

# “Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie-2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 3)“

## Schlussbericht / Sachbericht

Förderkennzeichen:

**03296010**

Jürgen Bühl, Matthias Müller,  
Andreas Nilius



### **Kurzreferat**

1994-2007 wurden im Programm Solarthermie2000, Teilprogramm 2 bisher große solarthermische Anlagen initiiert und wissenschaftlich - technisch begleitet. Mit der Programmdurchführung ist in Thüringen die TU Ilmenau (Arbeitsgruppe Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidodynamik an der Fakultät für Maschinenbau) beauftragt. Gegenstand dieses Berichtes ist die Phase 3 ( Laufzeit: 01.10.2003 – 31.08.2007 ).

Innerhalb des Programms ST2000,TP2 betreut die Projektgruppe ST-2000 / 2000plus zum Zeitpunkt der Berichterstellung 19 solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche von 3.426,1 m<sup>2</sup> in Thüringen und Sachsen-Anhalt.

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

### **Schlagwörter**

Solarthermie 2000 / Solarthermie2000plus  
Solarkollektor  
messtechnische Begleitung und Überwachung  
Solarer Garantievertrag  
Brauchwasservorwärmung  
Pufferspeicher  
GFK – Wärmespeicher (Glasfaserverstärkte Kunststoffe)  
GFK – Wärmetank  
Integrale Wärmedämmung  
BES (Be- und Entladesysteme)  
Nutzwärmekosten  
Wohnungsübergabestation  
Solarautarke Klimatisierung  
Solare Prozesswärme

Titel: Forschungsbericht / Abschlussbericht-Solarthermie-2000 Teilprogramm 2- Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 3)

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

Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidodynamik, AG Regenerative Energieanwendung

Der **Bericht** besteht: aus        Seiten Text

Tag der Berichterstellung: 07.04.2008

Es wurden 10 Exemplare erstellt.

Eine spätere Veröffentlichung ist geplant.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit innerhalb des Forschungs- und Demonstrationsprogramms Solarthermie2000 / 2000plus unter dem Kennzeichen 0329601 O gefördert.  
Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.  
Dieser Bericht wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt.  
Trotzdem kann keine Gewähr für Fehlerfreiheit übernommen werden.

## Inhaltsverzeichnis (Abschlussbericht Phase 3)

- 1.0 Notwendige Vorbemerkungen
- 1.1 Zusammenfassung zum erreichten Stand nach Durchlauf der Projektphasen 1 und 2
  - 1.1.1 Verweis zum Abschlussbericht Projektphase 1: Laufzeit: 01.05.1994 – 30.11.1999
  - 1.1.2 Verweis zum Abschlussbericht Projektphase 2: Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003
- 1.2 Programmbeschreibung
- 1.3 Teil 1:
  - Zusammenfassung zur Projektphase 1: Laufzeit: 01.05.1994 – 30.11.1999
  - Zusammenfassung zur Projektphase 2: Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003  
(Abschlussberichte 0329601E und 0329601J/6)
- 1.4 Teil 2:
  - Zusammenfassung zur Projektphase 3: Laufzeit: 01.10.2003 – 31.08.2007
- 1.5 Ergebnisbewertung zum Gesamtzeitraum: 01.05.1994 – 31.08.2007 (aktuell Berichterarbeitung!)
  
- 2.0 Teil 4: Ausführliche Arbeitsbeschreibung und Ergebnisdarstellung
  - 2.1 Durchführung des Arbeitsprogramms während der Projektlaufzeit
  - 2.2 Kompakte Anlagenbeschreibungen
    - 2.2.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena (FKZ 0329602 C)
    - 2.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck (FKZ 0329602 J)
    - 2.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus (FKZ 0329602 G)
    - 2.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde (0329602 Y)
    - 2.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (0329602 U)
    - 2.2.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt (FKZ 0329602 W)
    - 2.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg (FKZ 0329603 E)
    - 2.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau (FKZ 0329602 J)
    - 2.2.9 Anlage Wohngebäude Erfurt (FKZ 0329602 G)
    - 2.2.10 Anlage KIEZ-Kinder-und Erholungszentrum Güntersberge (FKZ 0329603 K)
    - 2.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels (FKZ 0329603 R)
    - 2.2.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße 26 a-c in Weimar (FKZ 0329603 W)
    - 2.2.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera (0329603 X)
    - 2.2.14 Anlage DRV Bund Reha-Klinik Bad Frankenhausen ((0329604 A)
    - 2.2.15 Anlage Sportgymnasium Oberhof (0329603 Y)
    - 2.2.16 Anlage Nationalpark-JH Harsberg (0329604 D)
    - 2.2.17 Anlage solargestützte Kälteerzeugung Bürogebäude Fürth (FKZ 0329604 A)
    - 2.2.18 Anlage Jena, Siegfried-Czapski-Str. (0329604 G)
    - 2.2.19 Anlage Ilmenau Seniorenwohnanlage Sophienhütte (FKZ 0329604 J)
    - 2.2.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau (Az. 02E2-41V 5004)
  - 3.3. Zusammenfassung / Ergebnisbewertung / Perspektive
    - 3.3.1 Entwicklung der solaren Systemtechnik
      - 3.3.1 aktueller Status der Anlagen (März 2008)
        - 3.3.1.1 Jena, Alten- und Pflegeheim Käthe Kollwitz (WA)
        - 3.3.1.2 Pößneck, Alten- und Pflegeheim Jahnstraße (WB)
        - 3.3.1.3 Neuhaus, Krankenhaus (WC)
        - 3.3.1.4 Nordhausen, Südharzkrankenhaus (WD)
        - 3.3.1.5 Leinefelde, Wohngebäude Gaußstraße (WE)
        - 3.3.1.6 Erfurt, Wohngebäude Gagarin-Ring (WF)
        - 3.3.1.7 Ilmenau, Krankenhaus (WG)
        - 3.3.1.8 Sonneberg, Krankenhaus (WH)
        - 3.3.1.9 Güntersberge, Kinder- und Erholungszentrum (WI)
        - 3.3.1.10 Weißenfels, Wohngebäude Kugelberg (WK)
        - 3.3.1.11 Weimar, Wohngebäude Warschauer Straße (WL)
        - 3.3.1.12 Gera, Wohngebäude Eiselstraße (WM)
        - 3.3.1.12 Gera, Wohngebäude Eiselstraße (WM)
        - 3.3.1.14 Oberhof, Sportgymnasium (WN)
        - 3.3.1.15 Harsberg, Nationalpark Heinrich, Jugendherberge (WP)
        - 3.3.1.16 Fürth, IBA-AG (WR)
        - 3.3.1.17 Hettstedt, Krankenhaus (XB)
      - 3.3.2 Ergebnisse
      - 3.3.3 Status im Vergleich
  - 4. Weiterentwicklung der solaren Systemtechnik

5. In Phase 3 und fortführend in Phase 4 werden bisher nachfolgend aufgeführte Projekte innerhalb Solarthermie2000plus nach den aktuellen Förderrichtlinien bearbeitet und realisiert:
  - 5.1 Solaranlage Fürth (solarautarke Klimatisierung eines Bürogebäudes FKZ 0329605E
  - 5.2 Solare Nahwärme: Solaranlage Jena, Siegfried-Czapski-Straße (Neubau von vier Stadtvillen) - FKZ 0329 604 G
  - 5.3 Solare Nahwärme: Solaranlage Seniorenwohnanlage „Sophienhütte Ilmenau“ FKZ 0329 604 J
  - 5.4 Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss – Brauerei Dessau (Modell zur Wärmeversorgung mit reg. Energien) Az 02E2 – 41V 5004
6. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan
7. Probleme bzw. Schwierigkeiten bei der Erlangung des Projektzieles
8. Im Projektverlauf bekannt gewordene F. u. E.- Ergebnisse Dritter
9. Quellen - und Literaturverzeichnis
  - 9.1 Informationsquellen
  - 9.2 Wesentliche Vorlagen zur Verfassung des Abschlußberichtes
10. Erfolgskontrollbericht
11. Kurzfassung des Schlussberichtes
12. Ergebnis
13. Anlagen-Verzeichnis

Vorsorgliche Bemerkung:

Dieser Bericht wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt.  
Trotzdem kann keine Gewähr für Fehlerfreiheit übernommen werden.

## 1.0 Notwendige Vorbemerkungen

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

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

Das 4. Programm Energieforschung und Energieförderung (4.EFP)<sup>84)\*</sup> wurde 1996 vom damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBFT) veröffentlicht und bildet den Rahmen für die deutsche Energieforschung für die Jahre 1996 – 2005.

In diesem Zeitraum nahm der Forschungsbereich Erneuerbare Energien (EE) den größten Schwerpunkt im 4.EFP mit einem Fördervolumina von 537 Mio € (ohne Biomasse) ein.

Ende 2005 lief das 4. EFP-EE aus und wurde durch das 5. EFP-EE ersetzt.

Vom 3. - 14. Dezember 2007 fanden auf Bali die 13. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention und die 3. Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto - Protokolls statt. Die EU strebt an, einen umfassenden Verhandlungsprozess, die "Bali Roadmap", zu vereinbaren. In ihr sollen die wesentlichen Verhandlungsinhalte beschrieben und ein Verhandlungszeitplan festgelegt werden. Bis 2009 sollen die Verhandlungen für ein neues und umfassendes, auf dem Kyoto -Protokoll aufbauendes Klimaschutzregime abgeschlossen sein, damit nach dem Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto -Protokolls 2012 keine Lücke entsteht.<sup>85)\*</sup>

Deutschland gehört zu den treibenden Kräften in den internationalen Klimaschutzverhandlungen.<sup>86)\*</sup> Gleichzeitig werden in Deutschland ehrgeizige Minderungsziele verfolgt. Bis 2012 sollen im Vergleich zu 1990 21 % weniger klimaschädliche Gase freigesetzt werden. Bis 2020 sollen die Treibhausgas-Emissionen sogar um 40 % reduziert werden.

Durch die Bundesregierung wurden am 23.08.2007 in Meseberg 29 Eckpunkte für ein Energie- und Klimaprogramm beschlossen und am 05.12.2007 hierzu durch das Bundeskabinett ein umfangreiches energie- und klimapolitisches Maßnahmenpaket verabschiedet.

Im Zeitraum 1994-2003 wurden im Programm **Solarthermie 2000** (Teilprogramme1-3) große solarthermische Anlagen wissenschaftlich - technisch begleitet.

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

Am 27.02.2004 wurde auf der "Erneuerbare Energie Tour" in Neckarsulm durch den damaligen Bundesumweltminister Jürgen Trittin das Konzept "**Solarthermie2000plus**" vorgestellt.<sup>63)\*</sup> Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit führt im Rahmen des Energieforschungsprogramms der

Bundesregierung mit der Fördermaßnahme "**Solarthermie2000plus**" die langfristig angelegten Forschungsaktivitäten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie im Niedertemperaturbereich mit neuen Schwerpunkten fort. Die Fördermaßnahme konzentriert sich auf erweiterte und neue Lösungen in der Solarthermie -Technik und den Abbau von rechtlichen und organisatorischen Markteintrittsbarrieren mit dem Ziel, künftig einen deutlich höheren Beitrag am Wärmemarkt zur Substitution fossiler Brennstoffe und für einen wirksameren Klimaschutz zu leisten.<sup>87)\*</sup>

1.1 Zusammenfassung zum erreichten Stand nach Durchlauf der Projektphasen 1-2 (Laufzeit: 01.05.1994 – 30.09.2003) und Ausgangsbedingungen für die Durchführung der Phase 3 der wissenschaftlichen Programmbegleitung und des Messprogramms Solarthermie2000 / 2000plus in Phase 3 / Laufzeit: 01.10.2003 – 30.08.2007.

Im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) der Bundesregierung wurden zwischen 1978 und 1983 große Anlagen zur thermischen Nutzung der Solarenergie auf /in bundeseigenen Gebäuden errichtet. Diese Systeme waren die Vorreiter dieser neuen Technik zur umweltfreundlichen Energiegewinnung. Das Programm Solarthermie-2000 umfasst drei Teilprogramme und wurde im Jahr 1993 bewilligt. Es wurde vormals vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) und wird seit 2003 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Ziel des Programms ist es u.a. im Ergebnis Hinweise für standardisierte Solaranlagenkonzeptionen für die Trinkwasservorwärmung für unterschiedliche Gebäudetypen zu geben, den Planungsaufwand zu reduzieren und die Anlagenzuverlässigkeit zu erhöhen. Im Teilprogramm 2 sollen bis zu 100 große solarthermische Demonstrationsanlagen (Kollektorfläche > 100 m<sup>2</sup>) errichtet werden, deren Betriebsverhalten mit einem programmbegleitendem Messprogramm überwacht und beurteilt wird. Als erklärtes Ziel dieser Demonstration von Beispiellösungen größerer Anlagen soll u.a. nachgewiesen werden, daß die thermische Solartechnik technisch und wirtschaftlich handhabbare und wettbewerbsfähige Lösungen ermöglicht und die solare Nutzwärmekosten heute auf unter 0,13 € / kWh durch Reduzierung der spezifischen Systemkosten und Erhöhung der spezifischen Nutzenergieabgabe gesenkt werden können. Das Programm Solarthermie 2000 lief nach 10-jähriger Förderung 2004 aus.<sup>63)</sup>

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

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

Zur Zeit der Abfassung des Berichtes ( Dezember 2007 / März 2008) werden insgesamt 19 in die Förderung aufgenommene Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 3.426,1 m<sup>2</sup> betreut, von denen sich 17 in Betrieb, eine in der Ausschreibung und eine in der (Antrags-)Planungsphase befinden.

Die bisherige Bearbeitung im Freistaat Thüringen innerhalb des Bundesprogramms erfolgte (entsprechend der Förder-Zuwendungsbescheide) in drei Projektphasen:

Projektphase 1 – Laufzeit: 01.05.1994 – 30.11.1999

Projektphase 2 – Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003

Projektphase 3 – Laufzeit: 01.10.2003 – 31.08.2007

**1.1.1 Für die zum 30.11.1999 abgeschlossene Projektphase 1 wurde Anfang 2000 ein Abschlussbericht erstellt ( „Wissenschaftlich – technische Programmbegleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen an öffentlichen Gebäuden im Land Thüringen im Rahmen des BMFT – Programms Solarthermie 2000 (Teilprogramm 2)“ / Förderkennzeichen 0329601E).**

**1.1.2 Für die zum 30.09.2003 abgeschlossene Projektphase 2 wurde im März 2004 ein Abschlussbericht erstellt ( “Wissenschaftliche Programmbegleitung und Meßprogramm Solarthermie-2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 2“ / Förderkennzeichen 0329601 J/6).**

In diesen Berichten sind die Arbeitsschritte:

- Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes
- Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogramms
- Detaillierte Beschreibung des Arbeitsprogramms
- Objektauswahl / Bewertung nach Ausschreibung
- Installation der Systeme
- erste Messphase
- Systemoptimierung
- Zweite Messphase
- Systemoptimierung
- Dritte Messphase
- Langzeitanalyse
- Endanalysen

**ausführlich beschrieben worden, so dass diese im vorliegendem Bericht nur zusammengefasst und als aktualisierter Überblick wieder gegeben werden.**

### **Bemerkung:**

**Teil 1** des vorliegenden Abschlussberichtes fasst in kompakter und übersichtlicher Form den Gesamtbearbeitungszeitraum vom **01.05.1994 – 30.09.2003**

**Teil 2** des vorliegenden Abschlussberichtes fasst in kompakter und übersichtlicher Form den Gesamtbearbeitungszeitraum vom **01.10.2003 – 31.08.2007** / Ergebnisbewertung zum Gesamtzeitraum zusammen.

