

**Projekt:** BMBF-Projektförderung im Regierungsprogramm "Energieforschung und Energietechnologien"

Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 30, Kapitel 3007, Titel 89210, für das Vorhaben:

**Wissenschaftlich - technische Programmbegleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen an öffentlichen Gebäuden im Land Thüringen im Rahmen des BMFT - Programms " Solarthermie 2000" (Teilprogramm 2)**

## Schlußbericht / Sachbericht

**Bearbeitungskennzeichen / Förderkennzeichen:** 0329601E

**Bearbeitungszeitraum / Laufzeit:** 01.05.1994 - 30.11.1999

**Projektleiter:** Bühl, J., Dipl.-Ing.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung / Aufgabenstellung / 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
    - 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
  - 3.3 Bewertung der Meßergebnisse / Optimierungsvorschläge
    - 3.3.1 Senioren- und Pflegeheim 'Käthe Kollwitz' Jena-Lobeda
    - 3.3.2 Senioren- und Pflegeheim Pößneck
    - 3.3.3 Kreiskrankenhaus Neuhaus
    - 3.3.4 Wohngebäude Leinefelde
    - 3.3.5 Südharzkrankenhaus Nordhausen
    - 3.3.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt
  - 3.4 Kostenbetrachtungen / Garantieverfüllung
  - 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
9. Erfolgskontrollbericht
10. Kurzfassung des Schlußberichtes
11. Ergebnis
12. Anlagen

## 1. Allgemeines

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 m<sup>2</sup>), 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.

Für die projektbegleitende wissenschaftliche Betreuung sind, neben der ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH, Hochschuleinrichtungen in den jeweiligen Bundesländern eingebunden, die begleitende 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 Programmbegeleitung der im Bundesland Freistaat Thüringen errichteten solarthermischen Demonstrationsanlagen im Zeitraum 01.05.1994 - 30.11.1999 (Phase 1)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

Projektlaufzeit: 01.05.1994 - 30.11. 1999

Gesamtausgaben lt. o.g. Verträge: 1.165.156,00 DM

## 2. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes

### 2.1 Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogramms

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. Da in der Phase1 8 Anlagen errichtet wurden und eine sich in der Vorbereitung befindet, ist dieser Ansatz durchaus realistisch und erreichbar.

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 Probetriebes 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 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 BMWI / BEO 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 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.

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 in 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.

Aufwand und Aufkommen können zahlenmäßig der ersten Meßphase gleich gesetzt werden.

Ein weiterer neuer Ansatz ist hier also nicht erforderlich.

#### 2.2.6 Langzeitanalyse

Hier werden während der gesamten Laufzeit jeder Anlage über die Gesamtprogrammlaufzeit des Projektes (also jeweils im Normalfall nach Ablauf der beiden Meßphasen bis zum Programmende 12/2002) die Betriebsergebnisse erfaßt und kontrolliert ( Für die Phase 1 endet die Programmlaufzeit entsprechend Pkt. 1.3 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 erfaßt.

Hierdurch können Systemveränderungen schnell erkannt und insgesamt die Langzeitstabilität 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 Probenahmen und Materialuntersuchungen

Hierbei erhält bei Bedarf jeder 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 / beziehungsweise für die Erstellung neuer Anlagen enthält.

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

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

Da einige Anlagen gegen Projektende schon eine relativ lange Betriebszeit absolviert haben werden, sind hier interessante 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 1 erfolgte keine Aufforderung zur Probenentnahme.

## 3. Ausführliche Arbeitsbeschreibung und Ergebnisdarstellung

### 3.1 Durchführung des Arbeitsprogrammes während der Projektlaufzeit

### 1994:

Das Arbeitsprogramm beinhaltete im wesentlichen vorbereitende Arbeiten. Dazu gehörten vor allem Objektbesichtigungen mit dem Ziel der Bewertung maßgeblicher Gebäudekomponenten und der Eignung der Objekte für die Errichtung einer großen solarthermischen Anlage in Verbindung mit Messungen des Warmwasserverbrauches, die Einarbeitung in das Simulationsprogramm TRNSYS, sowie in Systemkomponenten, Systemkonzepte und Meßtechnik für große Solaranlagen.

Folgende Objekte wurden im Land Thüringen besichtigt und bewertet:

- Feierabend- und Pflegeheim Schmalkalden
- Kreiskrankenhaus Sondershausen
- Studentenwohnheim Ilmenau
- Mensa Ilmenau
- Elefantenhaus im Zoo Erfurt
- Kreiskrankenhaus Neuhaus/Rwg.
- Berufsbildungszentrum Bad Salzungen
- Gewerbe-Technische Berufsschule Eisenach-Palmental
- Wohngebäude Niederpöllnitz

### 1995 erstes Halbjahr:

Es wurden Objektbesichtigungen mit dem Ziel der Bewertung maßgeblicher Gebäudekomponenten und der Eignung der Objekte für die Errichtung einer großen solarthermischen Anlage bei folgenden Objekten durchgeführt:

- Pädagogische Hochschule Erfurt
- Kreiskrankenhaus Weimar
- Wohngebäude Sondershausen
- Kreiskrankenhaus Greiz
- Rehabilitationszentrum Bodelschwinghof Mechterstädt
- Kinder- und Jugenddorf Dittrichshütte
- Senioren - und Pflegeheim Pößneck

Die in 1995 begonnenen Verbrauchsmessungen in Schmalkalden und Neuhaus wurden abgeschlossen und die Ergebnisse BEO und der ZfS übermittelt. Im Zoo Erfurt wurden ebenfalls Verbrauchsmessungen durchgeführt und abgeschlossen.

Weitere Verbrauchsmessungen laufen in den Objekten:

- Studentenwohnheim Haus L, Ilmenau
- Wohngebäude Sondershausen

Neben dieser Tätigkeit erfolgte laufend die Weiterbildung auf dem Gebiet der Solartechnik allgemein sowie die Einarbeitung in speziell auf große Anlagen bezogene Thematiken, wie Systemkonzepte, Komponenten und Meßtechnik und das Programm TRNSYS.

Für drei in der Ausschreibung (Submission) befindliche Anlagen für das Altenheim „Käthe Kollwitz“ in Jena wurden TRNSYS - Modelle erstellt und Berechnungen durchge-

führt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen stimmen gut mit den von der ZfS mit TRNSYS ermittelten Berechnungsergebnissen überein. Weitere Berechnungsmodelle (für die Anlagen Kreiskrankenhaus Neuhaus sowie Alten- und Pflegeheim Pößneck) befinden sich in Bearbeitung.

#### 1995 zweites Halbjahr:

Es wurden Objektbesichtigungen mit dem Ziel der Bewertung maßgeblicher Gebäudekomponenten und der Eignung bei folgenden Objekten durchgeführt:

- Krankenhaus St. Nepomuk Erfurt
- Marienstift Arnstadt
- Kurheim Lückenmühle

Verbrauchsmessungen wurden in folgenden Objekten durchgeführt und abgeschlossen:

- Rehabilitationszentrum Bodelschwinghof Mechterstädt
- Zoo Erfurt
- Feierabend- und Pflegeheim Schmalkalden
- Kreiskrankenhaus Neuhaus
- Kinder- und Jugenddorf Dittrichshütte
- Krankenhaus St. Nepomuk Erfurt

Mitwirkung bei der Erarbeitung und Bewertung der Ausschreibungen zum Krankenhaus Neuhaus und zum Seniorenheim Pößneck. Für die Anlagen Pößneck, Neuhaus und Studentenwohnheim Ilmenau wurden TRNSYS-Berechnungen vorbereitet und teilweise entsprechend der verfügbaren Daten durchgeführt.

Im Senioren- und Pflegeheim Jena (Realisierung) wurde die Meßtechnik der dortigen Solaranlage überprüft und abgenommen sowie die meßtechnische Programmbegleitung durch Installation der notwendigen Hardware vorbereitet.

Erstellung von Konzept, Arbeitsplan, Finanzplan für das durchzuführende Forschungsmeßprogramm „Überprüfung der Einwirkung von Schadstoffen auf die der Witterung ausgesetzten Materialien, die bei Solaranlagen eingesetzt werden“ . - Referenzmeßstation -

Für den Lehrbetrieb an der TU Ilmenau wurden für / ab dem Herbstsemester 1995 eine Vorlesung Solarthermie erarbeitet und gehalten.

Weiterhin erfolgte die Vorbereitung von drei Praktikumsversuchen als Begleitung der Vorlesung Solarthermie.

#### 1996 erstes Halbjahr:

Durchführung von Besichtigungen mit dem Ziel der Bewertung maßgeblicher Gebäudekomponenten und der Eignung bei nachfolgenden Objekten:

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen
- Studentenwohnheime Unterhof Gießen

- Mensa und Studentenhaus Gießen

Verbrauchsmessungen wurden in folgenden Objekten durchgeführt und abgeschlossen:

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen
- Bodelschwinghof Mechterstädt ( 2. Messung)

Mitwirkung bei der Erarbeitung und Bewertung der Ausschreibungsunterlagen zum Seniorenheim Pößneck. Für die Anlage Pößneck wurden für die drei besten Angebote TRNSYS- Modelle erstellt und die Simulationsrechnungen durchgeführt. Unter Zugrundelegung dieser Ergebnisse wurde in Zusammenarbeit mit der ZfS und dem Solarplaner ein Vergabevorschlag erarbeitet.

Im Senoren- und Pflegeheim Jena erfolgte die meßtechnische Programmbegleitung entsprechend Meßprogramm. Auf der Grundlage dieser Arbeiten erfolgten erste Anlagentoptimierungen.

Für das durchzuführende Forschungsmeßprogramm „Überprüfung der Einwirkung von Schadstoffen auf die der Witterung ausgesetzten Materialien, die bei Solaranlagen eingesetzt werden“ - Referenzmeßstation - wurden die mit Immissionsmeßgeräten bestückte Referenzmeßstation in Betrieb genommen.

Ein Versuchsaufbau für die Untersuchung von Kollektoren ist im Rahmen einer Praktikums- / Diplomarbeit in der Realisierung.

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung / Praktika) durchgeführt.

#### 1996 zweites Halbjahr:

Es erfolgten Kontaktaufnahmen und Vorgespräche zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- Krankenhausumbau Ilmenau
- Domsporthalle Erfurt
- Wohnhaus Leinefelde

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen:

- Südharz-Krankenhaus Nordhausen
- Bodelschwinghof Mechterstädt ( abschließende Messungen )

#### erreichter Stand:

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen:

Durch die Einbeziehung eines BHKW`s in die Gesamtversorgung waren umfangreiche Zusatzuntersuchungen hierzu nötig:

#### Abwärme der Absorptionskältemaschinen:

Die Absorptionskältemaschinen werden im Gebäude „Komplement“ installiert. Dieses Gebäude ist von der Warmwasserbereitung ca. 200m einfache Länge durch bebauten Gebiet entfernt. Diese Strecke müßte durch eine Rohrleitung (Vor- und Rücklauf) mit einem entsprechenden Investitionsaufwand überbrückt werden. Die anfallende Abwärme hat eine Temperatur von 29°C. Die Einspeisung in die Warmwasserbereitung müßte über die Rohrleitungen und zwei Wärmetauscher erfolgen, so daß ein Temperaturniveau von ca. 21°C (pro Wärmetauscher ca. 3K, Leitungsverluste ca. 2K) zur Einspeisung in die Warmwasserspeicher zur Verfügung stünde. Hinzu käme der Aufwand an elektrischer Energie für die Pumpen.

Aufgrund dieser Bedingungen halten wir die Nutzung der Abwärme der Absorptionskältemaschinen nicht für sinnvoll.

Die Firma LIS plant eine Nutzung der Abwärme der Absorptionskältemaschinen für die Raumluftherwärmung im Komplement unter Nutzung vorhandener Verteilsysteme.

#### Wärmeversorgung durch BHKW / Gaskessel:

Entgegen der bisherigen Annahme einer vollständigen Wärmeversorgung über BHKW gliedert sich die Wärmeversorgung für das Krankenhaus sowie an die Versorgung ebenfalls angeschlossene 1300 WE, ein Altenheim mit 156 Plätzen, ein Supermarkt einschl. Fleischerei und eine Gaststätte mit 70 Plätzen durch die Wärmeversorgungsanlage „Nord“ wie folgt:

3 BHKW-Module mit jeweils 0,7 MW<sub>therm</sub> und 3 Gaskessel (1x 3MW<sub>therm</sub> , 2x5 MW<sub>therm</sub>)

Damit entspricht die BHKW-Leistung 13,8% der gesamten thermischen Leistung des Wärmeversorgers von 15,1 MW.

Auch in den Sommermonaten (Juni-September) liegt der Wärmebedarf der o.g. Verbraucher über der Wärmeleistung der BHKW-Module, so daß nahezu immer Kesselkapazitäten zugeschaltet werden müssen. Die Installation einer Solaranlage wirkt sich daher nicht auf den Betrieb der BHKW-Module aus, die bis auf die nötigen Wartungsintervalle im genannten Zeitraum voll durchlaufen (in den vergangenen 20 Monaten, d.h. in 14.600 verfügbaren Stunden war das BHKW 14.500 Stunden in Betrieb), sondern würde zu einer Einsparung von Gas durch geringere Inanspruchnahme der Kessel führen.

Im Verlauf dieser Recherchen war eine zeitintensive Zusammenarbeit mit dem Planer, den Stadtwerken, den Betreibern und Lieferanten von vorhandenen Anlagenkomponenten nötig.

Im Ergebnis zeigt es sich, daß unter bestimmten Bedingungen eine sinnvolle Kombination von solarthermischer Anlage zur Brauchwasserbereitung mit einem BHKW und einer Spitzenlastabdeckung über Erdgaskessel möglich sein kann.

- Anlage „Senioren - und Pflegeheim“ Pößneck:

Anpassung des Meßprogrammes für Datenlogger

Vorbereitung der Messungen vor Ort in Pößneck

Inbetriebnahme der Anlage in Pößneck

Inbetriebnahme der Meßtechnik Anlage Pößneck

Durchführung des Probetriebs

erste Optimierungen der Anlage im Verlauf des Probetriebs

- Anlage „Senioren- und Pflegeheim“ Jena:

Nach Inbetriebnahme der Anlage kam es zu erhöhten Stillstandszeiten aus unterschiedlichen Gründen und Ursachen (siehe hierzu auch Schreiben vom 30.01.1997).

In zeitintensiver Zusammenarbeit mit dem Planer und dem Anlagenbetreiber erfolgte in Auswertung der Meßwerte eine Stabilisierung und nachfolgende Optimierung der Anlage.

Im Ergebnis läuft die Anlage seit 10/96 störungsfrei.

- Referenzmeßstation:

Beginn des Forschungsmeßprogrammes, Einarbeitung in die Anlagentechnik, Wartung und Betreibung der Forschungsmeßanlage

Beschaffung der ersten Referenzkollektoren

Realisierung der ersten Komponente des Außenteststandes

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Praktika, Seminare) durchgeführt.

Erweiterung der Vorlesungsreihe um die Gebiete Solarthermisches Kühlen, Solaroptimiertes Bauen, solaroptimierte Gebäudetechnik und solarunterstützte Nahwärmeverversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen, Seminare ).

1997 erstes Halbjahr:

Es erfolgten Kontaktaufnahmen , Vorgespräche, Gesprächsweiterführung zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- Krankenhausumbau Ilmenau
- Wiederaufnahme der Untersuchungen zum KKH Greiz nach neuem Arbeitsstand in Greiz bzgl. des Vorbereitungsstandes zum Neubauvorhaben

Die Energiezentrale wurde zwischenzeitlich realisiert

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen:

- Wohnhaus Leinefelde
- Südharz-Krankenhaus Nordhausen
- Kreiskrankenhaus Greiz
- Wohnheim L Studentenwerk / TU Ilmenau
- Marienstift Arnstadt

erreichter Stand:

- Südharz-Krankenhaus Nordhausen

Durch die Einbeziehung eines BHKW`s in die Gesamtversorgung waren umfangreiche Zusatzuntersuchungen nötig.

