorhandenen Pufferspeichervolumens von 300 m³;
- Einsatz einer an das große Speichervolumen und die Geometrie des Puffers angepassten neuentwickelten Schichtbeladevorrichtung
- kostengünstige Fassadenmontage der Solarkollektoren; wodurch Kosten im Bereich

5.4 Systemreglung

Zur Regelung und Funktionskontrolle der Solaranlage werden 25 Temperaturfühler und ca. 13 Temperaturdifferenzregler erforderlich sein. Davon müssen drei Regelkreis über eine DVGW-Funktion (Nachheizung des Vorspeichervolumens auf 60-70 °C falls diese Temperatur in den letzten 24 Stunden nicht erreicht wurde) verfügen.

Prinzipiell können die erforderlichen Funktionen mit marktgängigen Solarreglern realisiert werden, was zu einer relativ aufwendigen Lösung führen würde. Auch ist eine Einbindung der Solaranlage in die geplante Gebäudeleittechnik erforderlich. Aus diesem Grunde soll zur Regelung und Funktionsüberwachung der Anlage ein speicherprogrammierter Regler eingesetzt werden.

Eine verbale Beschreibung der wesentlichsten Regelfunktionen ist in der obigen Beschreibung der wesentlichsten Anlagenfunktionen enthalten. Im Rahmen der Ausführungsplanung soll die Regelstrategie präzisiert werden.

6. Erfolgsaussichten des Vorhabens

Der von der Solaranlage zu erwartende Ertrag wurde in Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau mit dem Computerprogramm "TSOL 3.2" abgeschätzt.

Diese Ertragsprognose erfolgte mit den folgenden Eingabeparametern:

- Wetterdatensatz für den Standort Oberhof entsprechend den Daten des Deutschen Wetterdienstes und den Erfahrungen der Messungen an der im KKH Neuhaus/Rwg. installierten thermischen Solaranlage
- täglicher Warmwasserverbrauch: 7m^3 ($T= 60\text{ °C}$)
- Kollektorneigung: 90 ° (Fassadenmontage)
- Einsatz marktgängiger Flachkollektoren
- Süd -Ausrichtung der Solarkollektoren
- Pufferspeichervolumen: 50000 Liter.

Aus der Computersimulation ergab sich, dass die Anlage mit einer Kollektorfläche von 130 m² unter den beschriebenen Bedingungen einen Ertrag von 65.000 kWh pro Jahr erbringen kann.

Wie die oben skizzierten Ergebnisse der Voruntersuchungen zeigen, bestehen beim vorliegenden Objekt gute Chancen einen Solarertrag von ca. 65 MWh pro Jahr zu erreichen. Die zu erwartenden Anlagenkosten wurden wie folgt abgeschätzt: (Die Kostenschätzung erfolgte auf Grundlage der Erfahrungen vergleichbarer Objekte sowie von Literaturangaben (/9/)).

Komponenten

Kosten

der Fassadengestaltung eingespart werden können

Zusammenfassung:

Die durchgeführten Voruntersuchungen lassen eine gute Effizienz der Solaranlage entsprechend der Randbedingungen des Förderprogramms "Solarthermie 2000" erwarten

7. Stand der Wissenschaft und Technik

Bei der Nutzung der thermischen Solarenergie zur Brauchwassererwärmung und Raumheizungsunterstützung handelt es sich um ein technisch weitestgehend ausgereiftes Verfahren. Die erforderlichen technischen Einzelkomponenten werden von einer Vielzahl von Firmen in hoher Qualität gefertigt und angeboten (vgl. zum Beispiel /4/ und /5/). Entwicklungsbedarf besteht insbesondere im Bereich der teilsaisonalen Wärmespeicherung (Wärmespeicherung über einige Wochen bis Monate).

Eine aktuelle Übersicht über den deutschen Solarthermiemarkt wird in /5/ und /6/ gegeben. Aus diesen Publikationen wird erkennbar, dass technisch erprobte Einzelkomponenten ausreichend am Markt vorhanden sind. Dies betrifft alle für die Funktion des Solarsystems erforderlichen Komponenten, wie:

- Solarkollektoren, für die Brauchwassererwärmung werden üblicherweise Flachkollektoren mit Vollkupferabsorber eingesetzt- der Einsatz der zwar effektiveren Vakuumflach- oder Vakuumröhrenkollektoren führt in der Regel zu einer erheblichen Kostensteigerung;
- Solarspeicher, zur Vermeidung hygienischer Probleme (DGWV Richtlinie W 551) erfolgt bei Großanlagen generell eine Aufsplittung des Speichervolumens in einen/ oder mehrere Pufferspeicher und den Trinkwasserspeicher;
- Wärmetauscher
- Regelung, in der Regel wird eine unkomplizierte Temperaturdifferenzregelung eingesetzt
- die meisten anderen technischen Komponenten wie zum Beispiel Membranausdehnungsgefäß, Pumpe, Sicherheitsventil, Druck- und Temperaturanzeige, Schwerkraftbremse werden von vielen Herstellern in einer vorgefertigten "Solarstation" zusammengefasst.