**Teil 3** enthält die detaillierte Auswertungen, Bewertung und Analysen über den Gesamtzeitraum.

Im nichtöffentlichem Teil werden u. a. konkrete Analysen und Vorstellungen zur weiteren Bearbeitung ( Projektskizzen etc.)

#### 1.2 Programmbeschreibung "Solarthermie-2000"

"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 bzgl. ihres Betriebsverhaltens und ihrer Wirtschaftlichkeit (Feldversuch) über die gesamte Programmlaufzeit.

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

Besonders in den neuen Bundesländern erfolgten und erfolgen umfangreiche Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen an bestehenden öffentlichen Gebäuden, die es erlauben, die Integration solarer Systeme nicht nur bei Neubauten entsprechend dem neuesten Erkenntnisstand zu planen und zu realisieren. Zunehmend werden allerdings in jüngster Zeit Neubauten als Ersatzbauten, z.B. in Krankenhäusern errichtet.



Für die projektbegleitende wissenschaftliche Betreuung sind, neben der ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH, Hochschuleinrichtungen in den jeweiligen Bundesländern eingebunden, die begleitenden Messprogramme durchführen.

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

Das (4.) Programm Energieforschung und Energieförderung (4.EFP)<sup>84)</sup>\* wurde 1996 vom damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBFT) veröffentlicht und bildete den Rahmen für die deutsche Energieforschung für die Jahre **1996 – 2005**.

In diesem Zeitraum nahm der Forschungsbereich Erneuerbare Energien (EE) den größten Schwerpunkt im 4.EFP mit einem Fördervolumina von 537 Mio € (ohne Biomasse) ein.

Ende 2005 lief das 4. EFP-EE aus und wurde durch das (5.) EFP-EE ersetzt.

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.

### 1.3 Teil 1:

Zusammenfassung zur Projektphase 1: Laufzeit: 01.05.1994 – 30.11.1999

Zusammenfassung zur Projektphase 2: Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003

(Abschlußberichte 0329601E und 0329601J/6)

#### Bemerkungen:

Zur Durchführung des Arbeitsprogramms während der Projektlaufzeit.

Das Messprogramm in Solarthermie2000 / 2000plus wurde entsprechend den Zielen des Förderkonzeptes so ausgelegt, dass nicht nur eine Ertragsbewertung beziehungsweise Bestimmung der relevanten Kennwerte für das Solar-system erfolgen soll, sondern vielmehr auch Aussagen zum Betriebsverhalten einzelner Systemkomponenten möglich sein sollen.

Da gem. Zielsetzung der Konzepte (Erarbeitung von Richtlinien für die Systemgestaltung und Komponentenauslegung sowie Weiterentwicklung der Komponenten im Hinblick auf die besonderen Anforderungen des Solarsystems) sehr detaillierte Einzelbetrachtungen der Komponenten notwendig sind, ist die Messtechnik sehr umfangreich und stellt hohe Anforderungen an die Genauigkeit sowie die zeitliche Auflösung der Messsignale.

1.3.1 **Bearbeitungszeitraum 01.05.1994 – 30.11.1999 (Phase 1)**

Drittmittel / Zuwendung (Förderung) aus Bundesmitteln: 1.165.156,00 DM  
(äquivalent 595.734,80 €)

In der Projektphase 1 ist wesentlicher Bestandteil des Arbeitsplanes:

- Programmvorbereitung
- Objektauswahl
- Installation der Solarsysteme und der Messtechnik
- Systembetreuung mit diversen Mess- und Prüfphasen
- Begleitende Forschung ( Untersuchung des Einflusses von Schadstoffen auf Solarkomponenten- Konzipierung/Realisierung/Inbetriebnahme einer dazu benötigten Umweltmessstation)

Ergebniszusammenfassung (zu Phase 1):

Es wurden **43** Objekte/Projekte mit dem Ziel der Bewertung maßgeblicher Gebäudekomponenten und der Eignung für die Errichtung einer großen solarthermischen Anlage umfänglich untersucht.

Von den 43 Vorschlägen wurden nach gründlichen Prüfungen 10 Anlagen realisiert mit einem Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) von **1.449.715,46 €** (umgerechnet auf €).

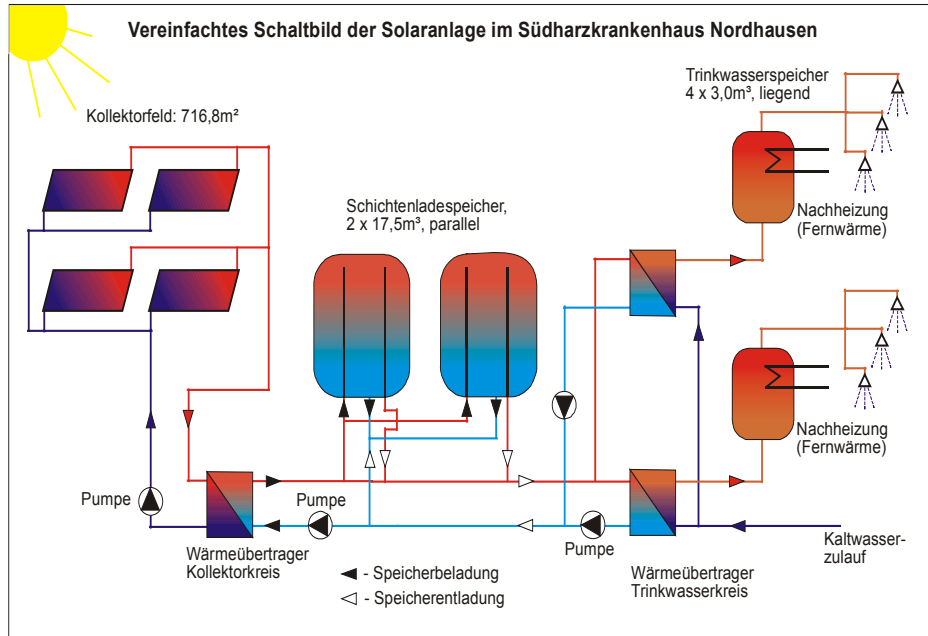
Am Ende der Laufzeit der Projektphase 1 befanden sich nachfolgende Anlagen im Messprogramm und haben die Garantiebedingungen des Programms bereits erreicht (Solarer Garantieertrag / Systemnutzungsgrad –Garantie)?:

Status/Anlage	Realisierung/ Probetrieb	1. Messpe- riode (MP)	2. Messpe- riode (MP)	3. Messpe- riode (MP)	Langzeitmess- programm	Garantie erfüllt ?
02C Jena	√	√	√	√	√	√
02J Pößneck	√	√	√			√
02G Neuhaus	√	√	√			√
02Y Leinefelde	√	√				
02U Nordhausen	√	√				
02W Hettstedt	√					
03E Sonneberg	√					
02J Ilmenau	√					
02G Erfurt	√					
03K Güntersberge	√					

- Tabelle 01 – (Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: √ = aktueller Status

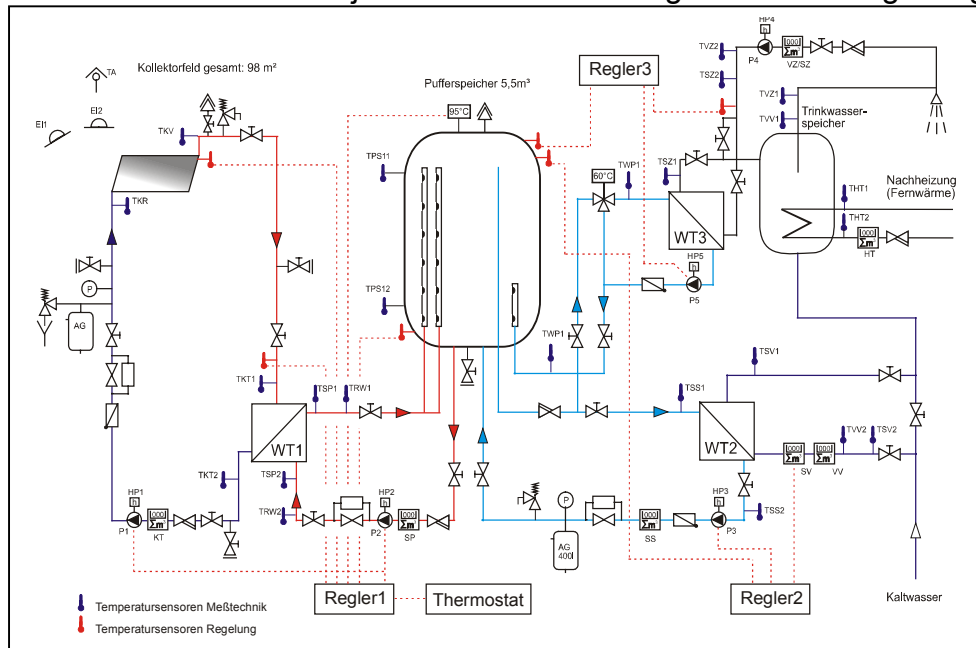
**Bemerkung:**

Die Anlagen in Phase 1 sind reine Anlagen zur Trinkwassererwärmung, die entsprechend der Programmvorgaben knapp ausgelegt wurden.



**Abb. 01** Beispiel einer Standardanlage in Phase 1 / Solaranlage Süd-Harzkrankenhaus (SHK) Nordhausen (Quelle: TU Ilmenau 1998)

Erstmals wurde bei einer Solarthermie2000 Anlage (Kreiskrankenhaus Neuhaus) der Zirkulationskreis des Objektes in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden.



**Abb. 02** Solare Trinkwasservorwärmanlage mit Unterstützung des Warmwasserzirkulationssystems im Kreiskrankenhaus (KKH) Neuhaus (Quelle: TU Ilmenau 1999)

### 1.3.2 Bearbeitungszeitraum 01.12.1999 – 30.09.2003 (Phase 2)

Drittmittel / Zuwendung (Förderung) aus Bundesmitteln: 860.210,00 DM  
(äquivalent 439.818,39 €)

In der Projektphase 2 ist wesentlicher Bestandteil des Arbeitsplanes:

- 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 )

#### Ergebniszusammenfassung (zu Phase 2):

In Auswertung der Bearbeitung von infrage kommenden Projekten und deren Überleitung in die vorläufige Aufnahme in das Programm ST2000 aus der Phase 2 wurden bereits im Vorfeld strengere Maßstäbe angelegt, so dass die Anzahl der dann weiter zu bearbeitenden Projekte deutlich verringert, sich aber gleichzeitig deren Chancen auf Aufnahme in das Programm deutlich steigern.

Von den Vorschlägen wurden nach gründlichen Prüfungen 5 Anlagen realisiert mit einem Gesamtinvestitionsvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) von **902.620,87 €** (umgerechnet in €).

Am Ende der Laufzeit der Projektphase 2 befanden sich nachfolgende Anlagen im Messprogramm und haben die Garantiebedingungen des Programms bereits erreicht (Solarer Garantiertrag / Systemnutzungsgrad –Garantie)?:

Laufende Nr. in Thüringen/ in Solarthermie 2000	Status/Anlage	Realisierung/ Probetrieb	1. Messperiode (MP)	2. Messperiode (MP)	3. Messperiode (MP)	Langzeitmess-Programm	Garantie erfüllt ?
01/03	02C Jena	√	√	√	√	√	√
03/11	02G Neuhaus	√	√	√	√	√	√
03/06	02J Pößneck	√	√	√	√	√	√
04/23	02Y Leinefelde	√	√	√	√	√	√
05/22	02U Nordhauser	√	√	√	√	√	√
06/20	02W Hettstedt	√	√	√			√
07/35	03E Sonneberg	√	√	√			√
08/39	02J Ilmenau	√	√	√			√
09/42	02G Erfurt	√	√				
10/44	03K Güntersberge	√	√				
11/49	02R Weißenfels	√	√				√
12/52	03W Weimar	√	√				√
13/53	03X Gera	√					
14/54	04A Bad Frankenhausen	√					
15/57	03Y Oberhof	√					

- Tabelle 02 – (Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: √ = aktueller Status

Die Anlagen der Phase 2 zeichnen sich aus durch die verstärkte Realisierung (Anwendung) in Wohngebäuden und der zunehmenden Komplexität der Anlagen:

...02R Weißenfels: Trinkwassererwärmung für 160 Wohnungen in vier Gebäuden  
Kollektorfeld vor dem Gebäude als Wäschetrockenplatz  
Druckloser Wärmespeicher aus GFK im Freien aufgestellt  
Das Trinkwasser wird dezentral erwärmt und über vier Stationen an das Netz übergeben (siehe hierzu Abb. 03)

...03W Weimar: Trinkwassererwärmung für 198 Wohnungen in einem Hochhaus  
Kollektorfeld aufgeständert auf einem Flachdach des Gebäudes als "quasi" Solarsegel

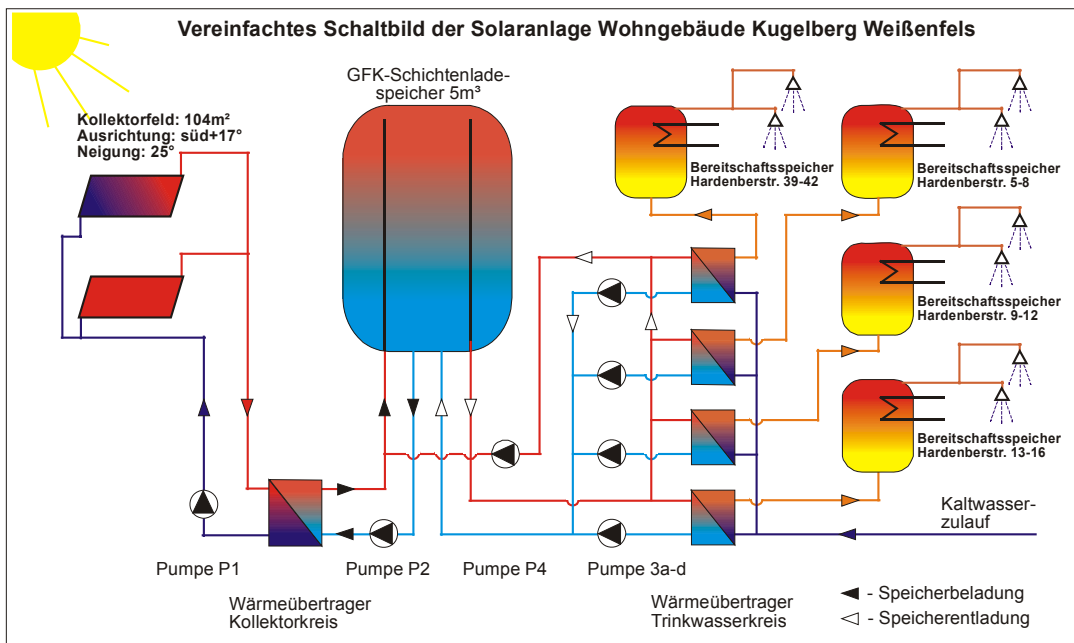
...03X Gera: Trinkwassererwärmung für 96 Wohnungen.  
Das Kollektorfeld wurde mit genutzt zur Errichtung eines Penthouses auf dem Dach des Gebäudes.  
Die Trinkwassererwärmung erfolgt unmittelbar an der Warmwasserbereitungsstation.