Im Zuge der Recherchen wurden in zeitintensiver Zusammenarbeit mit dem Planer, den Stadtwerken, den Betreibern und Lieferanten von vorhandenen Anlagenkomponenten die Randbedingungen sorgfältig abgeklärt.

Im Ergebnis zeigt es sich, daß eine sinnvolle Kombination von Solarthermischer Anlage zur Brauchwasserbereitung mit einem BHKW und einer Spitzenlastabdeckung über Erdgaskessel möglich ist.

- Anlage „Senioren - und Pflegeheim“ Pößneck:

Messungen vor Ort in Pößneck

Betrieb der Anlage in Pößneck im ersten Betriebsjahr

Erfassung und Auswertung aller relevanten Daten im ersten Betriebsjahr

Optimierungen der Anlage im ersten Betriebsjahr

- Anlage „Senioren - und Pflegeheim“ Jena:

Die Anlage läuft seit 10/96 störungsfrei.

Jahresbericht und Auswertung zum ersten Betriebsjahr

Erfassung und Auswertung im zweiten Betriebsjahr

Überprüfung der Ergebnisse mittels Simulation mit TRNSYS

Optimierungen der Anlage im zweiten Betriebsjahr und Zusammenfassung der Ergebnisse in Vorbereitung des Jahrestreffens in Güstrow

- Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus:

Erstellung des Projektes und der Ausschreibungsunterlagen zur Meßtechnik

Anpassung des Meßprogrammes für Datenlogger

Vorbereitung der Messungen vor Ort in Neuhaus

Beratende Begleitung der Planung und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen zur Anlage

- Referenzmeßstation :

Abarbeitung des Forschungsmeßprogrammes

Weitere Einarbeitung in die Anlagentechnik

Wartung und Betreibung der Forschungsmeßanlage

Vorbereitung des Aufbaus des Außenteststandes ( Fertigstellung geplant für zweites Halbjahr 97 )

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Praktika, Seminare) durchgeführt.

Weiterer Ausbau der Vorlesungsreihen „ Solarthermisches Kühlen, Solaroptimiertes Bauen, solaroptimierte Gebäudetechnik und solarunterstützte Nahwärmeversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen, Seminare ) durch weiteres Material und Einbeziehung zusätzlicher Partner.

- Öffentlichkeitsarbeit:

Aufsätze und Beiträge zur Problematik u.a. im Rahmen energie- und umweltorientierter Einrichtungen ( Arbeitskreis Energieberatung des Freistaates Thüringen, Energie- und Umweltpark Thüringen, Energie- und Umweltverein an der TU Ilmenau, ... )

Teilnahme am Fachinformationskongreß „ Energie und Umwelt ' 97 “ am 18. / 19.03.1997 in Chemnitz mit einem Vortrag zu Solarthermieanwendungen unter Einbeziehung saisonaler Wärmespeicher. Im Ergebnis ergaben sich weitere Kontakte zur Fortführung der Arbeiten.

Teilnahme am „ 1997 WORKSHOP ON LARGE -SCALE SOLAR HEATING “ vom 14. - 16. 05.1997 in Marstal / Dänemark mit einem Kurzvortrag.

Es wurde ein fruchtbarer Informationsaustausch und Diskussionen geführt, verbunden mit einer Besichtigung der zur Zeit weltgrößten solarthermischen Anlage in Marstal und einer Besichtigung der solarunterstützten Nahwärmeversorgung in Hamburg - Bramfeld.

Es ergaben sich national und international interessante Kontakte zu den zur Zeit anstehenden Themenkomplexen .

Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterial zu errichteten Anlagen.

1997 zweites Halbjahr:

Es erfolgten Kontaktaufnahmen und Vorgespräche zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- Senioren- und Pflegeheim „Haus am Sonnenhügel“, Münchenbernsdorf
- 11-geschossiges Wohnhochhaus mit 256 WE in Plattenbauweise , KoWo Erfurt
- Kreiskrankenhaus Sonneberg
- DB AG Geschäftsbereich Werke, Werk Erfurt, Sozialgebäude

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen:

- Kreiskrankenhaus Ilmenau



- Kreiskrankenhaus Greiz
- Erholungsheim des VDK&LWV „Haus am Landgrafenteich“, Nidda-BadSalzhausen
- Marienstift Arnstadt
- Sport- und Mehrzweckhalle Schmalkalden

erreichter Stand:

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen:

Die Firma LIS plant eine Nutzung der Abwärme der Absorptionskältemaschinen für die Raumlüfterwärmung im Komplement unter Nutzung vorhandener Verteilsysteme.

Die Ausschreibungsunterlagen zur Solaranlage „Südharzkrankenhaus“ Nordhausen wurden bis 10/97 einschließlich des Loses Meßtechnik erarbeitet, geprüft und zur Ausschreibung frei gegeben.

- Kreiskrankenhaus Greiz:

Die gesamte Energiebilanz des KKH war, bedingt durch BHKW - Einsatz, unter Einbeziehung der in 1998 neu zu bauenden Teile zu prüfen.

Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit dem im KKH für die HAST zuständigen Ing.-Büro Fohlmann. Die Gesamtbilanz läßt einen Betrieb der beantragten Solarthermischen Anlage innerhalb des Gesamtkonzeptes zu.

- Erholungsheim des VDK&LWV „Haus am Landgrafenteich“, Nidda-BadSalzhausen:

Es erfolgte eine erneute Kontaktaufnahme zum zuständigen Planer, Herrn Prof. Heyne, zur Abklärung der Aufnahmebedingungen zur Aufnahme in das Programm ST 2000.

Die nötigen Informationen und Unterlagen wurden in 1997 nicht mehr zugestellt.

- Marienstift Arnstadt:

Der Vorgang wurde abgeschlossen.

- Sport - und Mehrzweckhalle Schmalkalden:

Es erfolgten umfangreiche Aktivitäten seitens der Bearbeiter TU I zur Informations-einholung und Vorbereitung des Einbaus einer Verbrauchsmeßeinrichtung.

Das Interesse beim Betreiber liegt offensichtlich nicht mehr vor.

- Anlage „Senioren - und Pflegeheim“ Pößneck:

Anlagenbetrieb innerhalb des ersten Jahres mit meßtechnischer Begleitung.

Der Bericht zur ersten Meßperiode wurde erstellt.

- Anlage „Senioren - Pflegeheim“ Jena:

Betrieb im zweiten Jahr mit meßtechnischer Begleitung.

Der Bericht zur 1. Meßperiode wurde erstellt.

Der Vergleich von garantiertem, gemessenem und mit realer Strahlung und Verbrauch nachgerechnetem Solarertrag ergab im Ergebnis einen Nachweis der Garantierfüllung (eta - Garantiewert: 99,20 %, Energiegarantie: 103,36 %).

- Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus:

Inbetriebnahme am 27.08.1997.

Feierliche Einweihung am 05.11.1997 durch den Betreiber unter zahlreicher Teilnahme von Personen des öffentlichen Lebens des Landkreises.

Die Anlage läuft störungsfrei. Es erfolgt die Aufnahme der entsprechenden Meßdaten als Grundlage des im ersten Quartal 1998 zu erstellenden Berichtes zur ersten Meßperiode.

- Wohnhaus Leinefelde:

Entsprechend des Zuwendungsbescheides erfolgte in 11/ 97 die Übergabe der „Randbedingungen für das Leistungsverzeichnis zur Errichtung von Solaranlagen“ für das Projekt Leinefelde an das Planungsbüro igr Ingenieurgesellschaft Dr. Rosenthal und Partner GmbH Leinefelde zur weiteren Planung und Ausschreibung der Solaranlage. Hierzu erfolgten entsprechende Konsultationen vom Planer zum Bearbeiter TU I und die Vorbereitung des Leistungsteiles Meßtechnik.

- Referenzmeßstation:

Durchführung des Forschungsmeßprogrammes, Wartung und Betrieb der Forschungsmeßanlage.

Realisierung des Außenteststandes in 12/97.

Entsprechende Kollektortests können nunmehr an der TU Ilmenau nach dem DST - Verfahren durchgeführt werden. Ein Teststand einschließlich der nötigen Meßwertfassung - und Auswertesoftware steht ab 01/1998 betriebsfähig zur Verfügung.

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Praktika, Seminare) durchgeführt.

Fortführung der Vorlesungsreihe „Solarthermisches Kühlen, Solaroptimiertes Bauen, solaroptimierte Gebäudetechnik und solarunterstützte Nahwärmeversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen, Seminare ).

- Öffentlichkeitsarbeit:

Aufsätze und Beiträge zur Problematik u.a. im Rahmen energie- und umweltorientierter Einrichtungen  
( Arbeitskreis Energieberatung des Freistaates Thüringen, Energie- und Umweltpark Thüringen,  
Energie- und Umweltverein an der TU Ilmenau, ... )  
Vortrag zur „ Energie - und Umwelt 97“ in Chemnitz.  
Teilnahme mit Vortrag zum „1997 WORKSHOP ON LARGE - SCALE SOLAR HEATING“ in Marstal / DK  
Vorträge zum Programm ST 2000 einschließlich des Einsatzes regenerativer Energieträger zur Mitteldeutschen Baufachmesse in Leinefelde.  
Teilnahme an der vom BMBF initiierten Innovationsmesse 09/97 in Leipzig mit Informationsstand.  
Vortrag zur Jahrestagung Solarthermie in Güstrow .  
Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterial zu errichteten Anlagen ( Flyer zu den Anlagen Pößneck und Neuhaus / Poster zur Anlage Pößneck ).

#### 1998 erstes Halbjahr:

Es erfolgten Kontaktaufnahmen und Vorgespräche zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- Senioren- und Pflegeheim „Haus am Sonnenhügel“, Münchenbernsdorf
- 11-geschossiges Wohnhochhaus mit 256 WE in Plattenbauweise , KoWo Erfurt
- Kreiskrankenhaus Sonneberg
- DB AG Geschäftsbereich Werke, Werk Erfurt, Sozialgebäude
- Wohnungsgenossenschaft Gera
- Sozial - Wohnsiedlungsbau Stadt Nürnberg
- Lehrlingswohnheim Gera
- Kurklinik Sachsen
- Kath. Kirche Thüringen

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen:

- Kreiskrankenhaus Ilmenau
- Kreiskrankenhaus Greiz
- DB AG, Bereich Werke Erfurt
- KoWO Erfurt - Objekt 11-geschossiges Wohnhaus Juri - Gagarin - Ring 128 - 130

#### Abschließende Informationen wurden eingeholt zu nachfolgenden Objekten:

- Erholungsheim des VDK&LWV „Haus am Landgrafenteich“, Nidda-BadSalzhausen
- Marienstift Arnstadt
- Sport- und Mehrzweckhalle Schmalkalden

#### aktueller Stand:

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen (in Realisierung seit 05/98 - Inbetriebnahme 09/98) - (Förderkennzeichen: -0329602U):

Durch die Einbeziehung eines BHKW's in die Gesamtversorgung waren umfangreiche Zusatzuntersuchungen nötig.  
Die Anlage ist seit dem 18.05.1998 in der Realisierung. Die Inbetriebnahme ist für 09/1998 vorgesehen.

Wichtige Daten im Überblick :

Kollektorfläche:	716,8 m <sup>2</sup>
Dachaufbau:	Flachdach, 30° Neigung, Süd - Ausrichtung
Systemkosten (incl.):	760.174,64 DM
spez. Anlagenkosten:	1.060,51 DM / m <sup>2</sup> <sub>Koll</sub>
NutzwärmeKosten (berechnet / RaKo):	0,2335 DM / kWh*
NutzwärmeKosten (berechnet / Subm.):	0,2400 DM / kWh*

- Anlage „Wohngebäude“ Leinefelde (Realisierung seit 05/98-Inbetriebnahme in 09/98) - (Förderkennzeichen: -0329602Y):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung eines kpl. sanierten großen Wohngebäudes realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde. Die Kollektoranlage ist auf den sanierten Flachdach aufgeständert.

Wichtige Daten im Überblick:

Kollektorfläche:	164 m <sup>2</sup>
Dachaufbau:	Flachdach, 30° Neigung, Süd - Ausrichtung
Systemkosten (incl.):	197.716,87 DM
spez. Anlagenkosten:	1.205,59 DM / m <sup>2</sup> <sub>Koll</sub>
NutzwärmeKosten (berechnet/Subm.):	0,2389 DM / kWh*

- Anlage „Senioren - und Pflegeheim“ Pößneck (Förderkennzeichen: -0329602J):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung eines Neubaus eines Alten- und Pflegeheimes realisiert.  
Erste Optimierungen der Anlage im Verlauf des Probetriebes.  
Erstes Betriebsjahr 17.01.97 - 16.01-98: - Erfassung, Bearbeitung, Ergebnisse und Bewertung der Ergebnisse zum Garantiertrag.  
Besonderheiten hierbei sind die unterschiedlich ausgerichteten Kollektorfelder und der kellergeschweißte Pufferspeicher.

Wichtige Daten im Überblick:

Kollektorfläche:	118 m <sup>2</sup>
Dachaufbau:	Schrägdach, 15° Neigung, Ausrichtung: Süd 25%, West 75 %

---

Systemkosten (incl.):	118.753,00 DM
spez. Anlagekosten:	1.005,00 DM / m <sup>2</sup> <sub>Koll</sub>
Nutzwärmekosten (berechnet):	0,2600 DM / kWh*
Nutzwärmekosten (1. Betriebsjahr):	0,2194 DM / kWh*

- Anlage Senioren - und Pflegeheim Jena (Förderkennzeichen: -43P3056):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung eines kpl. sanierten großen Senioren - u. Pflegeheimes realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde. In zeitintensiver Zusammenarbeit mit dem Planer und dem Anlagenbetreiber erfolgte in Auswertung der Meßwerte eine Stabilisierung und nachfolgende Optimierung der Anlage, in deren Ergebnis die Anlage seit 10/96 störungsfrei arbeitet.

Erstes Betriebsjahr:	03.04.96 - 02.04.97
Zweites Betriebsjahr:	02.04.97 - 01.04.98

Wichtige Daten im Überblick:

Kollektorfläche:	201 m <sup>2</sup> Dachaufbau: Flachdach, 30° Neigung, Ausrichtung: Süd
Systemkosten (incl.):	240.500,00 DM
spez. Anlagekosten:	1.005,00 DM / m <sup>2</sup> <sub>Koll</sub>
Nutzwärmekosten (berechnet):	0,2058 DM / kWh*
Nutzwärmekosten (1. Meßjahr):	0,2530 DM / kWh*
Nutzwärmekosten (2. Meßjahr):	0,2255 DM / kWh*

- Anlage „Kreiskrankenhaus“ Neuhaus (Förderkennzeichen: 032960G):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung des zum Teil sanierten KKH realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde. Besonderheiten hierbei sind die Zirkulationsunterstützung des WW - Kreislaufs und ein kellergeschweißter Pufferspeicher.

Wichtige Daten im Überblick:

Kollektorfläche:	98,5 m <sup>2</sup>
Dachaufbau:	Flachdach, 30° Neigung, Ausrichtung: Süd
Systemkosten (incl.):	140.038,28 DM
spez. Anlagekosten:	1.421,70 DM / m <sup>2</sup> <sub>Koll</sub>
Nutzwärmekosten (berechnet):	0,2448 DM / kWh*

- Referenzmeßstation:

Beginn des Forschungsmeßprogrammes, Einarbeitung in die Anlagentechnik, Wartung und Betreibung der Forschungsmeßanlage  
Beschaffung der ersten Referenzkollektoren  
Realisierung der ersten Komponente des Außenteststandes

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Praktika, Seminare) durchgeführt.