Weiterentwicklungen der Kollektortechnik erfolgen gegenwärtig im Bereich des Einsatzes innovativer Absorberbeschichtungen. Hier ist insbesondere die durch ein physikalisches Beschichtungsverfahren aufgebrachte TiNOX-Beschichtung zu nennen. Gegenüber der galvanisch aufgebrachten Schwarzchrom-Beschichtung zeichnen sich die innovativen Absorberbeschichtungen durch einen umweltverträglicheren Herstellungsprozess aus. Dagegen handelt es sich bei der Schwarzchrom-Beschichtung um ein langzeiterprobtes Produkt, dessen Einsatz ein günstiges Aufwand-Nutzenverhältnis erwarten lässt.

In /5/ (Seiten 33 ff) werden die Systemkosten einiger im Raum München in öffentlichen Gebäuden (Schulen, Altenheime, Krankenhäuser) realisierter großer Solaranlagen dargestellt. Bei der dort dargestellten Untersuchungen ergaben sich solare Systemkosten von maximal 1030 DM je Quadratmeter Solarkollektorfläche. Diese Aussagen über das Preisniveau großer thermischer Solaranlagen unterstreichen die guten Erfolgsaussichten bei der Realisierung des vorliegenden Objektes. Vergleichbare Aussagen werden auch in /6 und 7/ gemacht.

Zur Erhöhung der Effektivität der Solaranlage und zur Senkung der Installationskosten werden solarthermische Großanlagen in der Regel als sogenannte "Low-flow" Systeme konzipiert und ausgeführt. Bei einem derartigen System wird die Strömungsgeschwindigkeit des Wärmeträgermediums erheblich herabgesetzt, wodurch wesentlich dünnere Rohrleitungen und kleinere Pumpen eingesetzt werden können. Dadurch wird das Kollektorfeld langsamer durchströmt, dies führt dazu, dass sich die Solarflüssigkeit stärker als bei konventioneller Betriebsweise erwärmt. Durch die daraus resultierenden erhöhten Temperaturen des Wärmeträgermediums kann eine schnellere Speicherbeladung erreicht werden. Daraus resultiert eine Senkung der Systemkosten (dünnere Rohrleitungen im Kollektorkreislauf, kleinere Pumpen mit geringerer Leistungsaufnahme als bei konventionellen Systemen, einfache Reihenschaltung einer größeren Anzahl von Solarkollektoren anstelle der aufwendigeren Parallelschaltung nach Tichelmann), was dem Anliegen des Förderprogramms "Solarthermie 2000" entgegen kommt.

Weiterhin wird in der Literatur eine Ertragssteigerung von 5 bis 17 % in Low-Flow Systemen gegenüber konventionellen Solarsystemen berichtet (/2/, Seite 23).

Von einigen Anbietern werden speziell auf den Einsatz in Low-Flow-Anlagen abgestimmt Speicher angeboten. Hier ist insbesondere der Speicher mit Schichtenladevorrichtung der Firma "Solvis" (/8/ Seite 33 f) zu nennen. Leider fehlen bislang Erfahrungen über die Lebensdauer der mechanisch bewegten Teile (Membranklappen) in diesen Speichern. Eine vergleichbare Schichtbeladevorrichtung, die ohne mechanisch bewegte Teile auskommt, wird seit einiger Zeit auch von einem Unternehmen aus den neuen Bundesländern (Firma ConSens aus Ilmenau) angeboten.

8. Bisherige Arbeiten der zu beauftragenden Planungsbüros

Aus organisatorischen Gründen sollen die Planungsleistungen dem Heizungs- und Sanitärplaner des Gesamtbauvorhabens übertragen werden. Die solarspezifischen Planungsleistungen sollen im Nachauftrag vom folgenden Ingenieurbüro übernommen werden:

Ingenieurbüro für Umwelt und Energie
Dipl.-Physiker Reiner Maschke
Rosenweg 12
07381 Pößneck

Der Planer des Solarsystems, Herr Dipl. Physiker Reiner Maschke, ist Inhaber eines

Ingenieurbüros mit Tätigkeitsschwerpunkten im Bereich rationeller Energieeinsatz und Solarenergienutzung.