...04A Bad Frankenhausen

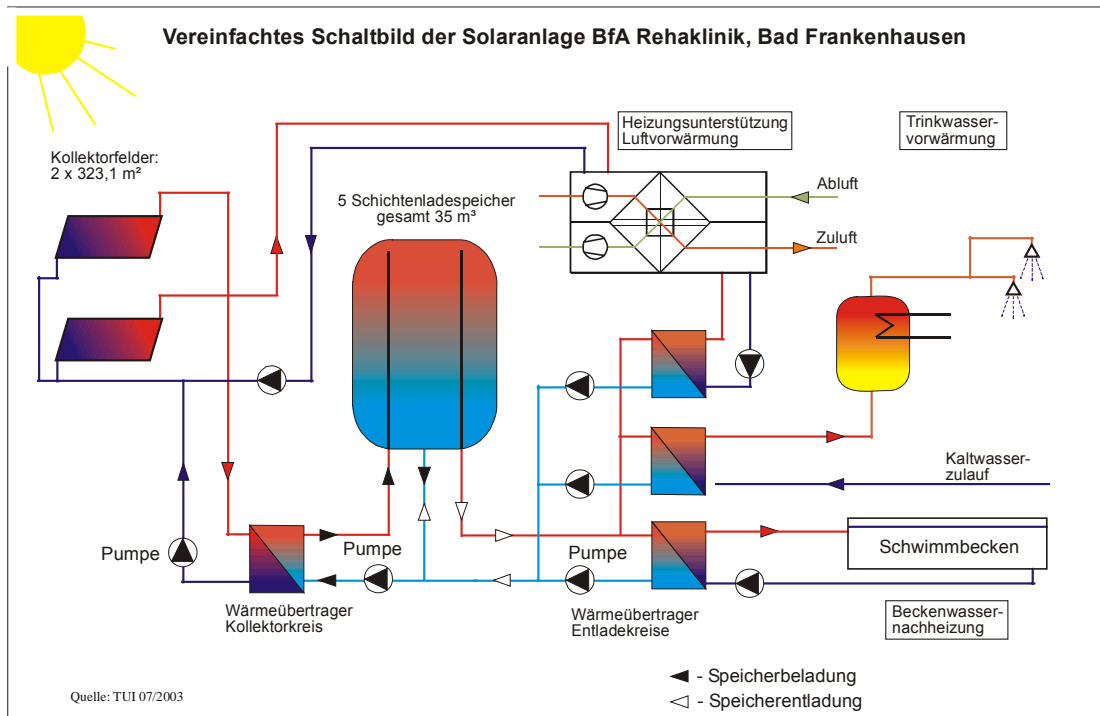
Das Solardach besteht aus zwei Teilfeldern.  
Die gesamte Solaranlage besteht aus drei Teilanlagen:  
Klassische Brauchwasservorwärmanlage  
Schwimmbeckenerwärmung  
Heizungsunterstützung  
(siehe hierzu Abb. 04)

...03Y Oberhof

Die Glasfassade des Heizhauses nimmt die Kollektoren auf.  
Zwei vorhandene (je 50 m<sup>3</sup> Pufferspeicher) werden weiter verwendet  
Brauchwasservorwärmanlage + Heizungsunterstützung



**Abb. 03** Beispiel: Trinkwasservorwärmung für 4 Gebäude in Weißenfels  
(Quelle: TU Ilmenau: 2003)



**Abb. 04** Beispiel: Klassische Brauchwasservorwärmanlage & Schwimmbeckenerwärmung & Heizungsunterstützung Reha-Klinik der Deutschen Rentenversicherung Bund in Bad Frankenhausen (Quelle: TU Ilmenau 2003)

1.4 Teil 2:  
Zusammenfassung zur Projektphase 3: Laufzeit: 01.10.2003 – 31.08.2007

**Bearbeitungszeitraum 01.10.2003 – 31.08.2007 (Phase 3)**

Drittmittel / Zuwendung (Förderung) aus Bundesmitteln: 623.666,00 €  
(äquivalent 1.221.655,67 DM)

In der Projektphase 3 ist wesentlicher Bestandteil des Arbeitsplanes:

- Objektauswahl (mehrheitlich Solarthermie2000plus – Projekte)
- 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 (für Anlagen in der Intensivmessphase)
- Betreuung der Anlagen in der erweiterten Langzeitmessphase (Bestandspflege und Funktionserhalt mit zumutbarem Aufwand)
- Änderung und evtl. Neukonzipierung von Anlagenkomponenten nach Ausfällen oder ungenügender Funktion (Regelungstechnik / Messwerterfassungssysteme, etc.)
- Begleitende Forschung ( Untersuchung des Einflusses von Schadstoffen auf Solarkomponenten / Weiterentwicklung der GFK-Speichertechnologie / Weiterentwicklung thermischer Be- und Entladesysteme / Vermessung und Auswertung der innerhalb Solarthermie2000 sich in Betrieb befindlichen GFK-Speicher / Entwurf effizienter Lösungen für solargestützte Nahwärmeversorgungssysteme mit 2-Leitersystemen und Wohnungsübergabestationen).

Ergebniszusammenfassung (zu Phase 3):

In Auswertung der Bearbeitung von infrage kommenden Projekten und deren Überleitung in die vorläufige Aufnahme in das Programm ST2000 aus der Phase 1 + 2 wurden bereits im Vorfeld noch strengere Maßstäbe angelegt, so dass die Anzahl der dann weiter zu bearbeitenden Projekte deutlich verringert, sich aber gleichzeitig deren Chancen auf Aufnahme in das Programm deutlich steigern, wobei die neuen Anforderungen seitens Solarthermie 2000plus (Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung / solare Klimatisierung / solare Niedertemperatur-Prozesswärme) entsprechend Berücksichtigung finden.

Von den Vorschlägen wurden nach gründlichen Prüfungen 5 Anlagen aufgenommen und realisiert mit einem Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) von **1.245.800,00 €** (umgerechnet in DM: 2.436.573,00 DM).



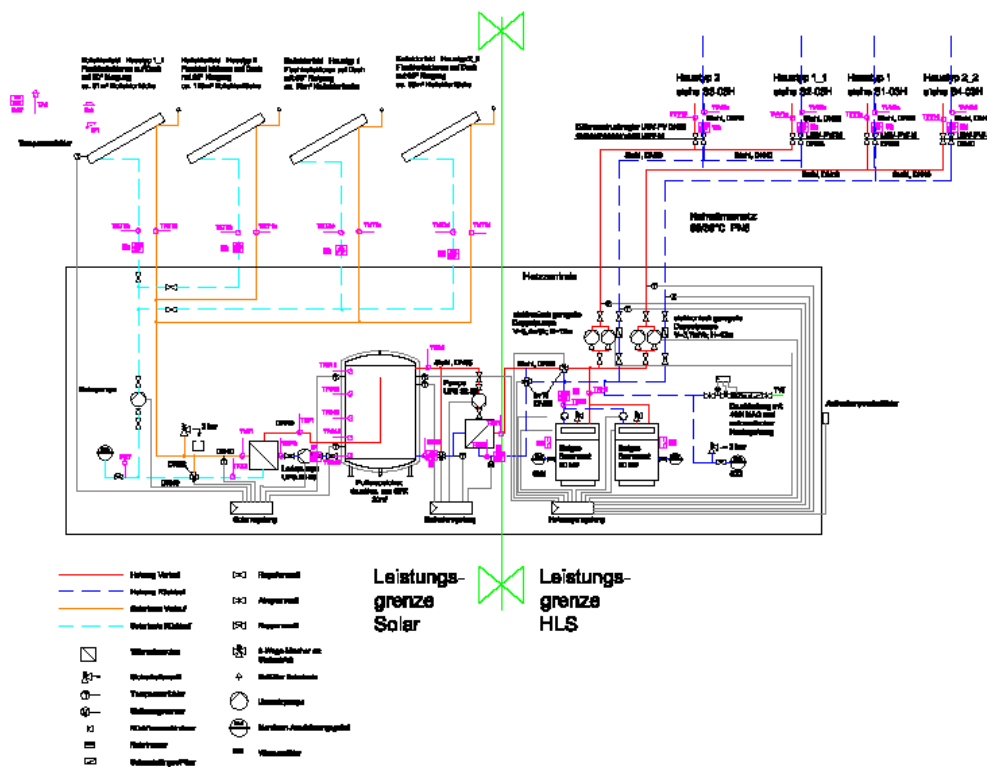
Am Ende der Laufzeit (zum Zeitpunkt der Berichterstellung) der Projektphase 3 befanden sich nachfolgende Anlagen im Messprogramm und haben die Garantiebedingungen des Programms bereits erreicht (Solarer Garantievertrag / Systemnutzungsgrad –Garantie)?:

Laufende Nr. in Thüringen/ Solar-Thermie 2000/2000+	Status/Anlage	Antragstellung/ Realisierung/ Probebetrieb	1. Messperiode (MP)	2. Messperiode (MP)	3. Messperiode (MP)	Langzeitmess-Programm (seit)	Garantie erfüllt ?
01/02	02C Jena	√	√	√	√	√(99)	√
02/06	02J Pößneck	√	√	√	√	√(00)	√
03/08	02G Neuhaus	√	√	√	√	√(01)	√
04/21	02Y Leinefelde	√	√	√	√	√(02)	√
05/11	02U Nordhausen	√	√	√	√	√(02)	√
06/17	02W Hettstedt	√	√	√	√	√(03)	√
07/19	03E Sonneberg	√	√	√	√	√(04)	√
08/22	02J Ilmenau	√	√	√	√	√(03)	√
09/34	02G Erfurt	√	√	√	√	√(04)	√
10/48	03K Güntersberge	√	√	√	√	√(05)	√
11/31	02R Weißenfels	√	√	√	√	√(06)	√
12/32	03W Weimar	√	√	√	√	√(04)	√
13/40	03X Gera	√	√	√	√	√(06)	√
14/41	04A Bad Frankenhausen	√	√	√(06)			√
15/57	03Y Oberhof**	√					
16/61	04D Harsberg**	√					
17/.....	05E Fürth	√					
18/62	04G Jena Stadtvielen*	√					
19/.....	04J Ilmenau Sophienhütte	√					
20/.....	V5004 Dessau***	√					

- **Tabelle 03** – (Quelle: TU Ilmenau 2008) - Erläuterung: √ = aktueller Status \* Realisierung \*\* Probebetrieb  
\*\*\* Antrag / Planungsphase (...) Jahr der Erfüllung

Die Anlagen in der Phase 3 zeichnen sich aus durch zunehmende Komplexität der Anlagen / solargestützte Wärmeversorgungen von Gebäudekomplexen / Solarautarke Klimatisierungen / solargestützte Wärmeversorgung und Klimatisierung eines umgenutzten ehemaligen technischen Denkmals:

**04G Jena (Stadtviellen)** Die Heimstätten Genossenschaft Jena e.G. errichtet in Jena 4 Stadtviellen mit gehobener baulicher Ausstattung und innovativer Beheizung. Die Annahme längerfristig auf hohem Niveau verharrender Energiepreise zieht auch erhebliche wohnungswirtschaftliche Effekte nach sich. So ist davon auszugehen, dass die 2. Miete noch stärker als bisher zu einem zentralen Vermietungskriterium wird. Die Wohnnebenkosten steigen schneller als die allgemeinen Lebenshaltungskosten. Die „2. Miete“, wie die Betriebskosten auch oft genannt werden, macht bis zu 40% der Wohnkosten aus.



**Abb. 05** Hydraulikplan – solargestützte Nahwärmeversorgung Stadtviellen Jena (Quelle: AEP Gera 2007)

## 2. Teil 4:

### Ausführliche Arbeitsbeschreibung und Ergebnisdarstellung

#### 2.1 Kompakte Anlagenbeschreibungen

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

**(aktive Kollektorfläche 201 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 2x 6 m<sup>3</sup> , FKZ 0329600C)**



**Abb. 06** Kollektorfeldansicht (Quelle: TU Ilmenau 1996)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>203.335,46 EUR</b>	<b>(397.689,60 DM)</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Verg.:</b>	<b>139.978,42 EUR</b>	<b>(273.774,00 DM)</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt )- Ist:</b>	<b>146.471,32 EUR</b>	<b>(286.473,00 DM)</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>38.481,95 EUR</b>	<b>(75.264,15 DM)</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>134.353,18 EUR</b>	<b>(262.771,98DM)</b>
<b>BMW-Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>85 %</b>	
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>	
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>90 %</b>	

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

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

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

\*<sup>1</sup> aus Kostenübersicht tatsächliche Kosten (VN) vom 30.06.1999 JEN-602C.DOC

\*<sup>2</sup> aus Kostenübersicht Bieterertragsgarantie und Vergabekosten vom 30.06.1999 JEN-602C.DOC

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag in den ersten beiden Messjahren erbracht. Im dritten Messjahr wird der Garantieertrag mit 88% knapp (nicht) erreicht. Im Mai 2002 wurde ein neuer Entladeregler (Enreg1, Hersteller: Tetra Ilmenau) eingebaut. Die Übergabe der Wärme an das Trinkwasser erfolgt seitdem nachweislich effektiver.

Bisher ist in der Anlage nur ein Volumenzähler, im Kaltwasserzulauf, ausgefallen. Da zwei Zähler unmittelbar hintereinander eingebaut sind, konnte für eine gewisse Zeit auf die Daten dieses Zählers verzichtet werden. In 2007 wurde der defekte Zähler durch den Betreiber ersetzt.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig. Es besteht derzeit zum Berichtszeitpunkt kein Handlungsbedarf (03/2008).

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !  
Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck

**(aktive Kollektorfläche 118,2 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 5,54 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen 0329602J):**



**Abb. 07** Teilansicht der Kollektorfelder  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau , FG TFD 1998)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>107.565,44 EUR</b>	<b>(210.379,71 DM)<sup>1)</sup></b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>	<b>60.717,47 EUR</b>	<b>(118.753,04 DM)<sup>1)</sup></b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:</b>	<b>65.835,40 EUR</b>	<b>(128.762,85 DM)<sup>1)</sup></b>
<b>Spez. Messtechnik für ST2000:</b>	<b>37.921,25 EUR</b>	<b>(74.167,52 DM)<sup>1)</sup></b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>48.131,10 EUR</b>	<b>(94.136,25 DM)<sup>1)</sup></b>

<sup>1)</sup> Schlussrechnung vom 26.10.1999 PÖß-602J

<b>BMW-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>80 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>73,11 %</b>

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

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

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

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

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht. Das Messprogramm ist abgeschlossen.

Im Frühjahr 2003 wurde der Wärmeträger im Kollektorkreis ersetzt. Mit Stand Ende 2007 sind die Zähler des Zirkulationkreises (VZ) und des Nachheizkreises (HT) nicht mehr in Betrieb. Da diese Informationen nicht auf der Anzeigetafel dargestellt werden, ist ein Ersatz der Zähler nicht zwingend notwendig. Seit November 2007 wird ein neuerlicher Rückgang des Volumenstromes im Kollektorkreis beobachtet.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig (03/08). Es sollte der Wärmeträger bzw. die Pumpe des Kollektorkreises überprüft werden. Notwendige finanzielle Aufwendungen sind daraus noch nicht ableitbar.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

### 2.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus

**(aktive Kollektorfläche 98,4 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 6 m<sup>3</sup> , FKZ 0329602 G)**



**Abb. 08** Ansicht des Kollektorfeldes  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau 1997)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>125.526,57 EUR</b>	(245.508,63 DM) <sup>1)</sup>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>71.758,05 EUR</b>	(40.346,54 DM) <sup>1)</sup>
<b>Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist</b>	<b>72.832,80 EUR</b>	(42.448,57 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>33.461,88 EUR</b>	(65.445,74 DM) <sup>1)</sup>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>63.969,91 EUR</b>	(125.114,26 DM) <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> reale Kosten aus Kostenübersicht vom 26.03.1999 (NEU-602G.DOC)

<b>BMW-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>77,6 %</b> <sup>1)</sup>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>87,83 %</b> <sup>1)</sup>

Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg	Ertrag [kWh /a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> Systemnutzungsdauer [DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	50.000			0,2448 <b>0,1252</b>
Bieter (Kosten auf Basis Schlußrechnung)	50.000			0,2484 <b>0,1270</b>
1. Messjahr <sup>8.08.97-27.08.98)</sup>	43.475	94,90 ja	96,27 ja	0,2857 <b>0,1461</b>
2. Messjahr <sup>7.08.98-26.08.99)</sup>	42.978	105,84 ja	105,31 ja	0,2890 <b>0,1478</b>
3. Messjahr <sup>.08.99-24.08.00)</sup>	48.780	104,34 ja	107,35 ja	0,2546 <b>0,1302</b>

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantiertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Dezember 1999 fällt die Schautafel aus und wird durch die Fa. Meßtec auf Kulanz repariert. Weitere Ausfälle von Komponenten der Messtechnik sind nicht aufgetreten.