Erweiterung der Vorlesungsreihe um die Gebiete Solarthermisches Kühlen, Solaroptimiertes Bauen, solaroptimierte Gebäudetechnik und solarunterstützte Nahwärmeversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen, Seminare ).

- Öffentlichkeitsarbeit:

Aufsätze und Beiträge zur Problematik u.a. im Rahmen energie- und umweltorientierter Einrichtungen ( Arbeitskreis Energieberatung des Freistaates Thüringen, Energie- und Umweltpark Thüringen, Energie- und Umweltverein an der TU Ilmenau, ... )

Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterial zu errichteten Anlagen.

Teilnahme an nachfolgenden Veranstaltungen mit eigenen Beiträgen:

“Energie und Umwelt 98“ - Fachinformationskongreß und Ausstellung, 18.-19.03.98 in Freiberg: Bühl,J.: “Solardorf Thüringen - Erfahrungen aus der Planung und Stand der Vorbereitungen“

Regionalmesse im IGZ Rudolstadt-Schwarza am 02.04.98 , Bühl, J.: “Programm Solarthermie 2000 - Erfahrungen und Erkenntnisse in Thüringen“

“Fachtagung Energiespeicher“ im ZTS - Zentrum für Technologieentwicklung Region Riesa-Großenhain am 23.04.1998: Bühl,J.: “Nahwärmelangzeitsspeicher aus GFK-Elementen“

BMBF / OPET -Statusseminar “Solarunterstützte Nahwärmeversorgung - Saisonale Wärmespeicherung am 19. Und 20.05.1998 in Neckarsulm: Bühl,J., Schultheis,P.: “Großwärmespeichertank aus GFK“

1998 zweites Halbjahr:

Es erfolgten Kontaktaufnahmen, Vorgespräche und Gesprächsfortführung zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- 11-geschossiges Wohnhochhaus mit 256 WE in Plattenbauweise , KoWo Erfurt

- Kreiskrankenhaus Sonneberg
- Wohnungsgenossenschaft Gera
- Sozial - Wohnsiedlungsbau Stadt Nürnberg
- Kurklinik Sachsen (wurde an die TU Chemnitz zur weiteren Bearbeitung übergeben)
- Kath. Kirche Thüringen (Jugendferienanlage)
- Jugendseeheim Wulfen / Fehmarn / Träger Ilmkreis / Thüringen
- Wohngebiet „Auf der Rinne“ Heiligenstadt

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen:

- Kreiskrankenhaus Ilmenau
- Kreiskrankenhaus Greiz
- Kreiskrankenhaus Sonneberg (Solar- Roof - Dachelemente, erwartete Nutzwärme-kosten: 0,2225 Pfg. / kWh)
- DB AG, Bereich Werke Erfurt
- KoWO Erfurt - Objekt 11-geschossiges Wohnhaus Juri - Gagarin - Ring 128 - 130 ( Vakuumröhren-Solarkollektor integriert in die Balkonverkleidung unter Verwendung Einbeziehung der Kollektoren)

Abschließende Informationen wurden eingeholt zu nachfolgenden Objekten:

- Erholungsheim des VDK&LWV „Haus am Landgrafenteich“, Nidda-BadSalzhausen
- Marienstift Arnstadt
- Sport- und Mehrzweckhalle Schmalkalden

bisheriger Stand:

- Anlage Senioren - und Pflegeheim Jena (Förderkennzeichen: 0329602C):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung eines kpl. sanierten großen Alten - Pflegeheimes realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde.

In zeitintensiver Zusammenarbeit mit dem Planer und dem Anlagenbetreiber erfolgte in Auswertung der Meßwerte eine Stabilisierung und nachfolgende Optimierung der Anlage, in deren Ergebnis die Anlage seit 10/96 störungsfrei arbeitet.

Erstes Betriebsjahr:	03.04.96 - 02.04.97
Zweites Betriebsjahr:	02.04.97 - 01.04.98
Drittes Betriebsjahr:	02.04.98 - 01.04.99
Nutzwärme-kosten (ber.):	0,2058 DM / kWh

Nutzwärmekosten* (1. Betriebsjahr)	0,2530 DM / kWh
Nutzwärmekosten* (2. Betriebsjahr)	0,2255 DM / kWh
Solargarantieertrag:	erfüllt
Systemnutzungsgradgarantie:	erfüllt

- Anlage „Senioren und Pflegeheim“ Pößneck (Förderkennzeichen: 0329602J):

Erstes Betriebsjahr:	17.01.97 - 16.01.98
Zweites Betriebsjahr:	17.01.98 - 16.01.99
Drittes Betriebsjahr:	17.01.99 - 16.01.00
Nutzwärmekosten* (ber.)	0,2276 DM / kWh
Nutzwärmekosten* (1. Betriebsjahr):	0,2528 DM / kWh
Nutzwärmekosten* (2. Betriebsjahr):	0,2768 DM / kWh
Solargarantieertrag:	erreicht
Systemnutzungsgradgarantie:	erreicht

- Anlage „Kreiskrankenhaus“ Neuhaus (Förderkennzeichen: 0329602G):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung des zum Teil sanierten KKH realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde. Besonderheiten hierbei sind die Zirkulationsunterstützung des WW - Kreislaufs und ein kellergeschweißter Pufferspeicher .

Wichtige Daten im Überblick:

1. Betriebsjahr	27.08.1997 - 26.08.1998
2. Betriebsjahr	27.08.1998 - 26.08.1999
Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,2448 DM / kWh*
Nutzwärmekosten* (1. Betriebsjahr):	0,2857 DM / kWh

- Anlage „Wohngebäude“ Leinefelde (Förderkennzeichen: 0329602Y):

Mit der Anlage wird die Vorwärmung für die WW-Versorgung eines kpl. sanierten großen Wohngebäudes realisiert, welches in Plattenbauweise errichtet wurde. Die Kollektoranlage ist auf den sanierten Flachdach aufgeständert.

Wichtige Daten im Überblick:

1. Betriebsjahr:	10.03.1999 - 09.03.2000
Nutzwärmekosten* (berechnet):	0,2389 DM / kWh



- Südharz - Krankenhaus Nordhausen (in Realisierung seit 05/98 - Inbetriebnahme 09/98) (Förderkennzeichen: 0329602U):

Durch die Einbeziehung eines BHKW's in die Gesamtversorgung waren umfangreiche Zusatzuntersuchungen nötig.

Die Anlage ist seit dem 18.05.1998 in der Realisierung. Die Inbetriebnahme ist für 09/1998 geplant.

Wichtige Daten im Überblick :

1. Betriebsjahr:	07.04.1999 - 06.04.2000
NutzwärmeKosten (berechnet)*:	0,2335 DM / kWh

- Referenzmeßstation:

Beginn des Forschungsmeßprogrammes, Einarbeitung in die Anlagentechnik, Wartung und Betreibung der Forschungsmeßanlage

Beschaffung der ersten Referenzkollektoren

Vorbereitung der ersten Referenzmessung (Kollektor der Fa. UFE Solar GmbH vom Typ Eurostar Tx24 mit TWD)

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Praktika, Seminare) durchgeführt.

Erweiterung der Vorlesungsreihe um die Gebiete Solarthermisches Kühlen, Solaroptimiertes Bauen, solaroptimierte Gebäudetechnik und solarunterstützte Nahwärmerversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen, Seminare ).

- Öffentlichkeitsarbeit:

Aufsätze und Beiträge zur Problematik u.a. im Rahmen energie- und umweltorientierter Einrichtungen

( Arbeitskreis Energieberatung des Freistaates Thüringen, Energie- und Umweltpark Thüringen, Energie- und Umweltverein an der TU Ilmenau, ... )

Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterial zu errichteten Anlagen (Flyer zu den Anlagen Pößneck und Neuhaus / Poster zur Anlage Pößneck / Jena II).

Förderprogramm Solarthermie 2000, Arbeitsgruppentreffen BEO / ZfS mit den Projektgruppen der programmbegleitenden Hochschulen am 25.06.1998 in Berlin

1999 ( 01.01. - 30.11.99)

Es erfolgten Kontaktaufnahmen und Vorgespräche zur möglichen Eignung zu folgenden Objekten:

- Wohnanlage Fasanengarten / Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Arnstadt mbH
- Seniorenheim „Edith Stern“ in Gera-Lusan / der Kath. Kirche
- Jugendseeheim Wulfen / Fehmarn / Träger Ilmkreis / Thüringen
- Wohngebäude (Plattenbau) Heiligenstadt
- Klinikum Suhl
- Kreiskrankenhaus Arnstadt
- Wohnanlage KoWo Erfurt

Zu nachfolgenden Objekten wurden erweiterte Erhebungen und Untersuchungen einschl. Verbrauchsmessungen durchgeführt, nochmals durchgeführt bzw. / und abgeschlossen (incl. der Demontage evtl. Meßtechnik):

- Kreiskrankenhaus Ilmenau
- Kreiskrankenhaus Sonneberg
- DB AG, Bereich Werke Erfurt
- Jugendseeheim Wulfen / Fehmarn / Träger Ilmkreis / Thüringen
- Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt der Stadt Arnstadt mbH / Wohnanlage Fasanengarten

Abschließende Informationen wurden eingeholt zu nachfolgenden Objekten:

- Kreiskrankenhaus Greiz
- DB AG, Bereich Werke Erfurt

Ablehnungsbescheide wurden für nachfolgende Objekte erstellt:

- Kreiskrankenhaus Greiz
- DB AG Geschäftsbereich Werke, Werk Erfurt, Sozialgebäude
- Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt der Stadt Arnstadt mbH / Wohnanlage Fasanengarten

erreichter Stand:

- Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena (Förderkennzeichen: 0329602C):

NutzwärmeKosten (ber.):	0,2058 DM / kWh
<u>Erstes Betriebsjahr:</u>	03.04.96 - 02.04.97
NutzwärmeKosten* (1. Betriebsjahr):	0,2530 DM / kWh
Solargarantieertrag:	erfüllt (103,36%)
Systemnutzungsgradgarantie:	erfüllt (99,20%)
<u>Zweites Betriebsjahr:</u>	02.04.97 - 01.04.98
NutzwärmeKosten* (2. Betriebsjahr)	0,2255 DM / kWh
Solargarantieertrag:	erfüllt (97,43%)

---

Systemnutzungsgradgarantie: erfüllt (97,43%)

Drittes Betriebsjahr: 02.04.98 - 01.04.99  
Nutzwärmekosten\* (3. Betriebsjahr) 0,2538 DM / kWh  
Solargarantieertrag: nicht erfüllt (87,94%)  
Systemnutzungsgradgarantie: nicht erfüllt (88,13%)

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

- Anlage „Senioren und Pflegeheim“ Pößneck (Förderkennzeichen: 0329602J):

Nutzwärmekosten\* (ber.) 0,2276 DM / kWh

Erstes Betriebsjahr: 03.04.96 - 02.04.97  
Nutzwärmekosten\* (1. Betriebsjahr): 0,2528 DM / kWh  
Solargarantieertrag: erfüllt (96,42%)  
Systemnutzungsgradgarantie: erfüllt (96,63%)

Zweites Betriebsjahr: 03.04.97 - 02.04.98  
Nutzwärmekosten\* (2. Betriebsjahr) 0,2768 DM / kWh  
Solargarantieertrag: erfüllt (94,28%)  
Systemnutzungsgradgarantie: erfüllt (98,57%)

Drittes Betriebsjahr: 17.01.99 - 16.01.00

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

- Anlage „Kreiskrankenhaus“ Neuhaus (Förderkennzeichen: 0329602G):

Nutzwärmekosten\* (ber.) 0,2448 DM / kWh

Erstes Betriebsjahr: 28.08.97 - 27.08.98  
Nutzwärmekosten\* : 0,2857 DM / kWh  
Solargarantieertrag: erfüllt (94,90%)  
Systemnutzungsgradgarantie: erfüllt (96,27%)

Zweites Betriebsjahr: 28.08.98 - 27.08.99  
Nutzwärmekosten\* : 0,2890 DM / kWh  
Solargarantieertrag: erfüllt (105,84%)  
Systemnutzungsgradgarantie: erfüllt (105,31%)

Drittes Betriebsjahr: 28.08.99 - 27.08.00

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

- Anlage „Wohngebäude“ Leinefelde (Förderkennzeichen: 0329602Y):

Nutzwärmekosten\* (ber.): 0,2389 DM / kWh

Erstes Betriebsjahr: 10.03.99- 09.03.00

Zweites Betriebsjahr: 10.03.00 - 09.03.01

Drittes Betriebsjahr: 10.03.01 - 09.03.02

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

- Südharz - Krankenhaus Nordhausen (Förderkennzeichen: 0329602U):

Nutzwärmekosten\* (ber.): 0,2390 DM / kWh

Erstes Betriebsjahr: 07.04.99 - 06.04.00

erste Abschätzung zum möglichen Ertrag im ersten Betriebsjahr (vom 17.02.00):

erwarteter Anlagenertrag: 395.270 kWh/a

erwartete Nutzwärmekosten\*: 0,20 DM / kWh

Solargarantievertrag: wird nach Ertrags-Einschätzung erfüllt

Systemnutzungsgradgarantie: wird nach Ertrags-Einschätzung erfüllt

Zweites Betriebsjahr: 07.04.00 - 06.04.01

Drittes Betriebsjahr: 07.04.01 - 06.04.02

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

- Anlage „Klinikum Mansfelder Land - Haus Hettstedt (11/99 von FH Merseburg übernommen) - (Förderkennzeichen: 0329602W):

geplanter Ablauf:

Erstes Betriebsjahr: 16.02.00 - 15.02.01

Zweites Betriebsjahr: 16.02.01 - 15.02.02

Drittes Betriebsjahr: 16.03.02 - 15.03.03

Wichtige Daten im Überblick:

Kollektorfläche: 203 m<sup>2</sup> (153 m<sup>2</sup> Westdach, 50 m<sup>2</sup> Ost-dach )

Dachaufbau: Flachdach

Inbetriebnahme: 09 / 98

vom Bieter garantierter Ertrag: 95.000 kWh/a

spez. Anlagenkosten: 1.320,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll</sub>

Nutzwärmekosten\* (ber.): 0,2461 DM / kWh

( - \* bei relativer Annuität der Systemkosten von 0,0872 - )

Anlagen in Realisierung:

- Anlage „Kreiskrankenhaus“ Sonneberg (Förderkennzeichen: -43P3470)

Kurzinformation:

Kollektorfeld 101 m<sup>2</sup> (Netto) / 20 x Thüsol 5,62- Kollektoren - Dachintegration - Volumen Solarspeicher 5,5 m<sup>3</sup> - Fertigstellung 03 / 00 - Inbetriebnahme 04/00

- Anlage „Kreiskrankenhaus Ilmenau“ (Förderkennzeichen: -43P3492)

Kurzinformation:

Kollektorfeld 168,4 m<sup>2</sup> (Netto) / 34 x SESOL FK5-Kollektoren - Dachintegration - Volumen Solarspeicher 8m<sup>3</sup> (Rechtecksspeicher) - Fertigstellung 03 / 00 - Inbetriebnahme 04/00

### **Anlagen in Ausschreibung / Submission/ Vergabe:**

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

Kurzinformation:

Kollektorfeld ca. 250 m<sup>2</sup> (Netto) - Dachintegration - Pufferspeicher ca. 10 m<sup>3</sup> - Auftragsvergabe 03 / 00

- KoWo Erfurt / Wohnhaus Juri-Gagarin-Ring 128-130 (Förderkennzeichen-43V4090)

Kurzinformation:

Kollektorfeld ca. 150 m<sup>2</sup> (Netto) - Fassadenintegration - Vakuumröhrenkollektoren-Pufferspeicher ca. 10 m<sup>3</sup> - Auftragsvergabe 03 / 00

- Lehre:

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden Lehrveranstaltungen zur Solarthermie (Vorlesung, Seminare) durchgeführt.