Von Herrn Maschke wurden in den letzten Jahren mehrere große Solaranlagen planerisch betreut:

1. Objekt "Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität Pößneck"
 Kollektorfläche: 120 m²
 Inbetriebnahme: 8/1996
 Förderung im Rahmen des Programms Solarthermie 2000; TP 2
2. Objekt "1. Bauabschnitt einer Wohnanlage für das Betreute Wohnen von Senioren"
 Bauherr: Volkssolidarität Pößneck e.V.
 Kollektorfläche: 60m² (Aufständigung auf einem schwach geneigten Schrägdach)
 Inbetriebnahme: 12/1997
 Förderung als Modell- und Demonstrationsprojekt durch das Land Thüringen und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
3. Objekt: Seniorenheim "Haus Sonnenhügel" der Stadt Münchenbernsdorf/Thüringen
 Bauherr: Gesellschaft für Sozialmanagement der Stadt Münchenbernsdorf mbH
 Kollektorfläche: 80m² (es wurde mit Kollektoren der Firma THÜSOLAR ein Solardach hergestellt)
 Inbetriebnahme: 12/1998
 Förderung als Modell- und Demonstrationsprojekt durch das Land Thüringen und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
4. Objekt "2. Bauabschnitt einer Wohnanlage für das Betreute Wohnen von Senioren"
 Bauherr: Volkssolidarität Pößneck e.V.
 Kollektorfläche: 40m²
 Inbetriebnahme: 3/1999
 Förderung als Modell- und Demonstrationsprojekt durch das Land Thüringen und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
5. Objekt "Kreiskrankenhaus Kirchberg"
 Kollektorfläche: 180 m²
 Inbetriebnahme: 4/2000
 Förderung im Rahmen des Programms Solarthermie 2000; TP 2
 Betreiber: Landkreis Zwickauer Land

Die vorliegende Vorhabensbeschreibung wurde in unserem Auftrag von den mit der Planung der Solaranlage zu beauftragenden Ingenieurbüros erstellt.

In jedem Fall werden entsprechend der Anforderungen des Förderprogramms "Solarthermie 2000" alle anfallenden technischen Fragen eng mit der ZfS und der programmbegleitenden Hochschule abgestimmt.

Im Rahmen der Voruntersuchungen zur Realisierung des Vorhabens wurden von den Planern bislang die folgenden Leistungen erbracht:

- Klärung der grundsätzlichen Machbarkeit der Solar-

- anlageninstallation sowie überschlägige Anlagenauslegung
- Ermittlung der für die Finanzierung des Projektes bestehenden Fördermöglichkeiten, Unterstützung des Bauherren bei der Erstellung der erforderlichen Antragsunterlagen
- Recherche von für die Realisierung des Projektes grundsätzlich geeigneter technischer Lösungen, Abklärung der Machbarkeit der Fassadenmontage sowie der teilsaisonalen Speicherung der Solarwärme unter Nutzung der vorhandenen Pufferspeicher

9. Beschreibung des Arbeitsplanes

Die Projektbearbeitung umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Informationseinholung über technische Systemlösungen
- Abgleich vorliegender Messungen und Berechnungen,
- Erarbeitung von Systemvarianten für die Solaranlage und deren Einbindung in die konventionelle Warmwasserbereitung,
- Erarbeitung eines Leistungsverzeichnisses unter Beachtung der vorgegebenen Randbedingungen von BEO/ZfS,
- Ausschreibung der Solaranlage,
- Prüfung der Angebote, Erarbeitung und Abstimmung des Vergabevorschlages mit Betreiber, begleitender Hochschule und ZfS/BEO,
- Überwachung der Installation des Systems und der Messtechnik gemeinsam mit der begleitenden Hochschule,
- Probetrieb des System- und Messtechnik,
- Abnahme der Anlage,
- Unterstützung und Mitwirkung beim Betrieb der Anlage (Störfallanalyse, Betreuung, Optimierung)

Die Installation der Solaranlage soll in der Zeit vom Sommer 2003 bis zum Frühjahr 2004 erfolgen. Den vorgesehenen zeitlichen Ablauf des Projektes entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Balkenplan.

10. Verwertungsplan

Die Anlage wird von der TU Ilmenau, Projektgruppe „Solarthermie 2000“ ,messtechnisch begleitet werden. Somit werden die gewonnen wissenschaftlich -technischen Ergebnisse primär von der projektbegleitenden Hochschuleinrichtung verwertet. Die Energiekosteneinsparung durch den Betrieb von Solaranlage und Holzheizung kommt dem Staatlichen Sportgymnasium Oberhof und somit letztendlich den Thüringer Steuerzahlern zu gute.