In anbetracht der Tatsache das der Verbrauch im Objekt stark zurückgegangen ist, läuft die Anlage störungsfrei und zuverlässig. Es besteht kein Handlungsbedarf (03/08).

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**



## 2.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde

**(aktive Kollektorfläche 164 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 7m<sup>3</sup>,  
Förderkennzeichen 0329602 Y)**



**Abb. 09** Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau1999)

**Gesamtkosten:** **136.120,50 EUR** (266.228,56 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt) - Vergabe:** **61.238,91 EUR** (197.716,87 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist**

**Spez. Messtechnik für ST 2000:** **35.029,47 EUR** (68.511,44 DM)

**Zuwendung für Solaranlage:** **63.969,91 EUR** (125.114,26 DM)

**BMW-Förderung:**  
**der Gesamtanlage:** **72,85 %**  
**der speziellen zusätzlichen Messtechnik:** **100 %**  
**Solaranlage inkl. Planung:** **63,45 %**

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

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

### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag erst im letzten Messjahr erbracht.

In Leinefelde ist der bisher erste und einzigste Totalausfall eines Datenloggers aufgetreten.

Allgemein traten in der bisherigen Betriebszeit der Anlage häufige defekte bzw. Havarien auf. Diese sind auf ungeklärte mechanische Defekte im Bereich des Kollektorfeldes zurückzuführen. Weiterhin bereitet der drucklose Betrieb des Pufferspeichers immer wieder Probleme. Es kommt regelmäßig zu abweichenden (zu niedrigen) Volumenströmen, verursacht durch verschmutzte Wärmetauscher bzw. Filter oder Luftansammlung im Speicher. In 2007 wurde der Speicherkreis entleert und der Speicher geöffnet. Ziel war es den Zustand des drucklos betriebenen Speichers nach ca. 9 Betriebsjahren zu ermitteln. Gleichzeitig wurde das Überlaufsystem optimiert um die Probleme mit der sich im Speicher sammelnden Luft in den Griff zu bekommen. Die Begutachtung des Speichers ergab, dass es kaum Korrosionserscheinungen gibt. Wesentlich auffälliger ist der Zustand des Schichtladesystems der Fa. Solvis nach 9 Betriebsjahren. Viele Klappen sitzen, wahrscheinlich durch den Volumenstrom verursacht, verkanntet in den Modulen und schließen bzw. öffnen nur noch eingeschränkt. Des weiteren sind besonders die oberen Klappen durch Ablagerungen verhärtet und damit in ihrer Bewegungsmöglichkeit eingeschränkt. Die Klappen wurden während der Begutachtung des Speichers, soweit möglich, wieder gangbar gemacht. Die

Schautafel gibt immer wieder Anlass zu Beanstandungen. Offensichtlich ist die solare Versorgung der Tafel nicht gewährleistet. Das führt zu frühem Ausfall des Speicherakkus. Mit Stand Februar 2008 ist bekannt, dass neben dem Akkumulator auch der Laderegler ausgefallen ist. Des weiteren ist seit Dezember 2007 ein Ausfall des Nachheizvolumenzählers zu verzeichnen.

Die Anlage läuft derzeit störungsfrei (03/08).

Die Aufwendungen für die Wiederherstellung der Schautafel und den Ersatz des Volumenzählers belaufen sich auf maximal 420,- €.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

**(aktive Kollektorfläche 716,8 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 2x 17,5 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen 0329602U)**



**Abb. 10** Ansicht der Kollektorfelder  
(Quelle: TU I / FG TFD mit freundlicher Genehmigung durch Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik, Sondershausen)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>521.438,15 EUR</b>	1.019.844,37 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>501.549,70 EUR</b>	(980.945,94 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:</b>	<b>66.484,64 EUR</b>	(130.032,65 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>57.850,76 EUR</b>	(113.146,25 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>324.636,47 EUR</b>	(634.933,75 DM)
<b>BMW-Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>73,35 %</b>	
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik</b>	<b>100 %</b>	
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>70,03 %</b>	

Südharzkrankenhaus Nordhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	329.360			0,239 <b>0,1122</b>
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)	329.360			0,240 <b>0,123</b>
1. Betriebsjahr <small>(08.04.99-07.04.00)</small>	395.271	111,14 ja	108,19 ja	0,2000 <b>0,1023</b>
2. Betriebsjahr <small>(08.04.00-07.04.01)</small>	369.933	120,84 ja	117,15 ja	0,2011 <b>0,1028</b>
3. Betriebsjahr <small>(08.04.01-07.04.02)</small>	310.690	102,04 ja	97,63 ja	0,2545 <b>0,1301</b>

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantiertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Verlauf der bisherigen Laufzeit der Anlage sind immer wieder Volumenzähler ausgefallen bzw. wurden keine Volumenströme ermittelt. Ursache sind zum einen die mitunter sehr hohen Volumenströme und damit die Überlastung der Zähler und zum anderen die unklare hydraulische Betriebsweise des Warmwasserbereitungssystems aus zwei parallel betriebenen identischen Systemen. Mit Stand Februar 2008 sieht es so aus, dass ein Warmwasserbereitungssystem ganz außer Betrieb genommen ist. Wobei der Zirkulationskreis dieses Systems in Betrieb ist und Volumenstrom erfasst wird. Des weiteren scheint der Zähler für die Speicherentladung defekt zu sein.

Die Entwicklung muss weiter beobachtet werden. In 2008 sollte eine vor Ort Überprüfung der Anlage erfolgen. Notwendige finanzielle Aufwendungen sind bis dahin nicht bekannt.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.6 Anlage Klinikum Mansfelder Land Hettstedt

**(aktive Kollektorfläche 203,2 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 2x 5,5 m<sup>3</sup> , Förderkennzeichen 0329602W )**



**Abb. 11** Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU I / FG TFD 2000)

**Gesamtkosten:** **190.169,90 EUR** (371.940,00 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:** **134.791,81 EUR** (268.078,00 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist** **EUR** (DM)

**Spez. Messtechnik für ST 2000:** **51.088,28 EUR** (99.920,00 DM)

**Zuwendung für Solaranlage:** **110.586,10 EUR** (216.229,00 DM)

**BMW-Förderung:**  
**der Gesamtanlage:** **85 %**  
**der speziellen zusätzlichen Messtechnik:** **100 %**  
**Solaranlage inkl. Planung:** **79,5 %**

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

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantiertrag in allen drei Messjahren erbracht. Durch die gute Anlagenauslastung mit im Jahresmittel 68l/m<sup>2</sup>\*d und den zuverlässigen Betrieb erreicht die Anlage hohe Wärmeerträge. Ausfälle von Systemkomponenten bzw. Komponenten der Messtechnik sind nicht zu verzeichnen.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal. Es sind keine Maßnahmen zum Zeitpunkt der Berichterstellung erforderlich (03/08).

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

**(aktive Kollektorfläche 95,52 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 5,54 m<sup>3</sup> , Förderkennzeichen: 0329603E)**



**Abb. 12** Ansicht des Kollektorfeldes  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>101.192,88 EUR</b>	(197.916,07 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>69.295,44 EUR</b>	(135.530,11 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:</b>	<b>66.484,64 EUR</b>	(130.032,65 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>34.708,24 EUR</b>	(67.883,42 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>36.126,77 EUR</b>	(70.657,83 DM)
<b>BMW-Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>70 %</b>	
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>	
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>54,34 %</b>	



Kreiskrankenhaus Sonneberg	Ertrag [kWh/a ]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer [DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	52.800			0,224 <b>0,1146</b>
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)	52.800			0,215 <b>0,1099</b>
1. Betriebsjahr <small>(25.01.01-24.01.02)</small>	32.144	92,28 ja	91,16 ja	0,353 <b>0,1804</b>
2. Betriebsjahr <small>(24.01.02-23.01.03)</small>	30.755	90,37 ja	94,12 ja	0,369 <b>0,1885</b>
3. Betriebsjahr <small>(25.01.03-22.01.04)</small>	39.979	95,30 ja	95,41 ja	0,353 <b>0,1450</b>

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht. Seit Jahren läuft die Anlage mit zu niedrigem Speicherladevolumenstrom. Da der Warmwasserverbrauch im Objekt zu niedrig ist macht sich der niedrige Volumenstrom nicht zusätzlich negativ auf den Kollektorwirkungsgrad bemerkbar. Seit März 2004 ist ein Ausfall beider Volumenzähler für die Nachheizung festzustellen. Die Anzeigen der Schautafel sind davon nicht betroffen.

Die Anlage läuft störungsfrei. Es besteht derzeit kein Handlungsbedarf (03/08).

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

**(aktive Kollektorfläche 168,4 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 7,85 m<sup>3</sup> , Förderkennzeichen 0329602 J )**



**Abb. 13 Ansicht des Kollektorfeldes**  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001 )

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>156.634,06 EUR</b> (306.349,60 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>114.880,14 EUR</b> (224.686,04 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:</b>	<b>112.298,88 EUR</b> (219.637,52 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>43.357,93 EUR</b> (84.800,73 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>74.117,62 EUR</b> (144.961,47 DM)

<b>BMW-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>66 %</b>

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

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

⇒ (Nutzwärmekosten\* [ EUR / kWh ] = Annuität [ EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [ kWh / a] )

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht. der Tageswarmwasserverbrauch ist wesentlich geringer als für die Auslegung angenommen (11,5m³/d / 6,5m³/d) und ist weiter im sinken begriffen. Im Juli 2002 wurde eine chemische Wasseraufbereitung zur Legionellenbekämpfung installiert. Die Einbindung des Zirkulationsrücklaufes erfolgt zu nahe am Vorwärmwärmetauscher, so daß die Vorwärmtemperatur TSV1 und damit der Ertrag QSV nicht mehr korrekt erfasst wird. Eine Umrüstung erscheint aufgrund der Platzverhältnisse und des unverhältnismäßigen Aufwandes (Kunststoffrohrleitungen) unzumutbar.

Mit Stand vom März 2008 ist festzustellen, dass die Volumenströme: Vorwärmung Neubau (SVa), Zirkulation Neubau (VZa) sowie Zirkulation Urologie (VZb) fehlen. Es muss geklärt werden ob Defekte vorliegen oder durch Umbaumaßnahmen die Messstellen abgebaut wurden. Des weiteren werden seit geraumer Zeit instabile Werte für

die Außentemperatur (TA1) festgestellt. Hier ist zu prüfen, ob der Defekt am Sensor liegt. Die Aufschaltung am Logger wurde überprüft.

Die Anlage läuft störungsfrei (Berichterstellung 03/08). Zeitnah müssen die Ursachen für die genannten Ausfälle der Volumenströme ermittelt und der Außentemperaturfühler überprüft werden.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.9 Anlage Wohnhaus Erfurt

**(aktive Kollektorfläche 127,5 m<sup>2</sup>-Vakuum-Röhrenkollektor, Pufferspeicher 10 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen 0329602 G )**



**Abb. 14** Frontansicht des Röhrenkollektorfeldes  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>221.873,43 EUR</b> (433.946,72 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>178.012,45 EUR</b> (348.162,18 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:</b>	<b>112.298,88 EUR</b> (219.637,52 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>43.602,87 EUR</b> (85.279,81 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>101.875,01 EUR</b> (199.250,19 DM)
<b>BMW-Förderung: der Gesamtanlage<sup>1)</sup>:</b>	<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>66 %</b>

Wohngebäude KoWo Erfurt	Ertrag [kWh/a ]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer [ DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	75.000			0,4048 <b>0,207</b>
1. Betriebsjahr <small>(07.06.01-06.06.02)</small>	42.989	85,01 nein	78,63 nein	<b>0,354</b>
2. Betriebsjahr <small>(07.06.02-06.06.03)</small>	56.000	97,81 ja	82,65 nein	<b>0,277</b>
3. Betriebsjahr <small>(06.06.03-04.06.04)</small>	57.153	86,76 nein	82,09 nein	<b>0,272</b>

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

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Der Garantieertrag wurde im zweiten Messjahr erreicht. Für eine Vakuumröhrenkollektoranlage ist der Kollektornutzungsgrad zu niedrig. Ursache dafür ist die teilweise gegenseitige Verschattung der in den Modulen um 45° gedrehten Röhren. Eine im Rahmen einer Studienarbeit durchgeführten Untersuchung hat ergeben, dass das Zurückdrehen der Röhren energetisch wie auch finanziell nicht sinnvoll ist.

Im Verlauf der bisherigen Betriebszeit sind alle drei Vorwärmwärmetauscher durch Korrosion, aufgrund des kalkhaltigen Wassers, zerstört worden. Nach Angaben des Betreibers sind nun für die herrschende Trinkwasserqualität besser geeignete Wärmetauscher eingesetzt. Ein Folgeschaden durch einen der defekten Trinkwasserwärmetauscher trat in 2006 am Kollektorwärmetauscher auf (starker Rostanfall im Speicherkreis, damit Verstopfung des WT). Mit Stand März 2008 ist ein defekter Volumenzähler im Kaltwasserzulauf der WWB-Station Gagarin-Ring 128a festzustellen. Der Betreiber, die KOWO, verspricht den seit April 2006 defekten Zähler auszutauschen. Bisher ist dies nicht geschehen.

Die Anlage läuft störungsfrei (Berichterstellung 03/08). Der defekte Zähler muss nun vor der nächsten Sommerphase gewechselt werden.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.10 Anlage Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge

**(aktive Kollektorfläche 216 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 12 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329603K )**



**Abb. 15 Ansicht des Kollektorfeldes**  
(Quelle: Foto: TU Ilmenau 2000)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>203.960,76 EUR</b>	(398.912,57 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>157.881,22 EUR</b>	(308.788,83 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist</b>	<b>160.800,75 EUR</b>	(314.499,01 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>43.523,08 EUR</b>	85.123,74 (DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>114.079,58 EUR</b>	223.120,26 (DM)

<b>BMW-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>77,27 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>72,26 %</b>

KIEZ Güntersberge	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> Systemnutzungsdauer [ DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter	115.347	- -	- -	0,2334 <b>0,1193</b>
1. Betriebsjahr (23.05.02-22.05.03)	35.598	81,82 nein	90,68 ja	<b>0,394</b>
2. Betriebsjahr (22.5.03-21.05.04)	28.410	68,85 nein	76,30 nein	<b>0,494</b>
3. Betriebsjahr (21.05.04-20.05.05)	22.540	65,35 nein	72,43 nein	<b>0,622</b>

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat im ersten Messjahr die Garantie erfüllt und ist mit einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 2m³/d (März bis Oktober) ungenügend ausgelastet (ca. 10l/m²\*d). Hinzu kommt, dass der provisorisch eingesetzte Entladewärmetauscher unterdimensioniert ist und somit die ausreichend zur Verfügung stehende Wärme nicht optimal an das Trinkwasser übergeben werden kann. Des weiteren wird seit in Betriebnahme der Anlage eine sehr schlechte thermische Schichtung im Speicher bei der Beladung festgestellt.