Durchführung der Vorlesungsreihe : Solaroptimiertes Bauen, Solaroptimierte Gebäudetechnik und Solarunterstützte Nahwärmeversorgung unter Einbeziehung regional möglicher weiterer regenerativer Energieträger ( Vorlesungen ).

### **Betreuung von studentischen / schulischen Arbeiten:**

Diplomarbeit von Herrn Malte Störring

Betreuer: Dipl.-Ing. Bühl

Thema: „Optimierte Solaranlage im Einkreisssystem mit frostsicher eingebundenen Vakuumröhren zur Warmwasserbereitung sowie zur Heizungsunterstützung für Ein- und Mehrfamilienhäuser“

Verteidigung in 01/99

Diplomarbeit von Herrn Michael Höhn

Betreuer: Dipl.-Ing. Bühl

Thema: „Blockheizkraftwerkstechnik für nichtreguläre Wärmenutzungen“

Verteidigung in 01/99

Facharbeit im Bereich Physik von Herrn Andreas Finn / Klasse 9spez. Goetheschule Ilmenau (Gymnasium)  
Betreuer: Dipl.-Ing. Bühl  
Thema: „Geothermie - Technische Nutzung der Erdwärme“  
Verteidigung in 07/99

- Öffentlichkeitsarbeit:

Aufsätze und Beiträge zur Problematik u.a. im Rahmen energie- und umweltorientierter Einrichtungen  
( Arbeitskreis Energieberatung des Freistaates Thüringen, Energie- und Umweltpark Thüringen, Energie- und Umweltverein an der TU Ilmenau, ... )  
Erstellung und Verbreitung von Informationsmaterial zu errichteten Anlagen ( Einleger zum Flyer Anlage Pößneck und Jena ) und Konzipierung und Erstellung der Flyer zu den Anlagen Südharzkrankenhaus Nordhausen / Wohnhaus Leinefelde.  
Konzipierung und Erstellung von Postern zu den Anlagen Südharzkrankenhaus Nordhausen / Wohngebäude Leinefelde / Kreiskrankenhaus Ilmenau

Teilnahme an nachfolgenden Veranstaltungen mit eigenen Beiträgen:

2.Ilmenauer Workshop Solarthermie, TU Ilmenau, 05.03.1999 in Ilmenau  
Bühl, J. : „ Solarthermie 2000, TP 2 Stand und Ausblick im Bundesland Thüringen“

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 “

Vortrag im Rahmen der Agenda 21, AG Stadtökologie Arnstadt am 16.06.1999 in Arnstadt, Zuhörerkreis: Architekten, Planer, Vertreter der Stadtwerke / Wohnungsbauengesellschaften / Ing.-Büros HAST / Installateure, Bühl, J.: „ Programm Solarthermie 2000, TP 2 und 3 - Stand und Zugangsbedingungen“

Vortrag zum BMWi - Statusseminar „Solarthermie 2000“ Große Anlagen zur Trinkwassererwärmung  
Berlin 30.11.-01.12.1999  
Bühl, J.: „Solaranlage im Senioren- und Pflegeheim Pößneck “

### 3.2 Kompakte Anlagenbeschreibungen

#### 3.2.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena (Förderkennzeichen 0329602C):

Der Antragsteller ist die Stadt Jena.  
Als Projektleiter wurde seitens der Stadt Jena Herr Hera benannt.

Die Objektbewertung erfolgte am 07.03.1994 mit anschließenden Verbrauchsmessungen.

Die Zugangskriterien für das Programm wurden erfüllt.

Im Ergebnis erfolgte die Empfehlung für eine Solaranlage mit ca. 220 m<sup>2</sup> Kollektorfläche zur Aufnahme in das Förderprogramm des BMFT und die Übergabe der Antragsunterlagen.

Mit Schreiben vom 12.06.1995 von BEO an Stadt Jena wurde durch BEO im Ergebnis der Angebotsprüfung ein gemeinsamer Vergabevorschlag empfohlen.

Die offizielle Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 02.04.1996 um 13.00 Uhr.

Erstes Betriebsjahr: 03.04.96 - 02.04.97  
 Zweites Betriebsjahr: 02.04.97 - 01.04.98  
 Drittes Betriebsjahr: 02.04.98 - 01.04.99

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems

#### Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	süd				
Neigung	30°				
Anzahl Kollektoren	28				
Aktive Kollektorfläche	201m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	5m				

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH  
 Bauartzulassung..... :  
 Absorbermaterial..... : Kupfer  
 Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer  
 Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ ..... :  
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm  
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium  
 Zul. Betriebsüberdruck..... :  
 Stillstandstemperatur..... :  
 Konversionsfaktor  $\eta_0$ ..... :  
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ ..... : 3,79 W/(m<sup>2</sup>\*K)  
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ ..... : 0,009 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)  
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93  
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12,5 l / m<sup>2</sup> \* h

#### Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN.....	: Kupfer
Rohr Nennweite.....	: DN 40
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	: 10m
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	: 12m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, $\lambda$ .....	: Mineralwolle im Stahlblechmantel/ verzinkt, 40mm, 0,035 W/(m * K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....	: Mineralwolle alukaschiert, 40mm, 0,035 W/(m * K)

#### 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.....	: 6m <sup>3</sup>
Material Behälter.....	: Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 140mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

#### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Hersteller.....	: Funke GmbH
Typ .....	: 1 x FP20/10
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: 10m <sup>2</sup>
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 m<sup>3</sup> sowie sonn- und feiertags ca. 26 m<sup>3</sup>.

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

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

Um die geforderten 12 l/m<sup>2</sup>\*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 Partikefilter 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<sup>3</sup> Volumen, die wegen der Art ihrer Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet werden. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 12 m<sup>3</sup> 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 Dreiwege thermostatventil 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

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 gantztägig 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' Legiokillanlage maximal bis auf 50 °C vorgewärmt werden. Die Begrenzung erfolgt am Wärmetauscher primärseitig durch ein Dreiwege thermostatventil.

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
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 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
VV	Volumenstrom Kaltwasser	m <sup>3</sup> /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m <sup>3</sup> /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m <sup>2</sup>

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 Aqua-

metro 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 <sup>2</sup> *7d)	Kollektorauslastung pro m <sup>2</sup> und Tag	l/(m <sup>2</sup> *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m <sup>2</sup> *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m <sup>2</sup> und h	l/(m <sup>2</sup> *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

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

Antragsteller ist die Volkssolidarität Pößneck e.V., 07381 Pößneck.

Als Projektleiter wurde seitens der Volkssolidarität e.V. Herr Weißbrich, Geschäftsführer, benannt.

Die Objektbewertung erfolgte durch die TU Ilmenau am 09.05.1995.

Der Warmwasserverbrauch konnte nur auf der Grundlage vergleichbarer Objekte in Zusammenarbeit mit dem Solarplanungsbüro, Dipl.-Phys. Maschke, der ZfS Hilden und der TU Ilmenau abgeschätzt werden.

Nach Aussage von Herrn Vieweg ( PT BEO ) lag zu diesem Zeitpunkt für Senioren- und Pflegeheime mit eigener Küche, Hauswäscherei und Therapiebädern ein täglicher Warmwasserverbrauch von 60 ...70 l / Heimplatz im Bereich des Möglichen.

Das Objekt ist auf 122 Heimplätze ausgelegt und war im Bewertungszeitraum im Durchschnitt mit 102 Plätzen belegt.

Für den Auslegungsverbrauch wurde ein angenommenes Zapfprofil zugrunde gelegt und der Auslegungsverbrauch mit 8 m<sup>3</sup> / d festgelegt.

Unter Berücksichtigung der Standardauslegung ergibt dies eine aktive Kollektorfläche von 120 m<sup>2</sup>.

Die Zugangskriterien für das Programm wurden erfüllt.

Im Ergebnis erfolgte die Empfehlung für eine Solaranlage mit ca. 120 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und einem Pufferspeichervolumen von ca. 6 m<sup>3</sup> zur Aufnahme in das Förderprogramm des BMFT und die Übergabe der Antragsunterlagen.

Mit Schreiben vom 19.06.1995 von BEO an Volkssolidarität Pößneck e.V. wurde durch BEO die Empfehlung zur Aufnahme in das Programm mit Übergabe der formellen Antragsunterlagen mitgeteilt.

Im Ergebnis der Angebotsprüfung wurde mit BEO - Schreiben vom 08.05.1996 in einem gemeinsamer Vergabevorschlag empfohlen, dem Hauptangebot der Fa. Krummrey / Pößneck mit 118,2 m<sup>2</sup> Kollektorfläche den Zuschlag zu erteilen.

Die offizielle Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 17.01.1997.

Erstes Betriebsjahr: 17.01.97 - 16.01.98

Zweites Betriebsjahr: 17.01.98 - 16.01.99

Drittes Betriebsjahr: 17.01.99 - 16.01.00

#### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

##### Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	südost	südwest			
Neigung	15°	15°			
Anzahl Kollektoren	5 2 x 7,5m <sup>2</sup> 3 x 5m <sup>2</sup>	13 10 x 7,5m <sup>2</sup> 3 x 5m <sup>2</sup>			18 12 x 7,5m <sup>2</sup> 6 x 5m <sup>2</sup>
Aktive Kollektor-	29,5m <sup>2</sup>	88,7m <sup>2</sup>			118m <sup>2</sup>

fläche					
Wärmeträger- inhalt					
Höhe über NN	12m	12m			

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH  
 Bauartzulassung..... : 71 328 044  
 Absorbermaterial..... : Kupfer  
 Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer  
 Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ ..... :  
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : gehärtetes Glas, 4mm  
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium  
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 20 bar  
 Stillstandstemperatur..... : 189,4 °C  
 Konversionsfaktor  $\eta_0$ ..... : 0,802  
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ ..... : 3,79 W/(m<sup>2</sup>\*K)  
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ ..... : 0,009 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)  
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,93  
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12,5 l/m<sup>2</sup>\*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,  $\lambda$ ... : Aeroflex 40mm, 0,04 W/m<sup>2</sup>K  
 Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ ... : MiWo 40mm, 0,035 W/m<sup>2</sup>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 ..... : LB 51-Y 61H  
Ausführungsart nach DIN 1988..... :  
Fläche..... : 3,05m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, gelötet

#### Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend, Kellergeschweißt  
Hersteller..... : Sirch GmbH Kaufbeuren-  
Neugablonz  
Typ..... :  
Bauartzulassung..... :  
Volumen je Speicher..... : ca 5,8m<sup>3</sup>  
Material Behälter..... : Stahl  
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 150mm  
Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,04 w/(m\*K)

#### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

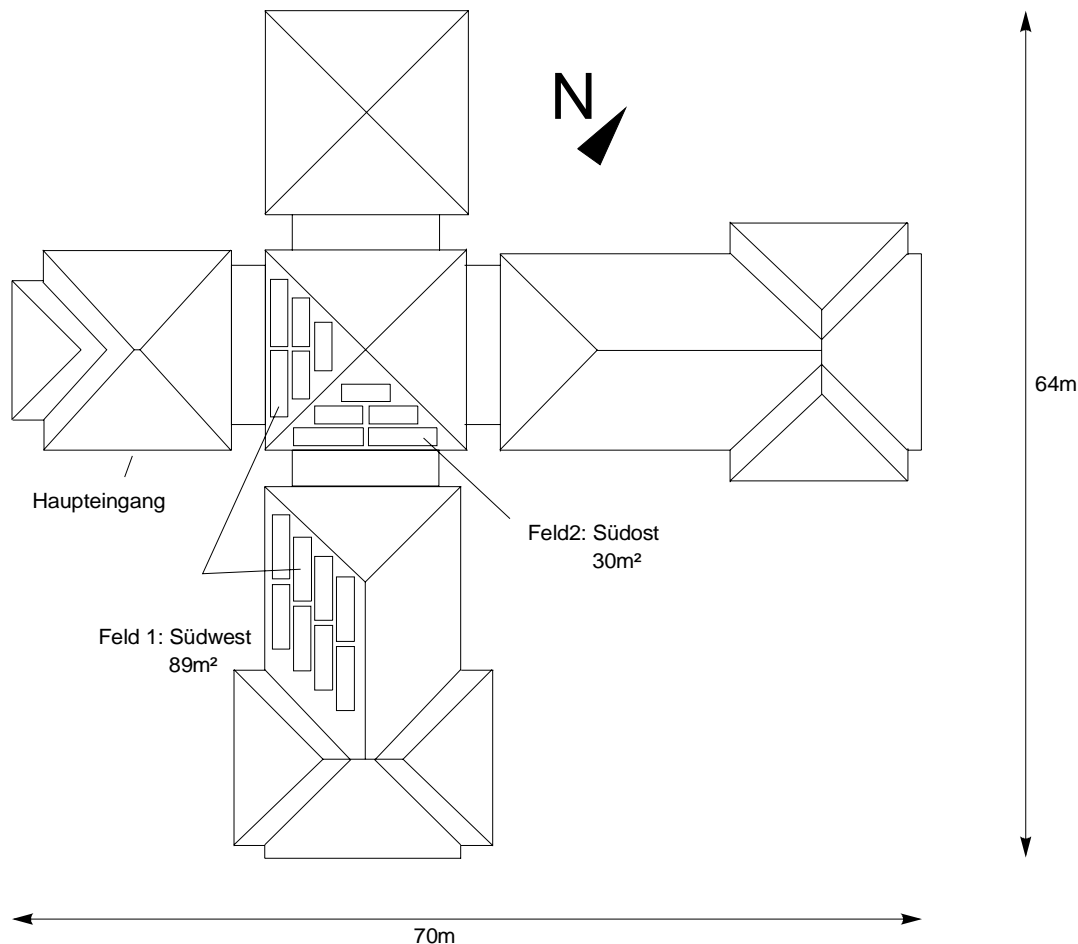
Hersteller..... : Funke GmbH  
Typ ..... : 1 x FP20/10  
Ausführungsart nach DIN 1988..... :  
Fläche..... : 10m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401, geschraubt

#### Regelung Solarkreis

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

#### Objektbeschreibung

Das Senioren- und Pflegeheim Pößneck 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 verschiedene 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  $70 \text{ l/m}^2/\text{d}$  ergibt sich daraus eine Kollektorfäche von ca.  $120 \text{ m}^2$ .

Die Walmdächer des Gebäudes haben eine Dachneigung von  $15^\circ$ .

### Beschreibung der technischen Systeme



### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 18 Solvis - Großkollektoren mit 12 x 7,5m<sup>2</sup> und 6 x 5m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Es besteht aufgrund der stark gegliederten Dachflächen des Gebäudes aus drei getrennten Teilfeldern, welche jeweils einen Strang in Reihe geschalteter Kollektoren bilden. 30m<sup>2</sup> Kollektorfläche sind nach Südost und 90m<sup>2</sup> nach Südwest ausgerichtet. Die aktive Absorberfläche beträgt 118,2m<sup>2</sup>. Die Anlage ist als Low- Flow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programms "Solarthermie 2000" ausgelegt.

Um die geforderten 12 l / (m<sup>2</sup> • 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 m<sup>3</sup> 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 dichtgleich und damit temperaturgleich 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

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 Kollektorstufenwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganzjährig 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 südwest)	°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 <sup>3</sup> /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m <sup>3</sup> /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung	m <sup>3</sup> /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung	m <sup>3</sup> /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m <sup>3</sup> /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
EI2	Globalstrahlung (Kollektorebene, Teilfeld 2 südwest)	
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m <sup>2</sup>

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 <sup>2</sup> *7d)	Kollektorauslastung pro m <sup>2</sup> und Tag	l/(m <sup>2</sup> *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m <sup>2</sup> *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m <sup>2</sup> und h	l/(m <sup>2</sup> *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

### 3.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus (Förderkennzeichen 0329602G):

Antragsteller ist die Kreiskrankenhäuser Neuhaus & Sonneberg gGmbH. Die Objektbewertung erfolgte am 27.10.1994 mit anschließenden Verbrauchsmessungen. Die Zugangskriterien für das Programm wurden erfüllt. Im Ergebnis erfolgte die Empfehlung für eine Solaranlage mit ca. 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche zur Aufnahme in das Förderprogramm des BMBF und die Übergabe der Antragsunterlagen. Die offizielle Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 27.08.1996 .