Da es sich um die erste derartige Anlage in einem landeseigenen Objekt handelt, ist unseres Erachtens eine starke Öffentlichkeitswirksamkeit gegeben.

Gleichfalls werden die Betriebsergebnisse der Anlage sowie unsere sonstigen Erfahrungen bei Planung, Errichtung und Betrieb der Solaranlage im Rahmen von internen Fort-bildungsveranstaltungen der staatlichen Thüringer Hochbauverwaltung sowie des Thüringer Kultusministeriums (Schulträger des Sportgymnasiums Oberhof)

dargestellt werden.

Gleichfalls wird eine Darstellung des Vorhabens und seiner Ergebnisse im Thüringer Staatsanzeiger und sonstigen Publikationen der Landesregierung in Betracht gezogen. Zur Präsentation des realisierten Objektes wird von der TU Ilmenau ein Informationsfaltblatt in größerer Stückzahl erstellt werden.

11. Literatur

- /1/ Peuser, F. A.; Croy, R.
Erfahrungen mit Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung;
Programm Solarthermie-2000, Teilprogramm 2
Tagungsband 11. Internationales Sonnenforum, München, 1998
- /2/ Bühl, J.; Schultheis, P.; Großwärmespeichertanks aus GFK
Statusbericht '98 "Solarunterstützte Nahwärmeversorgung,
Saisonale Wärmespeicherung", Stuttgart, 1998; Seiten 124 ff
- /3/ Bühl, J.; Müller, M
Objektbeschreibung "Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg"
Ilmenau, 1998
- /4/ Stryi-Hipp, G.
Marktentwicklung und Zukunftsperspektiven von thermischen
Solaranlagen, Vortrag auf dem Fünften Symposium Thermische
Solarenergie des Ostbayerischen Technologie-Transfer-
Institutes e.V. von 21.-23 Juni 1995 im Kloster Banz,
Staffelstein
- /5/ Schüle, R.; Ufheil, M.
Thermische Solaranlagen, Marktübersicht 1994/95
Öko-Institut e.V., Freiburg, 1995
- /6/ Schüle, R.; Ufheil, M.; Neumann, C.
Thermische Solaranlagen- Marktübersicht;
Staufen bei Freiburg: Ökobuch; 1997
- /7/ Peuser, F. A.; Croy, R.
Erfahrungen mit Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung im
Programm Solarthermie-2000, Teilprogramm 2
Tagungsband: 8. Symposium Thermische Solarenergie,
Staffelstein; 1998
- /8/ Luboschik, U.; Peuser, F.A.; Meyer, F.
Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung, ein
Informationspaket
Köln, Verlag TÜV Rheinland, 3. Auflage, 1995
- /9/ K.-H. Remmers; Große Solaranlagen; Verlag Solarpraxis Berlin, 1999
S. 316 ff; „Ermittlung von Richtpreisen für die Komponenten“

Suhl, den 12.10.2001

.....
Staatsbauamt Suhl

Anlagen

Anlage 1: Südansicht des Heizhauses

Anlage 2: Grundriss des Heizhauses nach den anstehenden Umbaumaßnahmen

Anlage 3: Prinzipschema der Hydraulik der thermischen Solaranlage

Anlage 4: Lageplan des Staatlichen Sportgymnasiums Oberhof

Anlage 5: geplanter Projektablauf (Balkenplan)

Abschlussbericht Solarthermie 2000

Anlage 18: Beschreibung, Stand und Weiterentwicklung Klima- und Schadstoffmessstation



Das Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik betreibt seit Juli 1992 eine Umweltmessstation. Bis Juli 1996 konnten damit die klimatologischen Meßgrößen: Temperatur, Luftfeuchte, Taupunkttemperatur (berechnet), Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlagsmenge und Globalstrahlung ermittelt werden. Eine Gruppe von Studenten hat 1993 im Rahmen einer Projektarbeit das Wetterinformationssystem Ilmenau 'WISI' der TU-Ilmenau erarbeitet. Das Projekt ermöglichte die Visualisierung der aktuellen Wetterdaten über das Internet.