Die Anlage läuft störungsfrei (Berichterstellung 03/08). Es wird eingeschätzt, dass mit (kostenintensiven) Optimierungsmaßnahmen die Systemeffizienz der Anlage noch gesteigert werden könnte:

- a.) Einbau eines optimal ausgelegten Entladewärmetauschers. Nach den Vorliegenden Verbrauchsprofilen ist eine passende Auslegung leicht möglich.
- b.) Überprüfung und Optimierung der Speichereinbauten. Der von der Fa. Flamko STAG Genthin gefertigte Speicher enthält nach den Revisionsunterlagen eine Schichtladeeinrichtung welche ihren Zweck offensichtlich in keinsten Weise erfüllt. Weiterhin scheinen Umlenkeinrichtungen (Prallbleche etc.) nur ungenügend bzw. gar nicht vorgesehen sein.



- c.) Einbindung der Zirkulation in das Solarsystem. Damit steht mit den Zirkulationsverlusten eine permanent anfallende Last zur Verfügung. Durch das weitverzweigte Wärmeverteilnetz im Objekt betragen die durchschnittlichen Zirkulationsverluste ca. 2.100 kWh pro Woche. Die Rücklauftemperatur des Zirkulationskreises beträgt im Sommer ca. 45°C, bei einer Warmwassertemperatur von 60 – 70°C.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

**(aktive Kollektorfläche 104 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 5 m<sup>3</sup> , FKZ 0329603R)**



**Abb. 16 Ansicht des Kollektorfeldes**  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2002)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>119.680,96 EUR</b>	(234.075,61 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>69.730,12 EUR</b>	(136.380,26 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist</b>	<b>EUR</b>	(DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>49.950,84 EUR</b>	(97.695,35 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>39.809,88 EUR</b>	(77.861,35 DM)

<b>BMW-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>57,09 %</b>

Wohngebäude Weißenfels	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs-Grad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> Systemnutzungs-dauer [ DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter	47.000	-	-	<b>0,1294</b>
1. Betriebsjahr (07.11.02- 6.11.03)	49.665	90,24 ja	91,27 ja	<b>0,1224</b>
2. Betriebsjahr (04.11.04- 03.11.05)	29.876	54,76 nein	56,30 nein	<b>0,249</b>
3. Betriebsjahr (03.11.05- 02.11.06)	29587	58,67 nein	59,90 nein	<b>0,252</b>

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

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat den Garantieertrag im ersten Jahr erreicht. Ein großes Problem stellt, seit der in Betriebnahme der Anlage Ende 2002, der niedrige Druck im Speicherkreis dar. Das weitverzweigte Entladesystem lässt sich nur schwer oder gar nicht entlüften. Die Folge ist, dass immer wieder einzelne Stationen keine solare Wärme erhalten. Nach nunmehr 6-jähriger Betriebszeit hat sich die Problematik durch eine Havarie im Jahr 2007 derart verschlechtert, dass kein sinnvoller Betrieb der Anlage mehr möglich ist. Durch die Havarie wurde der GFK-Speicher beschädigt und hält den Druck nicht mehr.

Im Frühjahr 2008 ist deshalb vorgesehen, den beschädigten 5m<sup>3</sup> GFK-Speicher durch einen neuen 4m<sup>3</sup> Speicher zu ersetzen.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.12 Anlage Wohngebäude Weimar

**(aktive Kollektorfläche 118 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 6 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen: 0329603 W )**



**Abb. 17 Ansicht des Kollektorfeldes**  
(Quelle: Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>139.004,39 EUR</b>	<b>(271.868,96 DM)</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:</b>	<b>85.829,78 EUR</b>	<b>(167.868,46 DM)</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Ist:</b>	<b>85.732,75 EUR</b>	<b>(167.678,68 DM)</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>56.143,24 EUR</b>	<b>(109.806,63 DM)</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>48.110,05 EUR</b>	<b>( 94.095,75 DM)</b>
<b>BMW-Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>		<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>		<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>		<b>56 %</b>

Wohngebäude Weimar	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer [ DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter	60.882			0,239 <b>0,122</b>
1. Betriebsjahr (10.10.02-09.10.03)	61.644	86,40 nein	90,42 ja	0,237 <b>0,121</b>
2. Betriebsjahr (09.10.03-08.10.04)	59.194	81,26 nein	85,32 nein	- <b>0,124</b>
3. Betriebsjahr (07.10.04-06.10.05)	57.951	83,39 nein	86,63 nein	- <b>0,132</b>

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

#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat nur im ersten Jahr den Garantieertrag erreicht. In den übrigen Messjahren wurde der Garantieertrag nur knapp verfehlt. Ursache dafür ist der relativ hoch angesetzte Garantieertrag des Anbieters von 60.880 kWh bei 118m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Ungeachtet dessen lässt sich feststellen, dass diese Anlage die mit Abstand zuverlässigste und ertragreichste Anlage im Thüringer Programm ist.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal (Berichterstellung 03/08). Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.13 Anlage Wohngebäude Gera

**(aktive Kollektorfläche 105 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 5 m<sup>3</sup> , Förderkennzeichen: 0329603 X)**



**Abb. 18 Ansicht der Kollektorfelder**  
(Quelle: Foto: TU I 2003 mit freundlicher Genehmigung von Ing.-Büro Beutler Gera)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>138.045,00 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Bewilligung:</b>	<b>93.102,00 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Vergabe:</b>	<b>94.722,65 EUR</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>43.184,66 EUR</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>60.349,77 EUR</b>

<b>BMWA-Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>58,3 %</b>

Anlage Wohngebäude Gera	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer [DM / kWh] <b>[EUR / kWh]</b>
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	48.791	-	-	0,274 <b>0,140</b>
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)				
1. Betriebsjahr (31.07.03 – 30.07.04)	36.561	84,27 nein	80,55 nein	<b>0,226</b>
2. Betriebsjahr (31.07.04 – 29.07.05)	42.197	96,59 ja	91,63 ja	<b>0,196</b>
3. Betriebsjahr (28.07.05 – 27.07.06)	41.959	102,13 ja	98,78 ja	<b>0,197</b>

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

### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage hat im zweiten und dritten Messjahr den Garantieertrag erreicht. Eine Optimierung des Entladesystems noch während der ersten Messperiode führte dazu, dass die Anlage im zweiten und im dritten Messjahr den Garantieertrag erreichte.

Derzeit gibt es noch ein Folgeproblem einer Gewittereinwirkung aus dem Sommer 2007. Das Tafelmodem ist defekt und wurde zum Hersteller eingeschickt.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal (Berichterstellung 03/08). Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**  
**Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.14 Anlage Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen

**(aktive Kollektorfläche 646,2 m<sup>2</sup> , Pufferspeicher 35 m<sup>3</sup> , Förderkennzeichen:0329604 A )**



**Abb. 19** Ansicht der Kollektorfelder  
(Quelle: Bild Xtoday-Media Verlag 2003)

**Gesamtkosten:** **543.807,04 EUR** (1.063.594,12 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:** **528.290,00 EUR** (1.033.245,43 DM)

**Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:** **461.816,44 EUR** (903.234,44 DM)

**Spez. Messtechnik für ST 2000:** **74.436,60 EUR** (145.585,34 DM)

**Zuwendung für Solaranlage:** **302.900,52 EUR** (592.421,92 DM)

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



Reha Klinik der DRV Bund in Bad Frankenhäusern	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	298.440			<b>0,135</b>
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)				
1. Betriebsjahr (01.04.04 – 31.03.05)	196.386	84,10 nein	84,86 nein	<b>0,205</b>
2. Betriebsjahr (31.03.05 – 30.03.06)	226.974	90,80 ja	89,96 ja	<b>0,177</b>
3. Betriebsjahr (30.03.06 – 29.03.07)	238.662	94,00 ja	92,02 ja	<b>0,169</b>
4. Betriebsjahr (28.03.07 – 27.03.08)				

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

### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Ähnlich wie in der Anlage Gera wurde in Bad Frankenhäusern der Garantieertrag erst nach Optimierungen ab dem zweiten und dritten Messjahr erreicht. In Bad Frankenhäusern waren die erforderlichen Maßnahmen nur wesentlich umfangreicher.

Nach Informationen des Betreibers gibt es auch im 4. Betriebsjahr massive Probleme mit der Dichtigkeit der Kollektoren. Im April ist der weitere Austausch von mindestens 12 Kollektoren vorgesehen.

Sonst sind größere Ausfälle von Komponenten des Systems oder der Messtechnik nicht zu verzeichnen.

In Anbetracht der Komplexität der Anlage läuft diese zuverlässig und entsprechend dem technischen Stand optimal. Es sind von Seiten der TU Ilmenau keine Maßnahmen erforderlich (Berichterstellung 03/08).

**Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !  
 Die Garantienachrechnungen über die Messperioden finden Sie in Anlage 2 !**

## 2.2.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

**(Kollektorfläche 117 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 2 x 50 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329603Y )**



**Abb. 19** Ansicht der Kollektorfassade  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb. 20** Ansicht Pufferspeicher  
(2x 50 m<sup>3</sup>)  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>155.190,83 EUR</b>	(303.526,88 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:</b>	<b>125.766,00 EUR</b>	(245.976,92 DM)
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>	<b>99.480,67 EUR</b>	(194.567,28 DM)
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>52.216,00 EUR</b>	(102.125,62 DM)
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>116.393,12 EUR</b>	(227.645,16 DM)
<b>BMW i - Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>		<b>75 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>		<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>		<b>64 %</b>

Staatliches Sportgymnasium Oberhof	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [ % ] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [ % ] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Abschätzung* <sup>1</sup>	65.000			<b>0,1687</b>
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	39.159			<b>0,222</b>
1. Betriebsjahr	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte schon im September 2006. Aufgrund von Verzögerungen im Bauablauf des Zentralgebäudes stand für die Anlage bis Sommer 2007 kein Verbraucher zur Verfügung. Deshalb wurde in 2007, abweichend vom bisherigen Planungsstand, die Einbindung der Warmwasserbereitung des Jungeninternates realisiert. Mit Stand März 2008 werden letzte Restarbeiten an der Haustechnik des Zentralgebäudes ausgeführt. Im April ist die technische Abnahme des Gesamtvorhabens inklusive solare Einbindung der WWB sowie Fußbodenheizung des Zentralgebäudes vorgesehen.

Die Anlage befindet sich derzeit (Berichterstellung 03/08) noch im Probetrieb.

**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

## 2.16 Solaranlage Nationalpark-JH Harsberg

**(Kollektorfläche 135,9 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 15 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329604D )**



**Abb. 21** Ansicht des Kollektorfeldes  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb. 22** 15 m<sup>3</sup>-GFK Wärmespeicher (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>288.866,79 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:</b>	<b>157.102,00 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>	<b>179.439,37 EUR</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>44.018,42 EUR</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>104.744,99 EUR</b>
<b>BMU - Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>65 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>45,8 %</b>

Solaranlage Nationalpark – JH Harsberg	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Abschätzung	65.000			<b>0,21</b>
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	68.080			<b>0,23</b>
1. Betriebsjahr	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte im Sommer 2007. Die Komplexität der Solar- und Haustechnikstation Sovis-Zentro erfordert derzeit noch Optimierungen.

Die Anlage befindet sich im Probetrieb (Berichterstellung 03/089)

**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

## 2.17 Solargestützte Kälteerzeugung Bürogebäude Fürth

**(Kollektorfläche 87,72 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 2x 1,438 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329604A)**



**Abb. 23** Ansicht des Kollektorfeldes  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb. 24** Ansicht des Bürogebäudes  
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>231.500,00 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:</b>	<b>171.500,00 EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>	<b>EUR</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>60.000,00 EUR</b>
<b>Zuwendung für Solar- / Kälteanlage:</b>	<b>55.750,00 EUR</b>

<b>BMU - Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>50 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solar-/Kälteanlage inkl. Planung:</b>	<b>24 %</b>

Solargestützte Kälteerzeugung Bürogebäude Fürth	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Abschätzung				
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)				
1. Betriebsjahr	-	-	-	-
2. Betriebsjahr	-	-	-	-
3. Betriebsjahr	-	-	-	-

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

Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Die Anlage befindet sich noch in der Bauphase. Installation und Inbetriebnahme der Systemtechnik wurden in 2007 weitgehend abgeschlossen. Derzeit wird die Messtechnik installiert und in Betrieb genommen (Berichterstellung 03/08).

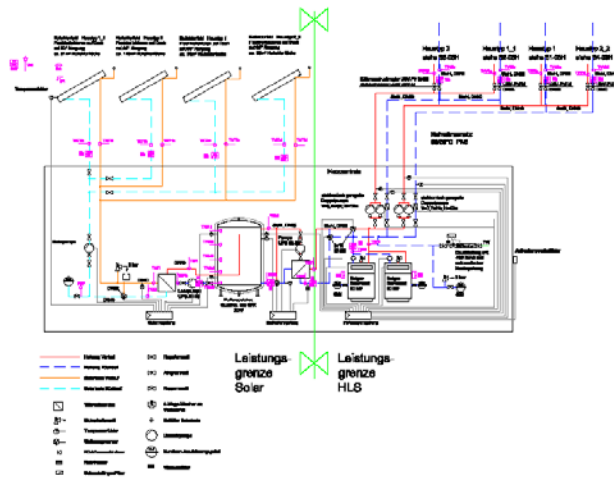
**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

## 2.18 Solaranlage Jena, Siegfried-Czapski-Str.

**(Kollektorfläche 300 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 30 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329604G)**



**Abb. 25** Modelldarstellung (Quelle: Limmer+Otto BDA 2006)



**Abb. 26** Schema der solar gestützten Wärmeversorgung

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>278.984,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:</b>	<b>215.484,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>		<b>EUR</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>59.500,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>85.572,00</b>	<b>EUR</b>

<b>BMU - Förderung:</b>	
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>52 %</b>
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>30,7 %</b>



Solaranlage Jena, Siegfried- Czapski-Str.	Ertrag [kWh/a]	Solarga- rantie- ertrag  [ % ] erfüllt ?	Systemnut- zungs- Grad – Ga- rantie [ % ] er- füllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer <b>[EUR / kWh]</b>
Abschätzung	80.600			<b>0,23</b>
Bieter (Kosten auf Basis Verga- be)				
1. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	-

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

⇒ (Nutzwärmekosten\* [EUR / kWh] = Annuität [ EUR /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

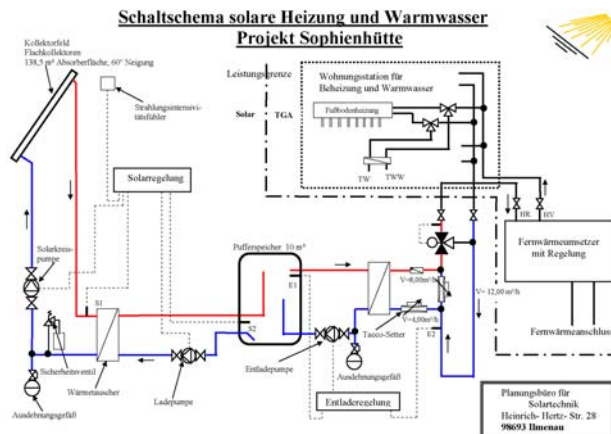
#### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Zuwendungsbescheid am 29.01.2007.  
Die Realisierung erfolgt im 3. / 4. Quartal 2008.