- 1. Betriebsjahr: 27.08.1997 - 26.08.1998
- 2. Betriebsjahr: 27.08.1998 - 26.08.1999

#### 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 <sup>2</sup>				
Aktive Kollektorfläche	98,4m <sup>2</sup>				
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,  $\lambda$ ..... : 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 $\eta_0$ .....	: 0,802
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient $k_1$ .....	: 3,79 W/(m <sup>2</sup> *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient $k_2$ .....	: 0,009 W/(m <sup>2</sup> *K <sup>2</sup> )
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,93
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 12 l/m <sup>2</sup> *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, $\lambda$ ....	: Aeroflex 38, 25, 25mm, 0,04 W/m <sup>2</sup> K
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....	: Mineralwolle 40mm, 0,04 W/m <sup>2</sup> K

#### Wärmeträger Solarkreis

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

#### Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller.....	: Alfa Laval GmbH
Typ .....	: 10 B51-61H(V22.V22)(2.2)
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: 3,05m <sup>2</sup>
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 <sup>3</sup>
Material Behälter.....	: Stahl
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 200mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2)

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

### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Zirkulation (WT3)

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

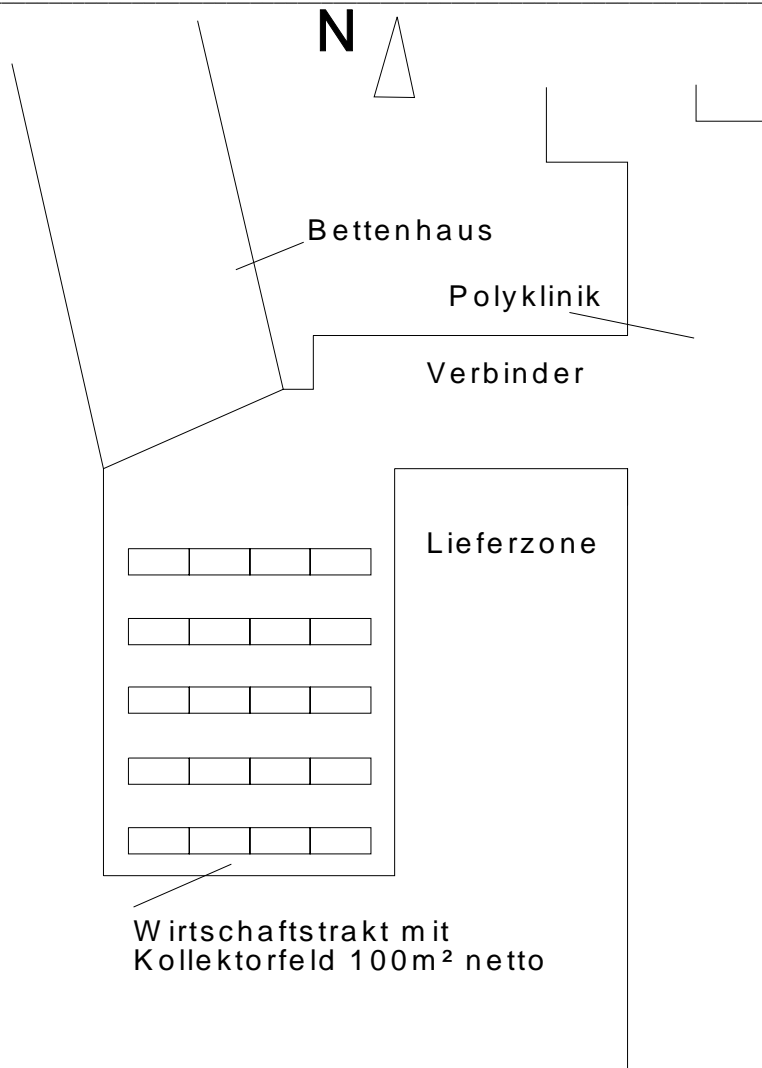
### Regelung Solarkreis

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

### Objektbeschreibung

Das Kreiskrankenhaus Neuhaus liegt am nördlichen Rand der Stadt Neuhaus in unmittelbarer Nähe zu einer Plattenbausiedlung in ca. 840 m Höhe über NN.

Der Krankenhausbau ist bis auf die Poliklinik in Plattenbauweise errichtet wurden. Er besteht aus einem mehrstöckigem Bettenhaus, einem Versorgungstrakt und dem Poliklinikgebäude. Bettenhaus und Versorgungstrakt haben Flachdächer, die Poliklinik ein Schrägdach.



Das Flachdach des Versorgungstraktes ist über eine Wendeltreppe aus erreichbar.

Die Krankenhauskapazität betrug im Antragszeitraum ca.120 Betten.

Der Warmwasserbedarf wurde aus Verbrauchsmessungen abgeleitet und mit 60 l pro Bett und Tag ermittelt.

#### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

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 m<sup>2</sup> in 2 Strängen zu 8 Kollektoren zu einer Gesamtfläche von 98 m<sup>2</sup> verschaltet sind. Aufgrund der Tragfähigkeit der Dachfläche konnte auf eine aufwendige Aufständigungsunterkonstruktion 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

Low-Flow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programms "Solarthermie 2000" ausgelegt.

Um die geforderten 12 L/m<sup>2</sup>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 Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält neben dem 5,5m<sup>3</sup> 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 Fernwärmehheizung 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:

#### 1. Kollektorkreis

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

#### 2. 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.

### 3. 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.

### 4. 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.

### 5. 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.

Schaltschema / Regelung siehe hierzu in der Anlage!

Beschreibung der Meßtechnik

Tabelle 1: 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
TPS12	Temperatur Pufferentladekreis Vorlauf	°C
TWP2	Temperatur Pufferentladekreis Rücklauf	°C
TA1	Temperatur außen	°C
KT	Volumenstrom Kollektorkreis	m <sup>3</sup> /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m <sup>3</sup> /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwasservorwärmung	m <sup>3</sup> /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser Brauchwassererwärmung	m <sup>3</sup> /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m <sup>3</sup> /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m <sup>2</sup>

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 <sup>2</sup> und Tag	l/(m <sup>2</sup> *d)
DURCHS_K	$=KT*1000/(98,4m^2*HP1)$	Wärmeträgerdurchs. pro m <sup>2</sup> und h	l/(m <sup>2</sup> *h)
PUMP_STU	$=HP1/7d$	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

### 3.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde (Förderkennzeichen 0329602Y):

Der Antragsteller zum o.g. Objekt ist die Wohnungsbau- und Verwaltungs- GmbH Leinefelde.

Als Projektleiter wurde seitens des Antragstellers Herr Klingebiel benannt.

Die Objektbewertung erfolgte am 26.05.1997.

Die eingangs aufgeführten Zugangskriterien für das Programm wurden erfüllt.

Im Ergebnis erfolgte die Empfehlung für eine Solaranlage mit ca. 150 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und ca. 7 m<sup>3</sup> Speichervolumen zur Aufnahme in das Förderprogramm des BMFT und die Übergabe der Antragsunterlagen.

Mit Schreiben vom 25.05.1998 an die Wohnungsbau- und Verwaltungs- GmbH / Herrn Hunhold wurde durch BEO im Ergebnis der Angebotsprüfung ein gemeinsamer Vergabevorschlag ( Fa. Tesch & Dietrich Uder ) empfohlen.

Die offizielle Inbetriebnahme der Anlage (Beginn der ersten Meßperiode) erfolgte am 10.03.1999.

1. Betriebsjahr: 10.03.1999 - 09.03.2000

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

#### Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	süd				
Neigung	30°				
Anzahl Kollektoren	24				
Aktive Kollektorfläche	164m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	20m				

Hersteller, Typ..... : Thüsolar GmbH

Bauartzulassung..... :

Absorbermaterial..... : Kupfer

Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer

Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ ..... :

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

Material Kollektorkasten..... : Aluminium

Zul. Betriebsüberdruck..... :

Stillstandstemperatur..... :

Konversionsfaktor  $\eta_0$ ..... : 0,779

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient $k_1$ .....	: 4,21 W/(m <sup>2</sup> *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient $k_2$ .....	: 0,0085 W/(m <sup>2</sup> *K <sup>2</sup> )
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,86
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 12,5 l/m <sup>2</sup> *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, $\lambda$ ...	: MiWo im Alublechmantel/ 30mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ ....	: MiWo 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.....	: Kellergeschweißt
Bauartzulassung.....	:
Volumen je Speicher.....	: 7m <sup>3</sup>
Material Behälter.....	: Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 140mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

### 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 Solarkreis

Hersteller.....	: Resol / Solvis
Typ .....	: E1D / SI-Control

### Objektbeschreibung

Das Wohngebäude steht in einer größeren Plattenbau-Wohnsiedlung im Stadtgebiet von Leinefelde. Eigentümer und Betreiber ist die Wohnungsbau- und Verwaltungsgesellschaft Leinefelde. Leinefelde befindet sich direkt an der Kreuzung der Bundesstraßen B80 und B247 in Nordthüringen.

Die Wohnsiedlung wurde in den siebziger Jahren für die Unterbringung der Beschäftigten des benachbarten Textilwerkes errichtet. Das Gebäude ist zu 100% belegt.

Das Gebäude ist 1970 in fünfgeschossiger 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 WSVO'95 wärmegeklämt.

Das Flachdach des Gebäudes ist 1996 erneuert worden und befindet sich in einem sehr guten Zustand. Die Dachhaut besteht aus miteinander verschweißten Gummibahnen.

Der Gesamtwarmwasserbedarf wurde mit 10m<sup>3</sup>/d festgelegt.

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 24 Großkollektoren mit je 7 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>. Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 11 m<sup>3</sup> pro Tag ausgelegt.

Um die geforderten 12 l/m<sup>2</sup>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 zwei in Reihe geschaltete Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigen-sicher 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 Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher (Solarsspeicher) von 7 m<sup>3</sup> Volumen. Aufgrund der beengten 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 m<sup>3</sup> können ca. 65 % 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 E1/D, steuert ausschließlich die Beladepumpe P2 des Solarsystems. Der als Regler 2 eingesetzte SI-Control übernimmt die Steuerung des Kollektorkreises und die Speicherentladung. Die Kollektorkreispumpe wird bei einer Temperaturdifferenz zwischen Absorber (Kollektor) und Pufferspeicher unten von 6 Kelvin eingeschaltet. Die Hysterese beträgt 2 Kelvin. Ähnlich wird mit der Ansteuerung der Pufferbeladepumpe durch den E1/D verfahren. Die Einschalttemperaturdifferenz zwischen Austritt Wärmetauscher 1 primär und Pufferspeicher unten beträgt 6 Kelvin bei einer Hysterese von 2 Kelvin.

### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Über einen zweiten Wärmetauscher wird die gespeicherte Wärme an das Trinkwasser abgegeben. Bei der beschriebenen Anlage erfolgt dies 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 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 Regler 2, einen SI-Control der Fa. Solvis. 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 konstant gehalten. P3 wird abgeschaltet, sobald die Differenz zwischen der Brauchwassersolltemperatur und dem Ausgang der Primärseite von Wärmetauscher 2 kleiner als 15K ist. Dies ist immer dann der Fall, wenn kein Wasser mehr gezapft und damit im Wärmetauscher keine

Wärme umgesetzt wird. Ein unterer Temperaturgrenzwert für die Speicharentladung ist nicht festgelegt.

### 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 <sup>3</sup> /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m <sup>3</sup> /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m <sup>3</sup> /h
SV	Volumenstrom Kaltwasser	m <sup>3</sup> /h
VV	Volumenstrom Kaltwasser	m <sup>3</sup> /h
VZ	Volumenstrom Zirkulationskreis	m <sup>3</sup> /h
HAT	Volumenstrom Nachheizkreis	m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m <sup>2</sup>



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 <sup>2</sup> *7d)	Kollektorauslastung pro m <sup>2</sup> und Tag	l/(m <sup>2</sup> *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m <sup>2</sup> *HP1)	Wärmeträgerdurchs. pro m <sup>2</sup> und h	l/(m <sup>2</sup> *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

### 3.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (Förderkennzeichen 0329602U)

Antragsteller ist das Südharz-Krankenhaus Nordhausen GmbH.

Als Projektleiter wurde seitens des Südharz-Krankenhauses Herr Teichert benannt.

Die Objektbewertung erfolgte am 20.03.1996.

Die Zugangskriterien für das Programm wurden erfüllt.

Im Ergebnis erfolgte die Empfehlung für eine Solaranlage mit 700 m<sup>2</sup> (aktiver) Kollektorfläche zur Aufnahme in das Förderprogramm des BMBF und die Übergabe der Antragsunterlagen.

Mit Schreiben vom 23.03.1998 wurde durch BEO im Ergebnis der Angebotsprüfung ein gemeinsamer Vergabevorschlag (Firma Solartechnik und Energiespartechnik Meßer Neuhaus) empfohlen.

Die offizielle Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 26.11.1998.

Erstes Betriebsjahr: 07.04.1999 - 06.04.2000

## 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 <sup>2</sup>	332,8m <sup>2</sup>			
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,  $\lambda$ ..... :

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

Material Kollektorkasten..... : Aluminium

Zul. Betriebsüberdruck..... :

Stillstandstemperatur..... :

Konversionsfaktor  $\eta_0$ ..... :

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ ..... : 3,78 W/(m<sup>2</sup>\*K)

Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ ..... : 0,01 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)

Winkelkorrekturfaktor..... : 0,92

Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12 l/m<sup>2</sup>\*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,  $\lambda$ ... : MiWo im Alu-Blechmantel,  
50, 38mm, 0,04 W/(m\*K)

Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ ..... : 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 m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4301, geschraubt

### Pufferspeicher

Anzahl..... : 2  
Hersteller..... : Fa. Pohl, Katzhütte  
Typ..... :  
Bauartzulassung..... :  
Volumen je Speicher..... : 17,5 m<sup>3</sup>  
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..... : 19,1m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4301, geschraubt

### Regelung Solarkreis

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

### Objektbeschreibung

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 m<sup>3</sup> sowie sonn- und feiertags ca. 25 m<sup>3</sup>.



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

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 708,4m<sup>2</sup>.