Im Rahmen des Begleitforschungsthemas ‚Langzeitverhalten der in Solarthermischen Anlagen eingesetzten Materialien‘ wurden die Klimamessstation 1996 um 5 Luftschadstoffmessgeräte erweitert. Damit war es möglich zusätzlich zu den klimatologischen Messgrößen die Luftschadstoffwerte für Ozon,

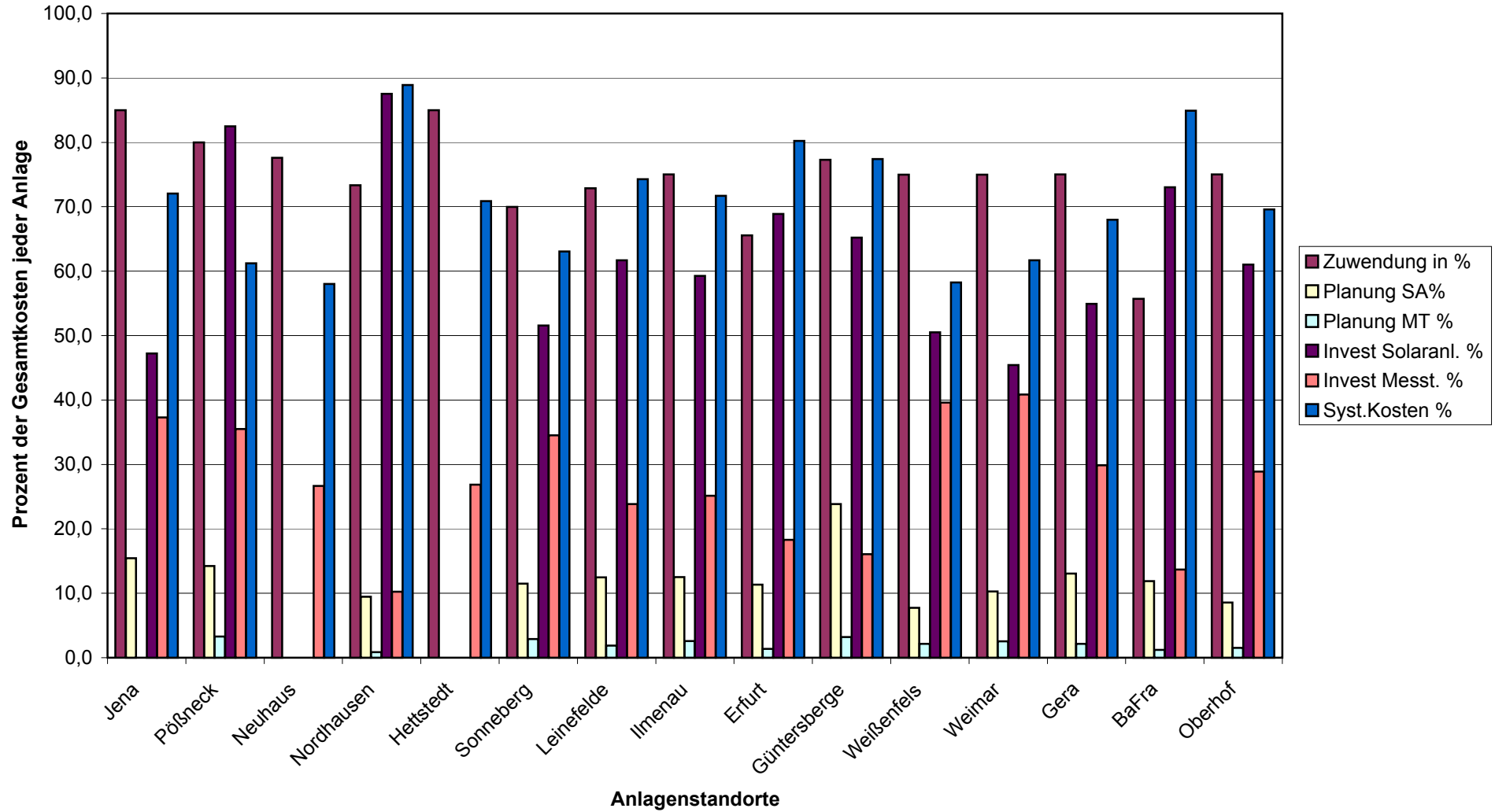
SO₂, NO_x, CO und CO₂ zu erfassen. 1999 wurde die dezentrale Messwerterfassung der Klimamessstation, der Schadstoffmessstation und des Kollektorteststandes durch ein moderneres und zuverlässigeres Messwerterfassungssystem ersetzt.

Im Rahmen eines in 2003 bearbeiteten Projektes wurde die Station um eine Netzwerk-Webkamera erweitert. Ebenfalls in 2003 wurde eine neue Internetpräsenz für die Station erstellt. Sie beinhaltet eine Datenbank in der alle seit 1999 erfaßten Daten abgefragt werden können (www.tu-ilmenau.de/WISI).



Kostenverteilung prozentual bezogen auf 100% Gesamtkosten

Anlage 19



Kostenverteilung bezogen auf die Gesamtkosten der einzelnen Anlagen

Anlage 20