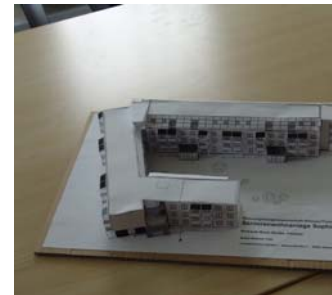
**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

## 2.19 Solaranlage Wohnanlage Ilmenau

**(Kollektorfläche 138,5 m<sup>2</sup>, Pufferspeicher 10 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen:0329604J)**



**Abb. 27** Schaltschema (Quelle: Planungsbüro für Solartechnik Ilmenau 2007)



**Abb. 28** Modellaufnahme der Wohnanlage (Quelle: WG e.V. Ilmenau)

<b>Gesamtkosten:</b>	<b>177.000,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vorgabe:</b>	<b>116.000,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:</b>		<b>EUR</b>
<b>Spez. Messtechnik für ST 2000:</b>	<b>57.000,00</b>	<b>EUR</b>
<b>Zuwendung für Solaranlage:</b>	<b>59.000,00</b>	<b>EUR</b>
<b>BMU - Förderung:</b>		
<b>der Gesamtanlage:</b>	<b>60 %</b>	
<b>der speziellen zusätzlichen Messtechnik:</b>	<b>100 %</b>	
<b>Solaranlage inkl. Planung:</b>	<b>33,3 %</b>	

Solaranlage Wohnanlage Ilmenau	Ertrag [kWh/a]	Solarga- rantie- ertrag  [ % ] erfüllt ?	Systemnut- zungs- Grad – Ga- rantie [ % ] er- füllt ?	Nutzwärmekosten* bei <b>20 Jahren</b> System- nutzungsdauer <b>[EUR / kWh]</b>
Abschätzung	43.350			<b>0,2372</b>
Bieter (Kosten auf Basis Verga- be)				
1. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	-

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

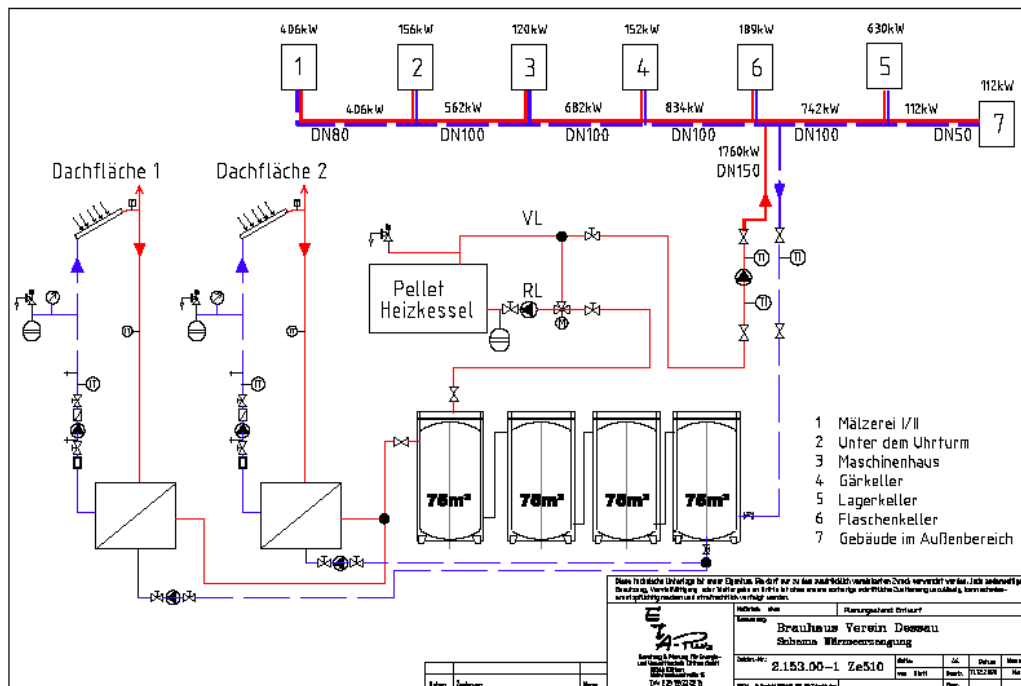
Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Bewilligung am 07.02.2008.  
 Projektlaufzeit ist vom 01.04.2008 – 30.09.2010.

**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

## 2.20 Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss Brauerei Dessau

**(Kollektorfläche 500 m<sup>2</sup>, 100 m<sup>2</sup> Solarluftkollektoren, Pufferspeicher 300 m<sup>3</sup>, Förderkennzeichen: Az.: 02E2-41V 5004)**



**Abb. 29** Schema Wärmeerzeugung (Quelle: Ing.-Büro ETA plus, Köthen)

### Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal „ehemalige Schultheiss – Brauerei Dessau“ (Modell zur Wärmeversorgung mit reg. Energien) Az 02E2 – 41V 5004 – Die Antragstellung erfolgt 03 - 04 2008.

**Eine Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !**

### **3.3. Zusammenfassung / Ergebnisbewertung / Perspektive**

(Quelle: ZfS –Rationelle Energietechnik – Abschlußbericht zum Projekt 032 9601 L August 2007)

Das Förderprogramm war zu Beginn schwerpunktmäßig mit 80 % auf die neuen Bundesländer ausgerichtet.

Im Sinne einer längerfristigen Betreuung und um von Anfang an Fehlinvestitionen zu vermeiden, wurden durch den Projektträger in Abstimmung mit der ZfS geeignete betreuende Stellen (Projektgruppen) ausgewählt und festgelegt. Es waren und sind dies:

- TU Chemnitz - Professur Technische Thermodynamik
- TU Ilmenau - Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik
- Universität Potsdam – Institut für Berufspädagogik, Fachrichtung Elektro- und Metalltechnik
- FH Merseburg - Fachbereich Maschinenbau
- FH Stralsund – Fachbereich Elektrotechnik
- ZfS - Hilden beauftragt mit der Betreuung der Anlagen in den alten Bundesländern durch den Projektträger.

Durch die ZfS Hilden erfolgt auch die Gesamtkoordination des programmbegleitenden Betreuungsprogramms und die zusammenfassenden Analysen.

Die o.g. Stellen betreuten die Anlagen im entsprechenden Bundesland und in räumlich zumutbarer Nähe in anderen Bundesländern.

Im Verlauf des Programms und seiner Betreuung trat jedoch eine ungleiche regionale Verteilung der Demonstrations- und Forschungsanlagen ein, mit dem Ergebnis, dass einige Projektgruppen stärker wuchsen als andere.

Im Verlauf der Programmlaufzeit (2000) wurde das Programm gleichberechtigt für alle Bundesländer geöffnet. Dies bedeutete gleichzeitig eine neue Schwerpunktsetzung für die Betreuung. Die Universität Potsdam und die FH Merseburg schieden aus (per 06 / 2008 scheidet auch die FH Stralsund aus).

Neu hinzu kamen die FH Offenburg und die FhG-ISE (Frauenhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg) zur Betreuung von Anlagen zur solaren Kühlung. ...)

#### **3.3.1 Entwicklung der solaren Systemtechnik**

Im Berichtszeitraum Phase1 bis Phase 3 wurden zur thermischen Solarenergienutzung Anlagen errichtet und wissenschaftlich-(mess)-technisch begleitet:

- Anlagen zur Trinkwassererwärmung (z.B. Solaranlage Seniorenheim Jena)
- Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Zirkulationsunterstützung (z.B. Kreis-krankenhaus Neuhaus)
- Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung – Kombianlagen (z.B. Solaranlage Sportgymnasium Oberhof)

- Anlagen zur Trinkwassererwärmung, Therapiebeckenheizung und Heizungsunterstützung (z.B. Solaranlage Reha-Klinik der DRV Bund in Bad Frankenhausen)
- Solargestützte Wärmeversorgung (Trinkwassererwärmung und Heizwärme) in solaren Wärmenetzen mit Solar-Wärmespeichern als Tages-/Wochen-/und Monatsspeicher (z.B. solargestützte Nahwärmeversorgung von vier Stadtvillen in Jena)
- In Wärmenetzen eingebundene Anlagen mit Wochen- bis Monatswärmespeichern zur Wärmezeugung (Trinkwasser + Heizung, z.B. Solaranlage JH Harsberg)
- In Wärmenetzen eingebundene Anlagen mit Wochen- bis Monatswärmespeichern zur Wärmezeugung (Trinkwasser + Heizung + Klimatisierung / Lufttrocknung, z.B. in Vorbereitung Solargestützte Wärmeeinbindung in die Wärmeversorgung Umnutzung des Brauereiareals der ehemaligen Schultheißbrauerei in Dessau)
- Solarautarke Klimatisierung (z.B. Bürohaus der iba AG in Fürth)

### **3.3.1 aktueller Status der Anlagen (März 2008)**

#### **3.3.1.1 Jena, Alten- und Pflegeheim Käthe Kollwitz (WA)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in den ersten beiden Messjahren erbracht. Im dritten Messjahr wird der Garantieertrag mit 88% knapp nicht erreicht. Im Mai 2002 wurde ein neuer Entladeregler (Enreg1, Tetra Ilmenau) eingebaut. Die Übergabe der Wärme an das Trinkwasser erfolgt seitdem nachweislich effektiver.

Bisher ist in der Anlage nur ein Volumenzähler, im Kaltwasserzulauf, ausgefallen. Da zwei Zähler unmittelbar hintereinander eingebaut sind, konnte für eine gewisse Zeit auf die Daten dieses Zählers verzichtet werden. In 2007 wurde der defekte Zähler durch den Betreiber ersetzt.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig. Es besteht derzeit (03/08) kein Handlungsbedarf.

#### **3.3.1.2 Pößneck, Alten- und Pflegeheim Jahnstraße (WB)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht. Das Messprogramm ist abgeschlossen.

Im Frühjahr 2003 wurde der Wärmeträger im Kollektorkreis ersetzt. Mit Stand Ende 2007 sind die Zähler des Zirkulationskreises (VZ) und des Nachheizkreises (HT) nicht mehr in Betrieb. Da diese Informationen nicht auf der Anzeigetafel dargestellt werden ist ein Ersatz der Zähler nicht zwingend notwendig. Seit November 2007 wird ein neuerlicher Rückgang des Volumenstromes im Kollektorkreis beobachtet.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig (03/08). Es sollte der Wärmeträger bzw. die Pumpe des Kollektorkreises überprüft werden.

### **3.3.1.3 Neuhaus, Krankenhaus (WC)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Dezember 1999 fällt die Schautafel aus und wird durch die Fa. Meßtec auf Kulanz repariert. Weitere Ausfälle von Komponenten der Messtechnik sind nicht aufgetreten.

In anbetracht der Tatsache das der Verbrauch im Objekt stark zurückgegangen ist, läuft die Anlage störungsfrei und zuverlässig. Es besteht kein Handlungsbedarf (03/08).

### **3.3.1.4 Nordhausen, Südharzkrankenhaus (WD)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Verlauf der bisherigen Laufzeit der Anlage sind immer wieder Volumenzähler ausgefallen bzw. wurden keine Volumenströme ermittelt. Ursache sind zum einen die mitunter sehr hohen Volumenströme und damit die Überlastung der Zähler und zum anderen die unklare hydraulische Betriebsweise des Warmwasserbereitungssystems aus zwei parallel betriebenen identischen Systemen. Mit Stand Februar 2008 sieht es so aus, dass ein Warmwasserbereitungssystem ganz außer Betrieb genommen ist. Wobei der Zirkulationskreis dieses Systems in Betrieb ist und Volumenstrom erfasst wird. Des weiteren scheint der Zähler für die Speicherentladung defekt zu sein.

Die Entwicklung muss weiter beobachtet werden. In 2008 sollte eine vor Ort Überprüfung der Anlage erfolgen.

### **3.3.1.5 Leinefelde, Wohngebäude Gaußstraße (WE)**

Die Anlage hat den Garantieertrag im letzten Messjahr erbracht.

In Leinefelde ist der bisher erste und einzigste Totalausfall eines Datenloggers aufgetreten.

Allgemein traten in der bisherigen Betriebszeit der Anlage häufige defekte bzw. Havarien auf. Diese sind auf ungeklärte mechanische Defekte im Bereich des Kollektorfeldes zurückzuführen. Weiterhin bereitet der drucklose Betrieb des Pufferspeichers immer wieder Probleme. Es kommt regelmäßig zu abweichenden (zu niedrigen) Volumenströmen, verursacht durch verschmutzte Wärmetauscher bzw. Filter oder Luftansammlung im Speicher. In 2007 wurde der Speicherkreis entleert und der Speicher geöffnet. Ziel war es den Zustand des drucklos betriebenen Speichers nach ca. 9 Betriebsjahren zu ermitteln. Gleichzeitig wurde das Überlaufsystem optimiert um die Probleme mit der sich im Speicher sammelnden Luft in den Griff zu bekommen. Die Begutachtung des Speichers ergab, dass es kaum Korrosionserscheinungen gibt. Wesentlich auffälliger ist der Zustand des Schichtladesystems der Fa. Solvis nach 9 Betriebsjahren. Viele Klappen sitzen, wahrscheinlich durch den Volumenstrom verursacht, verkanntet in den Modulen und schließen bzw. öffnen nur noch eingeschränkt. Des weiteren sind besonders die oberen Klappen durch Ablagerungen verhärtet und damit in ihrer Bewegungsmöglichkeit eingeschränkt. Die Klappen wurden während der Begutachtung des Speichers, soweit möglich, wieder gangbar gemacht. Die Schautafel gibt immer wieder Anlass zu Beanstandungen. Offensichtlich ist die solare Versorgung der Tafel nicht gewährleistet. Das führt zu frühem Ausfall des Speicherakkus. Mit Stand Februar 2008 ist bekannt, dass neben dem Akkumulator auch der

Laderegler ausgefallen ist. Des weiteren ist seit Dezember 2007 ein Ausfall des Nachheizvolumenzählers zu verzeichnen.

Die Anlage läuft derzeit störungsfrei(03/08).

### **3.3.1.6 Erfurt, Wohngebäude Gagarin-Ring (WF)**

Der Garantieertrag wurde im zweiten Messjahr erreicht. Für eine Vakuumröhrenkollektoranlage ist der Kollektornutzungsgrad zu niedrig. Ursache dafür ist die teilweise gegenseitige Verschattung der in den Modulen um 45° gedrehten Röhren. Eine im Rahmen einer Studienarbeit durchgeführten Untersuchung hat ergeben, dass das Zurückdrehen der Röhren energetisch als auch finanziell nicht sinnvoll ist.

Im Verlauf der bisherigen Betriebszeit sind alle drei Vorwärmwärmetauscher durch Korrosion, aufgrund des kalkhaltigen Wassers, zerstört worden. Nach Angaben des Betreibers sind nun für die herrschende Trinkwasserqualität besser geeignete Wärmetauscher eingesetzt. Ein Folgeschaden durch einen der defekten Trinkwasserwärmetauscher trat in 2006 am Kollektorwärmetauscher auf (starker Rostanfall im Speicherkreis, damit Verstopfung des WT). Mit Stand März 2008 ist ein defekter Volumenzähler im Kaltwasserzulauf der WWB-Station Gagarin-Ring 128a festzustellen. Der Betreiber, die KOWO verspricht den seit April 2006 defekten Zähler auszutauschen. Bisher ist dies nicht geschehen.

Die Anlage läuft störungsfrei (03/08). Der defekte Zähler muss nun vor der nächsten Sommerphase gewechselt werden.