Abbildung: Detailansichten zum Kollektorfeld einschließlich Aufständering / Tragwerk

Die Anlage ist als Low-Flow-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 m<sup>3</sup> Speichervolumen) im Technikraum der Technischen Versorgung.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 17,4m<sup>3</sup> Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m<sup>3</sup> 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 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 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 Trinkwas-



sermenge 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 <sup>2</sup> Kollektorfläche	l/m <sup>2</sup> *h	12
Kollektorfeldgröße Absorber netto	m <sup>2</sup>	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

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 Entladesystemwärmetauscher 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 ganztägig 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 (Speicherguppe I)	°C
TSV2a	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speicherguppe I)	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Speicherguppe II)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speicherg. II)	°C
TVV1a	Temperatur Brauchwassererwärmung Vorlauf (Speicherguppe I)	°C
TVV2a	Temperatur Brauchwassererwärmung Rücklauf (Speicherguppe I)	°C
TSV1b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Vorlauf (Speicherguppe II)	°C
TSV2b	Temperatur Brauchwasservorwärmung Rücklauf (Speicherg. II)	°C
TVZ1a	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Speicherguppe I)	°C
TVZ2a	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Speicherguppe I)	°C
TVZ1b	Temperatur Zirkulationskreisvorlauf (Speicherguppe II)	°C
TVZ2b	Temperatur Zirkulationskreisrücklauf (Speicherguppe 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 (Speicherguppe I)	°C
TWP2	Temperatur Mischstelle (Speicherguppe 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 <sup>3</sup> /h
SP	Volumenstrom Pufferladekreis	m <sup>3</sup> /h
SS	Volumenstrom Pufferentladekreis	m <sup>3</sup> /h
Sva	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
SVb	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe II)	m <sup>3</sup> /h
Vva	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe I)	
VVb	Volumenstrom Kaltwasser (Speichergruppe II)	m <sup>3</sup> /h
Vza	Volumenstrom Zirkulationskreis (Speichergruppe I)	m <sup>3</sup> /h
VZb	Volumenstrom Zirkulationskreis (Speichergruppe II)	m <sup>3</sup> /h
HT1	Volumenstrom Nachheizkreis (Hauptkreis)	m <sup>3</sup> /h
HT2	Volumenstrom Nachheizkreis (Nebenkreis)	m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>
EI2	Globalstrahlung (horizontal)	W/m <sup>2</sup>

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. Voltmanzzählern (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*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 <sup>2</sup> *7d)	Kollektorauslastung pro m <sup>2</sup> und Tag	l/(m <sup>2</sup> *d)
DURCHS_K	=KT*1000/(201m <sup>2</sup> *HP1)	Wärmeträgerdurchs. Pro m <sup>2</sup> und h	l/(m <sup>2</sup> *h)
PUMP_STU	=HP1/7d	Laufzeit Kollektorkreispumpe pro d	h/d

### 3.2.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt (Förderkennzeichen 0329602W)

Durch Reduzierung der wissenschaftlichen Programmbegleitung und Meßprogramm zum Förderprogramm Solarthermie-2000 von bisher fünf auf drei Hochschulen in den NBL (Neue - Bundes- Länder) machte sich zum Jahresende 1999 eine Umverteilung der Zuständigkeiten der bisherigen Projekte erforderlich.

Entsprechend Festlegung von 11/ 1999 wird die Solaranlage KH Hettstedt nunmehr durch die TU Ilmenau übernommen:

Inbetriebnahme: 09/1998

Die offizielle Anlagenübernahme vor Ort erfolgt am 16.12.1999.

1. Betriebsjahr:16.02.2000 - 15.02.2001

### Technische Daten der Hauptkomponenten des Solarsystems

#### Kollektoren

	Feld 1 (Westdach)	Feld 2 (Ostdach)	Gesamtkollektorfläche
Ausrichtung	15°		
Neigung	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	2 x LB 5,0 3 x LB 6,4 23 x LB 7,6
Aktive Kollektorfläche			203,2
Wärmeträgerinhalt	LB 5,0 : 2,6 l - LB 6,4 : 3,06 l - LB 7,6 : 3,51 l		
Höhe über Grund [m]	15		

Hersteller	WAGNER & Co., Cölbe
Typ	LB 5,0 - LB 6,4 - LB 7,6
Bauartzulassung	06-328-022
Baujahr	1998
Absorbermaterial	Kupfer mit Schwarzchrom/Nickel beschichtet
Material Verrohrung im Kollektor	Kupfer
Material Wärmedämmung;Dicke;λ	Mineralwolle+PU-Schaum; 30+30;
Material Frontabdeckung, Dicke	Sicherheitsglas PROTEXIT M, 4 mm
Material Kollektorkasten	Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck	10 bar
Stillstandstemperatur	189 °C
Konversionsfaktor	0,7893
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient	2,88
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient	0,018
Winkelkorrekturfaktor [%]	0,93
Absorberfläche eines Kollektors	LB 5,0:4,9 m <sup>2</sup> - LB 6,4:6,4 m <sup>2</sup> - LB 7,6:7,6 m <sup>2</sup>
Kollektorabsorberfläche gesamt	203,8 m <sup>2</sup>
Durchsatz [l/m <sup>2</sup> h]	12

## Solarkreis

### Rohrleitung

Einfache Länge Rohrleitung außen	
Einfache Länge Rohrleitung innen	
DN Rohr, Innendurchmesser	DN 32, 28 mm
Material	Stahl und Kupfer
Wärmedämmung Material außen	Armaflex HT
Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	0,035
Wärmedämmung Material innen	Mineralwolle
Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	0,04
Auslegungsvolumenstrom [m³/h]	2,4
Stat. Überdruck am Kollektorfeld	
Stat. Überdruck am Wärmetauscher	2,7 bar

### Sicherheitsventile und Auffanggefäß (Hauptkreis)

Hersteller	GOETZE, Ludwigsburg
Typ	TÜV.SV.97-665.23.D/G/H.0,
Größe Eintrittsquerschnitt	1"
Größe Austrittsquerschnitt	1½"
Anzahl	1
Abblasedruck	
max. zulässige Temperatur	225 °C
Einbauort	Keller
Ablauf	in Behälter
Volumen Auffanggefäß	200 l
Material Auffanggefäß	Stahl

### Sicherheitsventile und Auffanggefäße (Teilfelder)

Hersteller	GOETZE, Ludwigsburg
Typ	TÜV.SV.96-318.15.D/G.0,35.10
Größe Eintrittsquerschnitt	½"
Anzahl	1
Abblasedruck	6 bar
max. zulässige Temperatur	225 °C
Einbauort	3 Stk. Westdach / 1 Stk. Ostdach
Ablauf	auf Dach

### Expansionsgefäß

Hersteller	FLAMCO, Holland
Typ	FLEXCON B425
Bauartzulassung	08-511-060
Volumen	425 l
eingestellter Vordruck	2,2 bar
Zul. Betriebsüberdruck	6 bar

Max. zulässige Temperatur	120 °C (Membran 70 °C)
Aufstellort	Keller

### Umwälzpumpe

Hersteller	WILO, Dortmund-Hörde
Typ	TOP-RS 30/10
Anzahl	1
Auslegung Druck, Förderhöhe	
Anzahl der Stufen	3
Spannung	230 V
Stromstärke	1,65 A
Max. zulässige Temperatur	130 °C

### Wärmeträger

Lieferant	WAGNER & Co., Cölbe
Markenname	DC 20
Konzentration (Fluid : Wasser)	45 : 55
Basisstoff	Propylenglykol mit Inhibitoren
Auslegungstemperatur	- 21 °C

### Wärmetauscher

Hersteller	ALFA-LAVAL, Glinde
Typ	2 x CB 76-420 H in Reihe = CB 76-640 H
Ausführungsart nach DIN 1988	gelötet
Fläche	3,9 m <sup>2</sup>
Material	Edelstahl 1.4401
Druckverl. Bei Auslegungsvol. pri.	120
Druckverl. Bei Auslegungsvol. sek.	133
Max. zulässige Temperatur	225 °C
Max. zulässiger Druck	27 bar

### Speicherladekreis

#### Rohrleitung

Einfache Länge Rohrleitung	6 m
DN Rohr, Innendurchmesser	DN 32
Material	Stahl
Wärmedämmung	Mineralwolle 40 mm
Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	0,04
Auslegungsvolumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	2,2
Fließgeschwindigkeit [m/s]	0,6

### Umwälzpumpe

Hersteller	WILO, Dortmund-Hörde
Typ	TOP S 30/7
Anzahl	1
Auslegung Druck, Förderhöhe	
Anzahl der Stufen	3
Spannung	230 V
Stromstärke	0,83 A
Max. zulässige Temperatur	130 °C

### Pufferspeicher

#### Behälter

Hersteller	GROß, Hohenleuben
Typ	Pufferspeicher vor Ort geschweißt
Anzahl	2
Volumen je Speicher	5500 l
Material	Stahl ST 37-2
Wärmedämmung	Mineralwolle 140 mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung	0,04
Max. zulässiger Überdruck	3 bar
Max. zulässige Temperatur	95 °C (Sicherheitstemperaturbegrenzer)

### Sicherheitsventil

Hersteller	TUXHORN, Bielefeld
Typ	
Größe Eintrittsquerschnitt	1"
Anzahl	1
Abblasedruck	3 bar
Max. zulässige Temperatur	
Einbauort	Keller über MAG
Ablauf	Kanalisation

### Expansionsgefäß

Hersteller	HEAT, Wenden-Gerlingen
Typ	Expansomat
Bauartzulassung	72-511-055X
Volumen	3 x 320 l = 960 l
Eingestellter Vordruck	1,5 bar
Max. zulässiger Betriebsüberdruck	3 bar
Max. zulässige Temperatur	120 °C
Aufstellort	Keller

### Speicherentladekreis

#### Rohrleitung

Einfache Länge Rohrleitung	8 m
----------------------------	-----



DN Rohr, Innendurchmesser	DN 32
Material	Stahl
Wärmedämmung	Mineralwolle 40 mm
Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	0,04
Auslegungsvolumenstrom [m³/h]	Variabel
Fließgeschwindigkeit	

### Umwälzpumpen

#### Entladung Brauchwasser

Hersteller	GRUNDFOS, Wahlstedt
Typ	UPS 40-120/2F
Anzahl	1
Auslegung Druck, Förderhöhe	
Anzahl der Stufen	3
Spannung	230 V
Stromstärke	2,3 A
Max. zulässige Temperatur	120 °C (Peak 140 °C)

#### Entladung Zirkulation

Hersteller	WILO, Dortmund-Hörde
Typ	TOP-RS 30/10
Anzahl	1
Auslegung Druck, Förderhöhe	
Anzahl der Stufen	3
Spannung	230 V
Stromstärke	1,9 A
Max. zulässige Temperatur	130 °C

### Wärmetauscher

#### Wärmetauscher Brauchwasser

Hersteller	ALFA-LAVAL, Glinde
Typ	76-141
Ausführungsart nach DIN 1988	gelötet
Fläche	12,9 m²
Material	Edelstahl 1.4401
Druckverl. bei Auslegungsvol. pri.	16 hPa
Druckverl. bei Auslegungsvol. sek.	16 hPa
Max. zulässige Temperatur	225 °C
Max. zulässiger Druck	27 bar

#### Wärmetauscher Zirkulation

Hersteller	ALFA-LAVAL, Glinde
Typ	76-141
Ausführungsart nach DIN 1988	gelötet
Fläche	2,8 m²

Material	Edelstahl
Druckverl. bei Auslegungsvol. pri.	24 hPa
Druckverl. bei Auslegungsvol. sek.	100 hPa
Max. zulässige Temperatur	225 °C
Max. zulässiger Druck	27 bar

### Regelung

System	Solvis (Si-Control) (Regler1) Funktion: temp.-differenzabhängiges Anschalten der Solarkreispumpe Temp.-differenzregler E1/D (Regler 2) Funktion: temp.-differenzabhängiges Anschalten der Pufferladepumpe Meßer (Regler3) Funktion: Regelung der Pufferspeicherentladung Temp.-differenzregler E1/D (Regler 4) Funktion: temp.-differenzabhängiges Anschalten der Zirkulationspumpe
Hersteller	SOLVIS, Braunschweig / MEßER, Neuhaus / RESOL, Hattingen
Standort	Schaltschrank Regelungstechnik Keller

### Nachheizpumpe

Hersteller	GRUNDFOS, Wahlstedt
Typ	
Anzahl	1
Auslegung Druck, Förderhöhe	
Anzahl der Stufen	1
Spannung	230 V
Stromstärke	3,1 A
Max. zulässige Temperatur	

### Objektbeschreibung

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

Das Kollektorfeld mit einer Gesamtfläche von 203 m<sup>2</sup> ist in zwei Teilfelder unterteilt:  
Westdach - 20 Kollektoren mit insgesamt 153 m<sup>2</sup>  
Ostdach - 8 Kollektoren mit insgesamt 50 m<sup>2</sup>.

Das Objekt ein Neubau ist und demzufolge keine Verbrauchswerte vorlagen, wurde auf die vorliegenden aktuellen Verbrauchsdaten vergleichbarer Krankenhäuser zurück gegriffen.

Ausgelegt wurde die Anlage auf einen Verbrauch von 65 l/Person\*Tag und einen durchschnittlichen Warmwassertagesverbrauch von 14.000 l/d.

Über einen zusätzlichen Wärmetauscher ist es möglich, bei hoher Einstrahlung und/oder geringem Wasserverbrauch den Zirkulationsrücklauf mit über den Solar-speicher mit anzuheben.

#### Datenübersicht:

Systemkosten (incl. ):	267.960,-	DM
Lebensdauer:	20	Jahre
relat. Annuität:	8,72	%
jährlicher sol. Nutzenergieertrag:	95.000	kWh
Absolute Annuität:	23.366,11	DM
Nutzwärmekosten (berechnet):	0,246	DM/kWh

#### Vorgesehener weitere Arbeitsablauf:

Die offizielle Anlagenübernahme vor Ort erfolgt am 16.12.1999.

Die Solaranlage ist seit ca. 1 Jahr in Betrieb. Aufgrund noch nicht abgestellter oder neu hinzugekommener Mängel konnte die 1. Meßperiode noch nicht begonnen werden. Es ist vorgesehen, nach Einbau des reparierten Solarimeters, spätestens im Februar 2000 die offiziellen Messungen zu beginnen.

1. Betriebsjahr:16.02.2000 - 15.02.2001

### 3.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg (Förderkennzeichen: 0329603E)

Aktive Kollektorfläche:	101 m <sup>2</sup>
Kollektoren:	20 x Thüsol 5,62 / Prüfprotokoll Rapperswill Nr. 287 / Hersteller: ThüSolar GmbH
Dachintegration:	zwei Felder
Solarspeicher:	Volumen 5,5 m <sup>3</sup>
Fertigstellung:	I / 2000
Probetrieb:	II / 2000
1. Betriebsjahr:	ab III / 2000
Systemkosten (Vergabe):	135.530,11 DM
spezifische Systemkosten (Vergabe):	1.328,00 DM
solare Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,224 DM / kWh

### 3.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau (Förderkennzeichen 0329602 J)

Aktive Kollektorfläche:	168,4 m <sup>2</sup>
-------------------------	----------------------

---

Kollektoren:	34 x SESOL FK5 / Hersteller: SESOL GmbH Langewiesen
Dachintegration:	ein Feld
Solarspeicher:	Volumen 8 m <sup>3</sup> , Rechteckspeicher
Fertigstellung:	I / 2000
Probetrieb:	II / 2000
1. Betriebsjahr:	ab III / 2000
Systemkosten (Vergabe):	227.518,67 DM
spezifische Systemkosten (Vergabe):	1.351,00 DM
solare Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,234 DM / kWh

### 3.2.9 Anlage Wohnhaus Erfurt (Förderkennzeichen 0329602 G)

Aktive Kollektorfläche:	128,0 m <sup>2</sup>
Kollektoren:	85 x SEIDO 2-4 Vakuumröhrenkollektor Bezugsfläche 1,5 m <sup>2</sup> , Balkon-Integration
Hersteller:	Daimler Benz Aerospace
Solarspeicher:	Volumen 10 m <sup>3</sup>
Fertigstellung:	II / 2000
Probetrieb:	III / 2000
1. Betriebsjahr:	ab IV / 2000
Systemkosten (Vergabe):	340.999,80 DM
spezifische Systemkosten (Vergabe):	2.664,00 DM
solare Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,396 DM / kWh

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

Aktive Kollektorfläche:	216,0 m <sup>2</sup>
Kollektoren:	30 x IMK 8 a 7,2 m <sup>2</sup> akt. Koll.-Fläche
Hersteller:	Sonnenkraft Vertriebs GmbH
Dachintegration:	ein Feld
Solarspeicher:	Volumen 10 m <sup>3</sup>
Fertigstellung:	07 / 2000
Probetrieb:	08 / 2000
1. Betriebsjahr:	ab 09 / 2000
Systemkosten (Vergabe):	308.788,83 DM
spezifische Systemkosten (Vergabe):	1.287,00 DM
solare Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,233 DM / kWh

### 3.3 Bewertung der Meßergebnisse / 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:

Innerhalb des Berichtszeitraumes wurde die dritte Meßperiode abgeschlossen.

##### Folgende Werte wurden für die erste Meßperiode ermittelt:

Tabelle: Ergebnisse zum Garantieertrag

<b>Bezeichnung</b>	<b>Wert</b>
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbedingungen LV	106.069 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	83.485 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	82.902 kWh/a
Systemnutzungsgrad m. Einstrahlung u. Verbrauch aus Randbedingungen LV	49,37%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	42,22%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	41,30%
Faktor zwischen garantiertem und korrigiertem Ertrag	0,8777
mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	80.212 kWh/a

mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahl. und Verbrauch	41,63%
Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. (82.902 kWh/a)/(80.212 kWh/a)*100%	<b>=99,2%</b> <b>&gt;90%</b>
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert (41,3%)/(41,63%)*100%	<b>=103,36%&gt;90%</b> <b>%</b>

Folgende Werte wurden für die zweite Meßperiode ermittelt:

Tabelle: Ergebnisse zum Garantieertrag

Bezeichnung	Wert
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbedingungen LV	106.069 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	99.338 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	92.991 kWh/a
Systemnutzungsgrad mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbedingungen LV	49,37%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	44,50%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	40,25%
Faktor zwischen garantiertem und korrigiertem Ertrag	0,9608
mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	95.440 kWh/a
mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahlung und Verbrauch	42,75%
Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. (92.991 kWh/a)/(95.440 kWh/a)*100%	<b>=97,43%</b> <b>&gt;90%</b>
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert (41,3%)/(41,63%)*100%	<b>=94,16%</b> <b>&gt;90%</b>

Folgende Werte wurden für die dritte Meßperiode ermittelt:

Tabelle: Ergebnisse zum Garantieertrag

Bezeichnung	Wert
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbedingungen LV	106.069 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	93.323 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	82.621 kWh/a
Systemnutzungsgrad mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbedingungen LV	49,37%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	44,23%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	39,52%
Faktor zwischen garantiertem und korrigiertem Ertrag	0,922
mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	93.955 kWh/a
mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahlung und Verbrauch	44,85%
Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. $(82.612 \text{ kWh/a}) / (93.955 \text{ kWh/a}) * 100\%$	<b>=87,95%</b> <b>&lt;90%</b>
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert $(39,52\%) / (44,85\%) * 100\%$	<b>=88,13%</b> <b>&lt;90%</b>

(eine vollständige Übersicht der Berechnung zum Garantieertrag siehe in der Anlage)

#### Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Anhand der Meßdaten kann festgestellt werden, daß die Anlage optimal läuft. Die Anlage hat im dritten Meßjahr den Garantieertrag nicht erbracht. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt konnte eine Ursache für den Minderertrag nicht ermittelt werden. Die Ursachenfindung (Verbrauchsprofil / Belegungszahlen) läuft zur Zeit noch. An der Anlage sind keine Optimierungen notwendig.

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

Meßergebnisse:

Folgende Werte wurden für die beiden abgeschlossenen Meßperioden ermittelt:

Tabelle: Ergebnisse zum Garantieertrag 1. Meßperiode

Bezeichnung	Wert
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	50.548 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	47.195 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	40.961 kWh/a
Systemnutzungsgrad mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	42,91%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Vebr.	37,91%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbr.	32,98%
Faktor zwischen 1 und 3	0,9001
mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	42.482 kWh/a
mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahl. und Verbr.	34,13%
Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. $(82.902 \text{ kWh/a}) / (80.212 \text{ kWh/a}) * 100\%$	<b>=96,42%</b> <b>&gt;90%</b>
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert $(41,3\%) / (41,63\%) * 100\%$	<b>=96,63%</b> <b>&gt;90%</b>

Tabelle 2 Ergebnisse zum Garantieertrag 2. Meßperiode

Bezeichnung	Wert
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	53.183 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	46.385 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	37.415 kWh/a
Systemnutzungsgrad mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	45,39%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Vebr.	39,60%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbr.	33,21%
Faktor zwischen 1 und 3	0,8555



mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	39.684 kWh/a
mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahl. und Verbr.	33,69%
Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. (82.902 kWh/a)/(80.212 kWh/a)*100%	= <b>94,28%</b> > <b>90%</b>
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert (41,3%)/(41,63%)*100%	= <b>98,57%</b> > <b>90%</b>

(eine vollständige Übersicht der Berechnung zum Garantieertrag siehe in der Anlage)

#### Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Die Intensivmeßphase wird im Februar 2000 abgeschlossen sein.  
Optimierungsmöglichkeiten des Solarsystems bestehen aktuell nicht.

### 3.3.3 Kreiskrankenhaus Neuhaus (Förderkennzeichen:0329602G)

#### Meßergebnisse:

Folgende Werte wurden für die erste Meßperiode ermittelt:

Tabelle: Ergebnisse zum Garantieertrag

<b>Bezeichnung</b>	<b>Wert</b>
Solarertrag mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	51.930 kWh/a
Solarertrag mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Verbrauch	47.580 kWh/a
gem. Solarertrag mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbrauch	43.475 kWh/a
Systemnutzungsgrad mit Einstrahlung und Verbrauch aus Randbed. LV	48,63%
Systemnutzungsgrad mit gemessenen Werten für Einstrahlung und Vebr.	43,42%
gem. Systemnutzungsgrad mit gem. Werten für Einstrahlung und Verbr.	40,25%
Faktor zwischen garantiertem und gerechnetem. Ertrag aus Randbed. LV	0,9628
mit Faktor umgerechneter Solarertrag für reale Strahlung und Verbrauch	45.812 kWh/a
mit Faktor umgerechneter Systemnutzungsgrad für reale Strahl. und Verbr.	41,81%

---

Vergl. Solarerträge: erreicht und gar. (43.475 kWh/a)/(45.812 kWh/a)*100%	=94,9% >90%
Vergl. Systemnutzungsgrad erreicht und garantiert (40,25%)/(41,81%)*100%	=96,27% >90%

---

(eine vollständige Übersicht der Berechnung zum Garantieertrag siehe in der Anlage)

#### Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Die Anlage lief im Berichtszeitraum störungsfrei. Es bedarf aktuell keiner Optimierung des Solarsystems.

### 3.3.4 Wohngebäude Leinefelde (Förderkennzeichen:0329602Y)

#### Meßergebnisse: (Berichtszeitraum 06.1999 - 12.1999)

Anhand der Meßdaten kann festgestellt werden, daß die Anlage, nachdem alle Mängel beseitigt wurden, zufriedenstellend läuft.

Bei der Auswertung der ersten Meßergebnisse ist festgestellt worden, daß die Regelung des Kollektor- bzw. des Pufferbeladekreises nicht optimal funktioniert. Die Pufferladepumpe läuft mitunter die ganze Nacht hindurch. Dabei ist zu beobachten, daß der Regler die Pumpe zunächst ordnungsgemäß mit der Kollektorkreispumpe abschaltet. Weiterhin ist festgestellt worden, daß der Förderdruck der laufenden Entladepumpe einen geringen Volumenstrom im Beladekreis verursacht, obwohl nach Aussagen des Planers eine Schwerkraftbremse eingebaut ist.

Erste Abschätzungen des bisher von der Anlage erbrachten Ertrages lassen die Vermutung zu, daß der Garantieertrag im ersten Meßjahr nicht oder nur sehr knapp erbracht wird.

#### Vorschläge zur Optimierung des Solarsystems

Nach Abschluß des ersten Meßjahres und Feststellung des Ertrages muß in Zusammenarbeit mit dem Planer und der Fa. Tesch & Dietrich an der Behebung der oben genannten Probleme gearbeitet werden. Weiterhin sollte geprüft werden, ob im Rahmen der dabei anfallenden Arbeiten vor Ort, der Entladeregler (zur Zeit SI-Control) durch das Meßersystem ersetzt werden kann.

### 3.3.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (Förderkennzeichen:0329602Y)

Meßergebnisse (Berichtszeitraum 06.1999 - 12.1999) / Optimierungsvorschläge:

Die Anlage läuft zum aktuellen Zeitpunkt ohne Beanstandungen.  
Es sind keine Optimierungen des Systems notwendig.

Zum Jahresende wurden erste Abschätzungen zum zu erwartenden Ertrag über den gesamten Zeitraum des ersten Betriebsjahres gemacht (07.04.1999 - 06.04.2000).  
Danach werden die Garantierträge sehr gut erfüllt werden.

(eine vollständige Übersicht der Vorausberechnung zum Garantiertrag siehe in der Anlage)

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

Meßergebnisse / Optimierungsvorschläge

Die Solaranlage war zum Zeitpunkt der Übernahme durch die TU Ilmenau seit ca. 1 Jahr in Betrieb.  
Aufgrund noch nicht abgestellter oder neu hinzugekommener Mängel konnte die 1. Meßperiode noch nicht begonnen werden.  
Es ist vorgesehen, nach Einbau des reparierten Solarimeters, die offiziellen Messungen am 16.02.2000 zu beginnen. Das 1. Betriebsjahr geht dann vom 16.02.2000 - 15.02.2001.

3.4 Kostenbetrachtungen / Garantiefüllung

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

$$\text{Nutzwärmekosten}^* [\text{DM} / \text{kWh}] = \text{Annuität} [\text{DM} / \text{a}] / \text{jährl. Nutzwärmeertrag} [\text{kWh} / \text{a}]$$
  
- 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 Garantiertrag sind in der Anlage enthalten.

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

Systemkosten ( incl. Planung u. MWSt ):      240.500,-      DM

<u>vom Bieter garantierter Ertrag:</u>	101.907	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2058	DM/kWh
<u>Ertrag (1. Betriebsjahr):</u>	82.902	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2530	DM/kWh
<u>Ertrag (2. Betriebsjahr):</u>	92.991	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2255	DM/kWh
<u>Ertrag (3. Betriebsjahr):</u>	82.621	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2538	DM/kWh

Senioren- u. Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena-Lobeda	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag		Systemnutzungs- grad - Garantie		Garantie erfüllt ?	Nutzwärmekosten bei *
		[ % ]	erfüllt ?	[ % ]	erfüllt ?		
Bieter	101.907						0,2058
1. Betriebsjahr	82.902	103,36	ja	99,20	ja	ja	0,2530
2. Betriebsjahr	92.991	97,43	ja	97,43	ja	ja	0,2255
3. Betriebsjahr	82.621	87,94	nein	88,13	nein	nein	0,2538

Senioren- und Pflegeheim Pößneck  
(Förderkennzeichen:0329602J)

Nach der Vergabe (Pt BEO-43 Don/Mi 26.10.99 Pöß-602J) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 97.642,40 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 118.753,00 DM.  
Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.005,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

<u>vom Bieter garantierter Ertrag:</u>	45.500	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2276	DM/kWh

Nach den tatsächlichen Kosten (Pt BEO-43 Don/Mi 26.10.99 Pöß-602J) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 98.842,85 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 128.762,85 DM.  
Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.082,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

<u>Ertrag (1. Betriebsjahr):</u>	40.961	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2742	DM/kWh
<u>Ertrag (2. Betriebsjahr):</u>	37.415	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,3001	DM/kWh

Ertrag (3. Betriebsjahr): 36.577 kWh/a  
 Nutzwärmekosten\* 0,3070 DM/kWh

Senioren- u. Pflegeheim Volkssolidarität Pößneck e.V. Pößneck	Ertrag [kWh/a]	Solargarantie- ertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- grad - Garantie [ % ] erfüllt ?	Garantie erfüllt ?	Nutzwärmekosten bei * [ DM / kWh]
Bieter	45.000				0,2276
1. Betriebsjahr	40.961	96,42 ja	96,63 ja	ja	0,2742
2. Betriebsjahr	37.415	94,28 ja	98,57 ja	ja	0,3001
3. Betriebsjahr	36.577	88,43 nein	98,57 ja	ja	0,3070

Kreiskrankenhaus Neuhaus  
 (Förderkennzeichen:0329602G)

Nach der Vergabe (Pt BEO-43 Don/Mi 26.03.1999 NEU-602G) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 114.875,73 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 140.346,54 DM.  
 Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.403,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

vom Bieter garantierter Ertrag: 50.000 kWh/a  
 Nutzwärmekosten\* 0,2448 DM/kWh

Nach den tatsächlichen Kosten (Pt BEO-43 Don/Mi 26.03.1999 NEU-602G) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 115.918,57 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 142.448,57 DM.  
 Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.425,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

Ertrag (1. Betriebsjahr): 43.475 kWh/a  
 Nutzwärmekosten\* 0,2857 DM/kWh

Ertrag (2. Betriebsjahr): 42.978 kWh/a  
 Nutzwärmekosten\* 0,2890 DM/kWh

Kreiskrankenhaus Neuhaus	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- grad - Garantie [ % ] erfüllt ?	Garantie erfüllt ?	Nutzwärmekosten bei * [ DM / kWh]
Bieter	50.000				0,2448
1. Betriebsjahr	43.475	94,90 ja	96,27 ja	ja	0,2857
2. Betriebsjahr	42.978	105,84 ja	105,31 ja	ja	0,2890

Wohngebäude Leinefelde  
(Förderkennzeichen:0329602Y)

Nach der Vergabe (Pt BEO-43 Don/Mi 04.05.1998 LEI-602Y) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 164.476,33 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 197.716,87 DM.  
Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.005,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

<u>vom Bieter garantierter Ertrag:</u>	72.160	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,239	DM/kWh

Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen  
(Förderkennzeichen:0329602Y)

Nach der Vergabe (Pt BEO-43 Don/Mi 26.08.1999 NO2-602U) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 784.799,62 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 881.802,58 DM.  
Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.242,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

<u>vom Bieter garantierter Ertrag:</u>	72.160	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2335	DM/kWh

Nach den tatsächlichen Kosten (Pt BEO-43 Don/Mi 26.08.1999 NO2-602U) betragen die Investitionskosten für die Solartechnik 810.393,62 DM und die Kosten für die Gesamtanlage einschließlich Planung und MWSt. 906.698,96 DM.  
Daraus resultieren spezifische Anlagenkosten von 1.266,00 DM / m<sup>2</sup><sub>Koll.</sub>.

erwarteter Ertrag im 1. Betriebsjahr nach		
Schätzung in 11/99 nach ¾ -Meßjahr:	395.000	kWh/a
Nutzwärmekosten*	0,2002	DM/kWh

Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt  
(Förderkennzeichen: 0329602 W)

Systemkosten,ber. (incl. Planung + MWSt ):	267.960,-	DM
Lebensdauer:	20	Jahre
relat. Annuität:	8,72	%
jährlicher solarer Nutzenergieertrag:	95.000	kWh
Absolute Annuität:	23.366,11	DM

---

Nutzwärmekosten:	0,246	DM/kWh
------------------	-------	--------

Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg  
(Förderkennzeichen: 0329602 E)

Systemkosten (Vergabe):	135.530,11	DM
spezifische Systemkosten (Vergabe):	1.328,00	DM
solare Nutzwärmekosten (berechnet)*:	0,224	DM / kWh

### 3.5 Zusammenfassung

Es hat 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.

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

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.

Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Firma Pleitz war akzeptabel, wegen bei der Einstellung und Inbetriebnahme sowie bei der Nachbereitung verbesserungswürdige Arbeit geleistet wurde. Es kann eindeutig festgestellt werden, daß ein großer Teil der Stillstandszeiten im Juni und Juli 1996 durch gewissenhafte Arbeit seitens der Firma Pleitz vermeidbar gewesen wären.

Im Rahmen der Jahreskontrolle 1998 wurde eine undichte Tauchhülse festgestellt.

Die Garantiebedingungen wurden im ersten und zweiten Meßjahr erfüllt.

Die Anlage wird nicht mehr im Intensivmeßprogramm begleitet.

Senioren- und Pflegeheim Pößneck  
(Förderkennzeichen:0329602J)

Die Anlage läuft im Erfassungszeitraum störungsfrei.

Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Firma Krummrey war akzeptabel. 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.

Die Garantiebedingungen wurden im ersten und zweiten Meßjahr erfüllt.