### **3.3.1.7 Ilmenau, Krankenhaus (WG)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht. Der Tageswarmwasserverbrauch ist wesentlich geringer als für die Auslegung angenommen ( $11,5\text{m}^3/\text{d}$  /  $6,5\text{m}^3/\text{d}$ ) und ist weiter im Sinken begriffen. Im Juli 2002 wird eine chemische Wasseraufbereitung zur Legionellenbekämpfung installiert. Die Einbindung des Zirkulationsrücklaufes erfolgt zu nahe am Vorwärmwärmetauscher, so daß die Vorwärmtemperatur TSV1 und damit der Ertrag QSV nicht mehr korrekt erfasst wird. Eine Umrüstung erscheint aufgrund der Platzverhältnisse und des unverhältnismäßigen Aufwandes (Kunststoffrohrleitungen) unzumutbar.

Mit Stand vom März 2008 ist festzustellen, dass die Volumenströme: Vorwärmung Neubau (SVa), Zirkulation Neubau (VZa) sowie Zirkulation Urologie (VZb) fehlen. Es muss geklärt werden, ob Defekte vorliegen oder durch Umbaumaßnahmen die Messstellen abgebaut wurden. Des weiteren werden seit geraumer Zeit instabile Werte für die Außentemperatur (TA1) festgestellt. Hier ist zu prüfen, ob der Defekt am Sensor liegt. Die Aufschaltung am Logger wurde überprüft.

Die Anlage läuft störungsfrei (03/08). Zeitnah müssen die Ursachen für die genannten Ausfälle der Volumenströme ermittelt und der Außentemperaturfühler überprüft werden.



### **3.3.1.8 Sonneberg, Krankenhaus (WH)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht. Seit Jahren läuft die Anlage mit zu niedrigem Speicherladevolumenstrom. Da der Warmwasserverbrauch im Objekt zu niedrig ist, macht sich der niedrige Volumenstrom nicht zusätzlich negativ auf den Kollektorwirkungsgrad bemerkbar. Seit März 2004 ist ein Ausfall beider Volumenzähler für die Nachheizung festzustellen. Die Anzeigen der Schautafel sind davon nicht betroffen.

Die Anlage läuft störungsfrei (03/08). Es besteht derzeit kein Handlungsbedarf.

### **3.3.1.9 Güntersberge, Kinder- und Erholungszentrum (WI)**

Die Anlage ist mit einer aktiven Kollektorfläche von 216m<sup>2</sup> und einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 2m<sup>3</sup>/d (März bis Oktober) sehr schlecht ausgelastet (ca. 10l/m<sup>2</sup>\*d). Hinzu kommt, dass der provisorisch eingesetzte Entladewärmetauscher unterdimensioniert ist und somit die ausreichend zur Verfügung stehende Wärme nicht optimal an das Trinkwasser übergeben werden kann. Des Weiteren wird seit in Betriebnahme der Anlage eine sehr schlechte thermische Schichtung im Speicher bei der Beladung festgestellt.

Die Anlage läuft störungsfrei (03/08). Es wird eingeschätzt, dass mit drei Optimierungsmaßnahmen die Systemeffizienz der Anlage erheblich gesteigert werden kann:

- d.) Einbau eines optimal ausgelegten Entladewärmetauschers. Nach den Vorliegenden Verbrauchsprofilen ist eine passende Auslegung leicht möglich.
- e.) Überprüfung und Optimierung der Speichereinbauten. Der von der Fa. Flamko STAG Genthin gefertigte Speicher enthält nach den Revisionsunterlagen eine Schichtladeeinrichtung welche ihren Zweck offensichtlich nicht erfüllt. Weiterhin scheinen Umlenkeinrichtungen (Prallbleche etc.) nur ungenügend bzw. gar nicht vorgesehen zu sein.
- f.) Um die Auslastung der Anlage zu erhöhen, könnte die Zirkulation in das Solarsystem mit eingebunden werden. Dies hätte den Vorteil, dass mit den Zirkulationsverlusten eine permanent anfallende Last zur Verfügung stünde. Es wäre z.B. denkbar, den derzeit im Entladekreis eingesetzten Wärmetauscher für die Zirkulationseinbindung zu verwenden. Durch das weitverzweigte Wärmeverteilnetz im Objekt betragen die durchschnittlichen Zirkulationsverluste ca. 2100 kWh pro Woche. Die Rücklauftemperatur des Zirkulationskreises beträgt im Sommer ca. 45°C, bei einer Warmwassertemperatur von 60 – 70°C.

Dies ändert allerdings nichts an der ungenügenden Auslastung des Objektes. Der Vergleich der nötigen finanziellen Aufwendungen steht nicht im Verhältnis zum Nutzen.

### **3.3.1.10 Weißenfels, Wohngebäude Kugelberg (WK)**

Die Anlage hat den Garantiertrag im ersten Jahr erreicht. Ein großes Problem stellt, seit der Inbetriebnahme der Anlage Ende 2002, der niedrige Druck im Speicherkreis dar. Das weitverzweigte Entladesystem lässt sich nur schwer oder gar nicht entlüften. Die Folge ist, dass immer wieder einzelne Stationen keine solare Wärme erhalten. Im Frühjahr 2008 ist deshalb vorgesehen den 5m<sup>3</sup> GFK-Speicher durch einen 4m<sup>3</sup> Speicher zu ersetzen. Der neue Speicher lässt Systemdrücke bis 3bar zu, so das eine Entlüftung des Entladesystems problemlos möglich sein sollte.

### **3.3.1.11 Weimar, Wohngebäude Warschauer Straße (WL)**

Die Anlage hat nur im ersten Jahr den Garantiertrag erreicht. In den übrigen Messjahren wurde der Garantiertrag nur knapp verfehlt. Ursache dafür ist der relativ hoch angesetzte Garantiertrag des Anbieters von 60.880 kWh bei 118m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Ungeachtet dessen lässt sich feststellen, dass diese Anlage die mit Abstand zuverlässigste und ertragreichste Anlage in Thüringen ist.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal. Es sind keine Maßnahmen erforderlich (03/08).

### **3.3.1.12 Gera, Wohngebäude Eiselstraße (WM)**

Die Anlage hat erst im zweiten Messjahr den Garantiertrag erreicht. Eine Optimierung des Entladesystems noch während der ersten Messperiode führte dazu, dass die Anlage, im zweiten und im dritten Messjahr, den Garantiertrag erreichte.

Derzeit gibt es noch ein Folgeproblem einer Gewittereinwirkung aus dem Sommer 2007. Das Tafelmodem ist defekt und wurde zum Hersteller eingeschickt.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal (03/08). Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **3.3.1.13 Bad Frankenhausen, Reha-Klinik der DRV Bund (WO)**

Ähnlich wie in der Anlage Gera wurde in Bad Frankenhausen der Garantiertrag erst nach Optimierungen ab dem zweiten Messjahr erreicht. In Frankenhausen waren nur die erforderlichen Maßnahmen wesentlich umfangreicher.

Nach Informationen des Betreibers gibt es auch im 4. Betriebsjahr massive Probleme mit der Dichtigkeit der Kollektoren. Sonst sind größere Ausfälle von Komponenten des Systems oder der Messtechnik nicht zu verzeichnen.

In Anbetracht der Komplexität der Anlage läuft diese zuverlässig und entsprechend dem technischen Stand optimal (03/08). Es sind von Seiten der TUI keine Maßnahmen erforderlich.

### **3.3.1.14 Oberhof, Sportgymnasium (WN)**

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte schon im September 2006. Aufgrund von Verzögerungen im Bauablauf des Zentralgebäudes stand für die Anlage bis Sommer 2007 kein Verbraucher zur Verfügung. Deshalb wurde in 2007, abweichend vom bisherigen Planungsstand, die Einbindung der Warmwasserbereitung des Jungeninternates realisiert. Mit Stand März 2008 werden letzte Restarbeiten an

der Haustechnik des Zentralgebäudes ausgeführt. Im April ist die technische Abnahme des Gesamtvorhabens inklusive solare Einbindung der WWB sowie Fußbodenheizung des Zentralgebäudes vorgesehen.

Die Anlage befindet sich noch im Probetrieb.

#### **3.3.1.15 Harsberg, Nationalpark Heinich, Jugendherberge (WP)**

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte im Sommer 2007. Die Komplexität der Solar- und Haustechnikstation Sovis-Zentro erfordert derzeit noch erhebliche Optimierungen.

Die Anlage befindet sich im Probetrieb

#### **3.3.1.16 Fürth, IBA-AG (WR)**

Die Anlage befindet sich noch in der Bauphase. Installation und Inbetriebnahme der Systemtechnik wurden in 2007 weitgehend abgeschlossen. Derzeit (03/08) wird die Messtechnik installiert und in Betrieb genommen.

#### **3.3.1.17 Hettstedt, Krankenhaus (XB)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht. Durch die gute Anlagenauslastung mit im Jahresmittel  $68\text{l/m}^2\cdot\text{d}$  und den zuverlässigen Betrieb erreicht die Anlage hohe Wärmeerträge. Ausfälle von Systemkomponenten bzw. Komponenten der Messtechnik sind nicht zu verzeichnen.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal (03/08). Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### 3.3.2 Ergebnisse

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.

Laufende Nr. in Thüringen/ Solarthermie	Status / Anlage	Antragstellung/Realisierung / Probebetrieb	1. Messperiode (MP)	2. Messperiode (MP)	3. Messperiode (MP)	Langzeitmess-Programm (seit ...)	Garantie erfüllt?
01 / 02	02C Jena	√	√	√	√	√ (99)	√
02 / 04	02J Pößneck	√	√	√	√	√ (00)	√
03 / 08	02G Neuhaus	√	√	√	√	√ (01)	√
04 / 21	02Y Leinefelde	√	√	√	√	√ (02)	√
05 / 11	02U Nordhausen	√	√	√	√	√ (02)	√
06 / 17	02W Hettstedt	√	√	√	√	√ (03)	√
07 / 19	03E Sonneberg	√	√	√	√	√ (04)	√
08 / 22	02J Ilmenau	√	√	√	√	√ (03)	√
09 / 34	02G Erfurt	√	√	√	√	√ (04)	√
10 / 48	03K Güntersberge	√	√	√	√	√ (05)	√
11 / 31	02R Weißenfels	√	√	√	√	√ (06)	√
12 / 32	03W Weimar	√	√	√	√	√ (04)	√
13 / 40	03X Gera	√	√	√	√	√ (06)	√
14 / 41	04A Bad Frankenhausen	√	√	√ (06)			√
15 / 57	03Y Oberhof	√					
16 / 61	04D Harsberg	√					
17 /	05E Fürth	√					
18 / 62	04G Jena	√					
19 /	04J Ilmenau	√					
20 /	V5004 Dessau	√					

√ = aktueller Status

Tabelle Zusammenfassung zum aktuellen Anlagenstatus bei Berichterstellung (Quelle TU Ilmenau 2008)

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung werden 19 Anlagen betreut, davon sind:

- 17 Anlagen in Betrieb, wobei sich davon
- 13 Anlagen im Langzeitmessprogramm und
- 1 Anlage in der 2. Messperiode
- 3 Anlagen befinden sich im Probetrieb

dazu befinden sich

- 1 Anlage vor der Auftragsvergabe (Submission 12/2007)
- 2 Anlagen in der Phase der Antragstellung nach Empfehlung

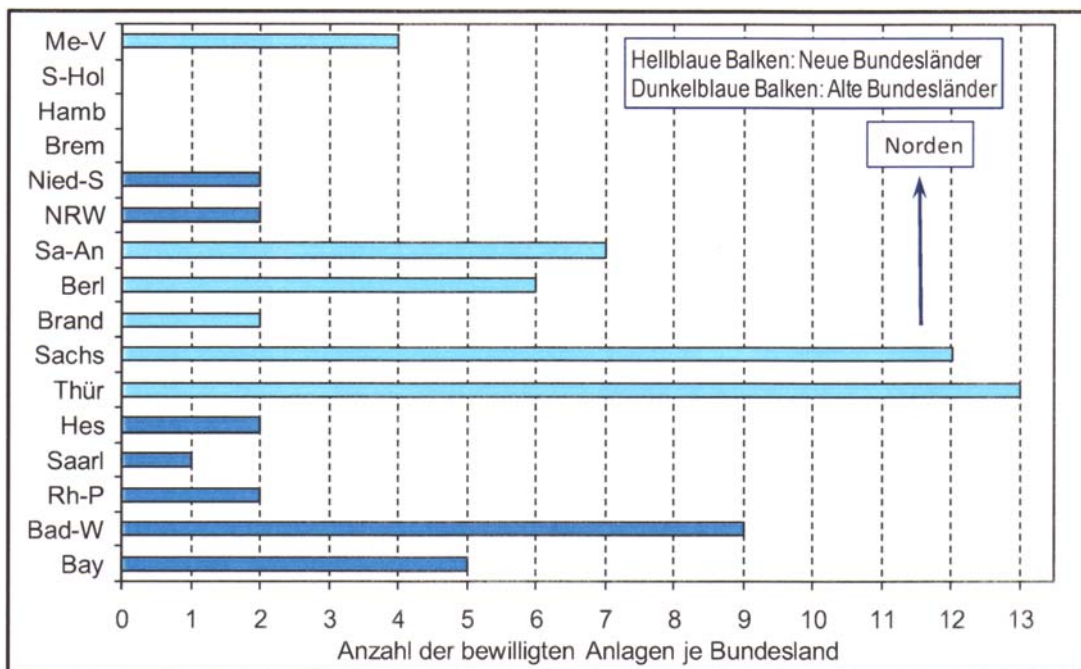
**Bemerkung:** Alle Anlagen, die sich in der Intensivmessphase, bzw. im Langzeitmessprogramm befinden, haben die Garantiebedingungen des Programms Solarthermie2000/2000plus erfüllt!

### 3.3.3 Status im Vergleich

Vgl. (innerhalb der hochschulbegleitenden Einrichtungen) im Programms Solarthermie2000 7 2000plus (Quelle: ZfS –Rationelle Energietechnik – Abschlußbericht zum Projekt 032 9601 L August 2007):

**Die Gesamt-Zahl** der betreuten Anlagen im Programm zum o. g. Stichtag (08 / 07) beträgt 68.

Die Zahl der durch die Projektgruppe der TU Ilmenau betreuten Anlagen beträgt 17. Dies entspricht einem Anteil von 25 %.