Kreiskrankenhaus Neuhaus  
(Förderkennzeichen:0329602G)

Die Anlage lief im Erfassungszeitraum störungsfrei. Im Juni 1998 (18.06.) wurde durch die Firma Meßer ein anderer Entladeregler eingebaut. Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Firma Meßer war sehr gut. Es mußten bisher keine Nachbesserungsarbeiten ausgeführt werden.

Die Garantiebedingungen wurden im ersten und zweiten Meßjahr erfüllt.

Wohngebäude Leinefelde  
(Förderkennzeichen:0329602Y)

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im September 1998. Aufgrund von noch abzustellenden 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, verdeckte Mängel ( verstopfte Wärmetauscher, Luft im Kollektorkreis, nicht korrekt eingestellter Entladeregler). Die Mängel konnten erst im Verlaufe des Monats Mai 1999 vollständig beseitigt werden.

Die handwerkliche Ausführung der Anlage durch die Fa. Tesch & Dietrich (Solarsystem) und die Fa. Thüsolar (Meßtechnik) waren befriedigend. Es mußten zum Teil erhebliche Nachbesserungsarbeiten ausgeführt werden, wobei Ausführung und Qualität des Kollektorfeldes ohne Beanstandung waren.

Im Berichtszeitraum war noch keine Meßperiode abgeschlossen, so daß Aussagen über die Erfüllung des Garantieertrages nicht möglich sind.



#### Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (Förderkennzeichen:0329602Y)

Die Fertigstellung der Anlage erfolgte im September 1998. Nach der Abnahme der Anlage und der Installation der Meßtechnik wurde der Probetrieb am 26. Oktober aufgenommen und nach 6 Wochen beendet.

Wenige Wochen nach Inbetriebnahme der Anlage fielen die Volumenzähler des Zirkulationskreises aus (Überlastung durch Unterdimensionierung).

Ab diesem Zeitraum lief die Anlage ohne Komponentenausfälle.

Die offizielle Übergabe der Anlage an den Betreiber erfolgte am 27. November 1998. Die Ertragsfassung konnte erst am 07. April 1999 begonnen werden, da die Volumenzähler in den Zirkulationskreisen ersetzt werden mußten.

In 1999 sind Unregelmäßigkeiten in den Entladekreisen bei der Vorwärmung des Brauchwassers festgestellt worden. Diese Unregelmäßigkeiten haben keinen Einfluß auf die Erfüllung der Garantiebedingungen.

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

Im Berichtszeitraum war noch keine Meßperiode abgeschlossen, so daß verbindliche Aussagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung über die Erfüllung des Garantieertrages nicht möglich sind. Es wird eine sehr gute Erfüllung: Ertrag / Systemnutzungsgrad erwartet.

#### 4. Ausblick und weiterführende Untersuchungen

Auf dem (solarthermischen) Kollektormarkt waren im Zeitraum von 1990 - 1999 hohe jährliche Wachstumsraten von 25 % zu beobachten. /31/

Der deutsche Markt ist mittlerweile der bedeutendste in Europa. Allein 1996 wurden etwa 360.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert. Insgesamt war mit 1,7 Mio m<sup>2</sup> Kollektorfläche 1996 in Deutschland und damit die größte Fläche in Europa installiert. /31/

Die auf 1000 Einwohner bezogene Fläche (10 m<sup>2</sup> / 1000 Einwohner) zeigt jedoch, daß Deutschland weit hinter der installierten Fläche klimatisch ähnlicher Länder bei in etwa vergleichbaren Wachstumsraten zurückliegt (z.B. Österreich 70 m<sup>2</sup> / 1000 Einwohner). Angesichts dieser Zahlen zeigt auch das Handwerk zunehmend Interesse an der Solartechnik. /31/

Vom Deutschen Fachverband Solarenergie e.V. (DFS) wurde eine "Vision Solarmarkt" entwickelt, nach der bis zum Jahr 2010 in Deutschland ca. 10 Mio m<sup>2</sup> 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 Solarenregienutzung. /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.

Über ST 2000,TP2 wurde dort die erste Solaranlage zur Trinkwasservorwärmung mit ca. 120 m<sup>2</sup> Kollektorfläche gefördert und realisiert. Nach dem erfolgreichen Anlauf die-

ser Anlage wurden über weitere Förderprogramme (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück; Thüringer Ministerium für Wirtschaft und Infrastruktur) drei weitere Solaranlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von ca. 120 m<sup>2</sup> in anderen Bereichen des Zentrums errichtet. Zur Zeit wird bei der Sanierung einer denkmalgeschützten Villa, die zur Nutzung zum "betreuten Wohnen" umgebaut wird, eine Solaranlage mit ca. 35 m<sup>2</sup> Kollektorfläche errichtet. Durch den Einsatz dachflächenangepaßter Kollektoren wird dabei eine architektonisch sehr ansprechende Lösung realisiert.

In Pößneck kommen aktuell auf 1000 Einwohner ca. 14,4 m<sup>2</sup> Solarkollektorfläche und es liegt damit deutlich über den Bundesdurchschnitt.

Nicht von ungefähr wurde am 30. Juli 1998 anlässlich des 11. Sonnenforums, welches in Zusammenarbeit der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) mit der Internationalen Solar Society (ISS) in Köln stattfand, einer der fünf begehrten "Sonnen-Oskars", erstmals in den Osten Deutschlands und erstmals an einen gemeinnützigen Verein vergeben.

In seiner Laudatio hob Prof. Dr. Götzberger auch, neben der Vorreiterrolle des gemeinnützigen Vereins, die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen, vor allem der TU Ilmenau, hervor. /46/

Der erhebliche Beitrag, den die Solarthermie in Verbindung mit modernen Heizungsanlagen 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 (1993 - 2002) ausgelegt

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 1 des Programmes im Freistaat Thüringen beschrieben und abgerechnet.

Mit Antrag vom 30.07.1999 sowie Schreiben vom 07.10.1999 wurde die Weiterführung der wissenschaftlichen Programmbegleitung und Meßprogramm Solarthermie - 2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 2) ab 11/1999 beantragt.

Im Rahmen des wissenschaftlich-technischen Begleitprogramms (in der Phase 2) sollen im wesentlichen nachfolgende Ziele erreicht werden:

- Demonstration der technischen Einsatztauglichkeit von aktiven thermischen Solaranlagen 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

In der Projektphase 2 (1999- 2002) liegen die Schwerpunkte 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 Solar-  
komponenten )

Im Projektansatz wurde davon ausgegangen, daß im FS Thüringen im Zeitraum 1994 - 2002 ca. 17 Solaranlagen ( unter der Annahme einer ungleichmäßigen zeitlichen Verteilung) errichtet werden. Da in der Phase 1 acht Anlagen errichtet wurden, ist dieser Ansatz durchaus realistisch und erreichbar.

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 sechs Anlagen gleichzeitig und intensiv zu betreuen, wobei der Anteil der sich in der Langzeitbetreuung befindlichen Anlagen dazu permanent ansteigt.

Dazu ist möglicherweise zu erwarten, daß u.U. sich eine Langzeitmeßphase durchaus auch zur "Störfallanalyse" entwickeln kann, wobei der Aufwand durch das dann nötige Intensivmeßprogramm zusätzlich steigen kann und mindestens sieben Anlagen intensiv zu betreuen sind.

Die Zuverlässigkeit der Einzelkomponenten von thermischen Solaranlagen hat beim aktuellen (erreichten) Stand der Technik bereits ein beachtliches Niveau erreicht:

Eine Solaranlage besteht neben den Kollektoren, die in Grundtypen nunmehr von einer ganzen Anzahl von Herstellern in guter Qualität, mit entsprechenden Zertifikaten und Bauartzulassung versehen, angeboten werden, überwiegend aus Komponenten, die der konventionellen Heizungstechnik zuzuordnen sind, wie z.B. Pufferspeicher / Wärmetauscher / Pumpen / Rohrleitungen / Ventile / teilweise auch Regelungstechnik / Wärmedämmmaterial,....

Der Anspruch besteht hier in der effizienten Auslegung und Bemessung zu einem optimalen "Gesamtsystem Solaranlage" und dessen Einbindung in das konventionelle Heizungssystem, sowie die Optimierung der dazugehörigen Regelungstechnik. Dies stellt in seiner Gesamtheit hohe Anforderungen an den Fachplaner und das installierende Handwerk. Die adäquaten technischen Lösungen werden z.Zt. nur von einem "kleinen Kreis" spezieller Anbieter beherrscht. Die Mehrheit verfügt noch nicht über das komplette Know How einschließlich der nötigen zusätzlichen Installationsfertigkeiten.

Die Solarenergienutzung im Bereich der Niedertemperaturwärme beschränkt sich z.Zt. immer noch aus Kostengründen überwiegend vor allem auf die Warmwasserbereitung. Die thermische Nutzung der Sonnenenergie im Niedrigenergiebereich besitzt unter günstigen Voraussetzungen hier bereits gute Marktchancen. Dies ist auch mit den erreichten Ergebnisse der in der Phase 1 des Programms ST 2000, TP2 bisher errichteten belegbar.

In der Verbesserung der Solarkomponenten und daraus resultierend einer deutlichen Verlängerung der Lebensdauer dieser Komponenten liegen bedeutende Kostendegressionspotentiale.

Im Teilprogramm 1 des Programms wurde durch die ZfS das Langzeitverhalten von thermischen Solaranlagen im bundeseigenen Bereich untersucht, die im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogrammes (ZIP) im Zeitraum 1978 -1983 installiert wurden. Ein Hauptergebnis ist, daß eine Lebenserwartung der Solaranlagen von über 20 Jahren nachgewiesen werden konnte. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann daher künftig bei entsprechend angepaßter Annuität die Obergrenze für die solaren Nutzwärmekosten auf maximal 0,25 DM / kWh reduziert werden.

Die weiteren Ergebnisse der Untersuchungen, die in 07/97 abgeschlossen wurden (Lit.: „Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen“, Eigenveröffentlichung der: ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH, Hilden 1997) werden u.a. im Verlauf der Installationsphasen der Teilprogramme 2 und 3 , bei TP 2 in Projektphase 1 und 2 berücksichtigt. Dadurch sollen insbesondere die Langzeitbeständigkeit und damit deren Wirtschaftlichkeit weiter verbessert, eine höhere Planungssicherheit erreicht, sowie noch erforderlicher Forschungsbedarf bestimmt werden.

Die überwiegend am Markt angebotenen Solarsysteme für die Warmwasserbereitung im Hausbereich zeigen die Tendenz zur Erreichung eines möglichst hohen solaren Deckungsanteiles, d.h., der spezifische Energieeintrag des Systems ( $\text{kWh} / \text{m}^2_{\text{Kollektorfläche}}$ ) soll durch hocheffiziente Komponenten maximiert werden. Das Preis / Leistungsverhältnis ( $\text{DM} / \text{kWh}_{\text{solare Nutzwärme}}$ ) wird aber dadurch bei kleinen bis mittleren Anlagengrößen immer ungünstiger.

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

Daraus resultierend ist der Anstoß, die Entwicklung energie- und wassersparender Sanitärkonzepte im Verbund mit Solaranlagen zur Warmwasserbereitung für Alt- und Neubauten zu initiieren.

## 5. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan

Arbeitsgrundlage sind die bestätigten Arbeitspläne.

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.

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 bekannt gewordene F- und E-Ergebnisse Dritter

Die ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH in Hilden hat zur Programmhälfte das Buch „Solare Trinkwassererwärmung mit Großanlagen“ herausgegeben.

Enthalten sind hier u.a. typische Warmwasserverbrauchswerte, Auslegungshinweise, eine allgemeine Kostenanalyse und erste Ergebnisbewertungen aller Anlagen im Gesamtprogramm ST 2000-TP 2.

In der gesamten Bearbeitungszeit der Phase 1 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 Frauenhofer - Gesellschaft)  
RSWB (Raumordnung, Städtebau, Wohnungswesen, Bauwesen des IRB)

Lieferrnachweis für das dynamische Simulationsprogramm TRNSYS 14.1 für Windows:  
TRANSOLAR, Nobelstraße 15, 70569 Stuttgart

## 8.2 Literaturverzeichnis:

- 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 Störing / 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



## 9. Erfolgskontrollbericht

Der Bericht ist den Exemplaren des BMWI / BEO als externe Anlage beigelegt.

## 10. Kurzfassung des Schlußberichtes

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 1 des Programmes ST 2000 TP2 im Freistaat Thüringen beschrieben und abgerechnet.

Die Grundlage für die Projektdurchführung 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.

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

Senioren- und Pflegeheim Käthe Kollwitz in Jena

Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität in Pößneck

Kreiskrankenhaus Neuhaus

Wohngebäude Gaußstraße der Wohnungsbau- u. Verwaltungs GmbH Leinefelde in Leinefelde

Südharzkrankenhaus Nordhausen

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt

Kreiskrankenhaus Ilmenau

Wohngebäude Juri - Gagarin - Ring Erfurt der Kommunalen Wohnungsbau-gesellschaft mbH Erfurt in Erfurt

Kinder - und Erholungszentrum (KIEZ) in Güntersberge

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, mit der in den Anlagen eingebauten Meßtechnik jederzeit die für die Funktion der Anlage relevanten Daten abrufen zu können.

Die Garantiebedingungen wurden für alle Anlagen innerhalb des Berichtszeitraumes erfüllt.

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

Die Projektziele wurden erreicht.

## 11. Ergebnis

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

Zusammenfassung:

Im Berichtszeitraum wurden neun 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 erfüllt.

Die Ergebnisse aus der Projektphase 1 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

03.08.2000

Leiter AG regenerative Energien und Umweltmeßtechnik  
Projektleiter

## 12. Anlagen - Verzeichnis

Anlage 1      Senioren-und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“, Jena Lobeda  
(Förderkennzeichen: 0329602C):

Flyer zur Anlage  
Hydraulikschema der Solaranlage  
1. Meßperiode ( 04/96 - 0/97):  
    Berechnung zum Garantiertrag  
    Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
    Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad

- Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)
2. Meßperiode (04/97 - 03/98)  
Berechnung zum Garantiertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)
3. Meßperiode (04/98 - 03/99)  
Berechnung zum Garantiertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)

Anlage 2      Senioren-und Pflegeheim der Volkssolidarität Pößneck e.V., Pößneck  
(Förderkennzeichen: 0329602J):

- Flyer zur Anlage  
Hydraulikschema der Solaranlage
1. Meßperiode ( 01/97 - 01/98):  
Berechnung zum Garantiertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)
2. Meßperiode ( 01/98 - 01/99):  
Berechnung zum Garantiertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil

Anlage 3      Kreiskrankenhaus Neuhaus, Neuhaus am Rennweg  
(Förderkennzeichen: 0329602G):

- Flyer zur Anlage  
Hydraulikschema der Solaranlage
1. Meßperiode ( 08/97 - 08/98):  
Berechnung zum Garantiertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)

Ertrag (Zirkulation / Ertrag aus Solarsystem für Zirkulationsnachheizung)  
2. Meßperiode ( 08/98 - 08/99):  
Berechnung zum Garantieertrag  
Zapfverbrauch / Anlagenauslastung  
Einstrahlung / Ertrag / Systemnutzungsgrad  
Ertrag / Energie für Zapfverbrauch / Deckungsanteil  
Energie (Ertrag aus Solarsystem / Nachheizung / Energie f. Zapfverbrauch / Zirkulation)  
Ertrag (Zirkulation / Ertrag aus Solarsystem für Zirkulationsnachheizung)

Anlage 4      Wohngebäude Gaußstraße der Wohnungsbau- und Verwaltungsgesellschaft GmbH Leinefelde, Leinefelde  
(Förderkennzeichen: 0329602Y):

Flyer zur Anlage  
Hydraulikschema der Solaranlage

Anlage 5      Südharzkrankenhaus Nordhausen, Nordhausen  
(Förderkennzeichen: 0329602U):

Flyer zur Anlage  
Hydraulikschema der Solaranlage