**Regionale Verteilung der Solaranlagen auf die einzelnen Bundesländer**

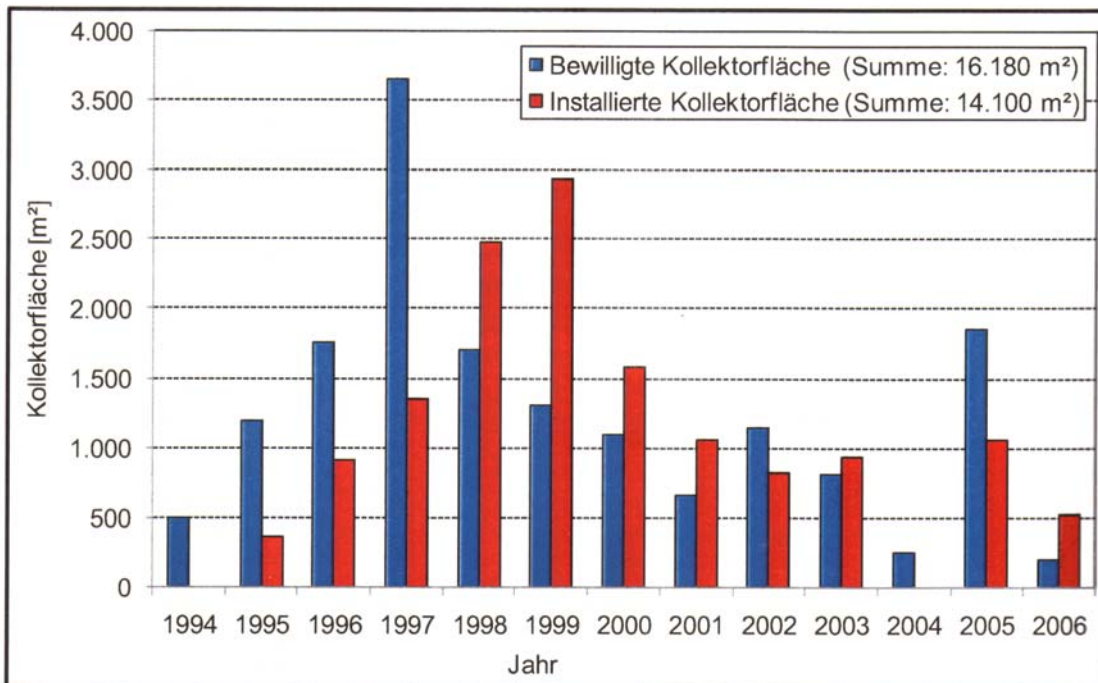
(Quelle: ZfS –Rationelle Energietechnik – Abschlußbericht zum Projekt 032 9601 L August 2007)

**Bemerkung:** Die meisten Solaranlagen in ST2000/2000plus wurden in Thüringen installiert.

**Die Gesamtkollektorfläche** der betreuten Anlagen im Programm zum o. g. Stichtag beträgt **16.597,1 m<sup>2</sup>**.

Die Kollektorfläche der durch die Projektgruppe der TU Ilmenau betreuten Anlagen beträgt **3.426,1 m<sup>2</sup>**.

Dies entspricht einem Anteil von **20,6 %**.



**Bild 13:** *Jährlich bewilligte und installierte Kollektorfläche in Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus*

(Quelle: ZfS –Rationelle Energietechnik – Abschlußbericht zum Projekt 032 9601 L August 2007)

Bedingt durch die unterschiedlichen Anlagengrößen und dem Umstand, dass im Bundesland Baden-Württemberg mit 1.500 m<sup>2</sup> sich auch die größte Anlage befindet, ist dort die größte Gesamtfläche je Bundesland installiert (vorherige Grafik – blauer Balken).

Bezieht man jedoch die Kollektorfläche auf die Anzahl der Einwohner im Bundesland (siehe vorherige Grafik – schmaler roter Balken), so zeigt sich, dass Thüringen führend ist.

#### **4. Weiterentwicklung der solaren Systemtechnik**

(Quelle: Auszug aus "Bekanntmachung über die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien" vom 04. September 2006, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

Im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie werden mit dem Förderkonzept „Solarthermie2000plus“ die langfristig angelegten Forschungsaktivitäten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie konkretisiert. In diesem Rahmen werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen mit begleitenden Messprogrammen gefördert, die die künftige Entwicklung der Komponenten und der Systemtechnik mit dem Ziel einer deutlichen Effizienzsteigerung und / oder Kostensenkung maßgeblich beeinflussen. Weiterhin werden Technologien für neue Anwendungsgebiete wie solares Heizen und Kühlen, solare Nahwärmekonzepte, solare Prozesswärme und für die verstärkte Integration solarer Technologien im Gebäudebestand insbesondere im mehrgeschossigen Wohnbau gefördert. Einen besonderen Forschungsschwerpunkt bilden Speichertechnologien.

Gegenstand der Förderung sind insbesondere folgende Themen und Aufgaben:

##### 1. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

- zukunftsfähige Kollektoren und Systeme für solares Heizen, solare Klimatisierung und solare Prozesswärme im Bereich bis 250 °C,
- Einsatz neuer Materialien und Fertigungsverfahren bei der Absorber- und Kollektorherstellung zur Kostensenkung bzw. Effizienzsteigerung,
- Einsatz neuer kostengünstiger Materialien und Konstruktionsprinzipien im Speicherbau, sowohl für die Tages- und Wochen- wie auch Langzeitwärmespeicherung,
- neue hocheffiziente Speichertechnologien mit gegenüber Wasser deutlich erhöhter Speicherdichte,
- solares Heizen und Kühlen als integraler Ansatz (solare Energiezentrale) in Verbindung mit der konventionellen Gebäudetechnik,
- Kombination von Solarthermie und Energieeffizienztechnologien für solaraktive Gebäude.

##### 2. Pilot - und Demoanlagen (Planung, Errichtung und wissenschaftliche Begleitung in Messprogrammen)

- Große solare Kombianlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung bei solaren Deckungsanteilen > 10 % am Gesamtwärmebedarf für Gebäude, Liegenschaften und Siedlungen,
- solarunterstützte Wärmenetze mit ca. 35 bis 60 % am Gesamtwärmebedarf und kostengünstigen und effizienten Speicherkonzepten zur zentralen Langzeitwärmespeicherung,
- die Einbindung solarthermischer Anlagen in Fernwärmenetze,
- integrale Konzepte zur Kombination von Solarwärme mit anderen erneuerbaren Energien oder Abwärme aus KWK zur weitgehend CO<sub>2</sub> – neutralen Energieversorgung,
- solare Klimatisierung und deren Kombination zur Nutzung der Solarenergie in Zeiten ohne Kühlbedarf,
- solare Prozesswärme im Niedertemperaturbereich bis 250 °C.

Das Förderprogramm "Solarthermie 2000plus" richtet sich für Pilot- und Demonstrationsanlagen insbesondere an die Eigentümer großer bestehender oder neu zu errichtender Gebäude oder Liegenschaften im öffentlichen oder gewerblichen Bereich lokale Energieversorgungsunternehmen, Stadtwerke und Betreibergesellschaften für Wärmenetze, Wohnungsbaugesellschaften und Unternehmen der gewerbl. Wirtschaft Privatpersonen sind nicht antragsberechtigt.

Fördermaßnahmen zur Forschung richten sich insbesondere an Hochschulen oder Forschungsinstitute sowie an Unternehmen, wobei hier Bereitschaft zur Verbundforschung und eine angemessene finanzielle Eigenbeteiligung vorausgesetzt wird.

**5. In Phase 3 und fortführend in Phase 4 werden bisher nachfolgend aufgeführte Projekte innerhalb Solarthermie2000plus nach den aktuellen Förderrichtlinien bearbeitet und realisiert:**

**5.1 Solaranlage Fürth (solarautarke Klimatisierung eines Bürogebäudes FKZ 0329605E**

Bei dem Modellprojekt handelt es sich um die Implementierung und das Vermessen eines Anlagensystems zur solaren Kälteerzeugung im Bürogebäude der Iba AG mit sensibler Büronutzung.

Mit dem Lösungsansatz wird ein bisher vernachlässigter Aspekt (Folge) der Klimaänderung, nämlich der zunehmende Klimatisierungsbedarf im Sommer aufgegriffen und mit der Lösung „Nachhaltigkeit“ angestrebt.

Dazu trägt auch bei, dass in der Vorbereitung eine umfassende energetische Betrachtung durchgeführt wurde.

Eine weitere Besonderheit stellt die aktive und fachkundige Beteiligung der MitarbeiterInnen der iba AG an der Projektentwicklung und –Durchführung dar.

Dieses ganzheitliche Vorgehen ermöglicht u.a. eine optimale Rückkopplung an der Nutzerseite und garantiert damit eine hohe Akzeptanz und Planungssicherheit für einen langfristigen Betrieb.

Die Leistung des technischen Systems (ca. 30 kW) ist ausgelegt, um die Nutzfläche von ca. 1.000 m<sup>2</sup> zu Kühlen bzw. zu Beheizen / (zu Unterstützen).

Das Kühlsystem in dieser Leistungsgröße stellt einen Prototypen dar, der später nicht nur im Gewerbe, sondern auch im Mehrfamilienwohnbau Anwendung finden soll.

Mit den erwarteten positiven Ergebnissen des Modellprojekts wird ein Fallbeispiel als „best-practice“ geschaffen: das Arrangement der technischen Komponenten kann weiter empfohlen werden mit dem Ziel der seriellen Anwendung, da der künftige Markt „quasi“ schon aufgrund der Vielzahl vergleichbarer Objekte wartet!

Die Anlage ist am 29.08.2007 im Beisein des Oberbürgermeisters der Stadt Fürth offiziell in Betrieb gegangen.



## 5.2 Solare Nahwärme: Solaranlage Jena, Siegfried-Czapski-Straße (Neubau von vier Stadtvillen) - FKZ 0329 604 G

Realisiert werden soll ein solar unterstütztes Nahwärmesystem mit Kurzzeitwärmespeicherung (Auslegung des Speichers als Mehrtages- oder Wochenspeicher). Dazu wird für das aus vier Häusern bestehende Wohnquartier eine Kombination aus Solarthermischer Anlage zur Warmwassererwärmung und Heizungsunterstützung und einem Erdgas-Brennwertkessel, der (zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit in Zeiten geringer Einstrahlung) die Wassererwärmung und die Heizungswärmeversorgung sichert.

Im Verlauf der Antragstellung veränderte sich die Anzahl der Stadtvillen von 6 auf 4, wobei die Anzahl der Wohnungen von 58 auf 60 angestiegen ist.

Im Konzept der Beheizung mit solarer Nahwärme wird durch den Planer aktuell die Zweileitervariante und der Einsatz von Wohnungseingangsstationen vorgesehen.

Um die KfW-Forderungen für die geänderte Gebäudestruktur der nunmehr 4 Gebäude zu erfüllen, war eine Anlagenaufwandszahl von 0,96 zu erreichen. Zur Erreichung ist ein solarer Deckungsanteil von mindestens 40 % nötig.

Weitere Randbedingungen sind aus der Vorhabensbeschreibung / Überarbeitetes Energiekonzept vom 05.12.2006 ersichtlich.

In der Anlage sind die Ergebnisblätter der TRNSYS-Simulation zur Abschätzung der zur Erreichung eines solaren Deckungsanteils am Gesamtwärmebedarf unter den gewählten Randbedingungen enthalten:

Anlagengröße		solarer Deckungs-	spez. Kollektor-ertrag	solar. Nut-
zungsgrad		Anteil		
Koll.Feld / Speicher		(%)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(%)
(m <sup>2</sup> ) / (m <sup>3</sup> )				
210 / 20		37,1	300	26,6
230 / 25		41,7	328	29,1
269 / 30		44,7	311	27,5

Das Optimum ist offensichtlich bei einer Anlagengröße 230 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und 25 m<sup>3</sup> Speichervolumen erreicht (solarer Deckungsanteil von 41,7 % - die Anlagenaufwandszahl von 0,96 wird erreicht).

Vom Planer wurde nach Forderung des Antragstellers in der Ausschreibung die Anlagengröße: 300 m<sup>2</sup> Kollektorfläche bei einem Wärmespeichervolumen von 30 m<sup>3</sup> und damit 44,7 % solarem Deckungsanteil gewählt.

**Ergebnis der TRNSYS-Simulation:** Unter den vorgegebenen Randbedingungen ist eine solare Deckung von 40 % erreichbar.

### **5.3 Solare Nahwärme: Solaranlage Seniorenwohnanlage „Sophienhütte Ilmenau“ FKZ 0329 604 J**

Die Wohnungsbaugenossenschaft Ilmenau / Thür. E. G. plant in der Richard-Bock-Straße 4 in Ilmenau (Flurstück 23, Flurstück 1990/8) den Neubau einer Wohnanlage mit drei Gebäuden. Entstehen sollen 38 Wohnungen, die ein selbstbestimmtes Wohnen mit ambulanter Pflege ermöglichen. Daneben ist in Zusammenarbeit mit der Diakonie – Sozialstation die Einrichtung zweier betreuter Wohngruppen für jeweils acht pflegebedürftige Menschen vorgesehen.

Nach dem aktuellen Wohnungsschlüssel beträgt die Gesamtbelegung des Objektes 84 Personen.

Eine nach Osten geöffnete U-förmige Bebauung ermöglicht es, die Wohnräume überwiegend nach Süden und teilweise nach Westen auszurichten. Daneben entsteht ein geschützter, verkehrsfreier und begrünter Innenhof.

Die Gebäude werden in Massivbauweise errichtet (Der projektierte Heiz-Wärmebedarf der Gebäude liegt 30 % unter den Anforderungen der EnEV.).

Zur Beheizung und Warmwasserversorgung der Wohnanlage ist eine solargestützte Wärmeversorgung vorgesehen. Als Nachheizsystem ist Fernwärme vorgesehen (Die Fern-Wärmeerzeugung erfolgt in der Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH mit ca. 50 % auf Biomassebasis (Holz)).

Das solargestützte Wärmeversorgungssystem wird als 2-Leitersystem ausgeführt.

Jede Wohnung erhält eine eigene Wohnungsübergabestation, welche die Wärme für Heizung (direkte Übergabe) und Warmwasserversorgung (indirekt über Wärmetauscher) im Durchfluß zur Verfügung steht (keine Legionellenproblem, da im System nur 1 l Wasser zirkuliert).

Außer dem Solarspeicher werden einschl. der Fernwärmeübergabestation im gesamten Wärmeverteilsystem keine weiteren Puffer-Speicher eingesetzt und somit deren Wärmeverluste vermieden.

Der Nordflügel wurde um ein Staffelgeschoss erweitert, um auf der geneigten (60 °), südlichen Dachfläche die Kollektorfläche der thermischen Solaranlage realisieren zu können.

### **5.4 Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss – Brauerei Dessau (Modell zur Wärmeversorgung mit reg. Energien) Az 02E2 – 41V 5004 – Die Antragstellung erfolgt im April 2008**

Der Denkmalkomplex wird zu 100 % mit regenerativen Energien (Solar- und Biomasse) wärmeversorgt.

1. Ausbaustufe:	500 m <sup>2</sup> Solarkollektoren
	300 m <sup>3</sup> GFK – Puffer-Wärme-Speicher (4 x 75 m <sup>3</sup> )
zur Entfeuchtung	100 m <sup>2</sup> Solarluftkollektoren
Holzpelletskessel	2 x 540 kW

Nahwärmenetz mit 8 Gebäudeübergabestationen.

## **6. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan**

Grundlage ist die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 16, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Kapitel 1602, Titel 68321, Haushaltsjahr 2003, für das Vorhaben: "Solarthermie-2000: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 3)"  
27.08.2003,  
Änderungsbescheid vom 08.08.2006

Die Projektziele wurden erreicht.

## **7. Probleme bzw. Schwierigkeiten bei der Erlangung des Projektzieles**

Es konnte entsprechend der Vorgaben des Arbeitsplanes vorgegangen werden.

## **8. Im Projektverlauf bekannt gewordene F. u. E.- Ergebnisse Dritter**

In der gesamten Bearbeitungszeit der Phase 3 fand zwischen allen beteiligten Hochschuleinrichtungen und vor allem durch die ZfS ein ständiger Informationsaustausch statt.

## **9. Quellen - und Literaturverzeichnis**

### **9.1 Informationsquellen**

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

Fachinformationszentrum Karlsruhe / Datenbanken:

Energy, Energie (ENERGY Information Data Base des U.S. Department of Energy)  
ICONDA (International Construction Database des IRB der Fraunhofer - Gesellschaft)  
RSWB (Raumordnung, Städtebau, Wohnungswesen, Bauwesen des IRB)

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

## 9.2 Wesentliche Vorlagen zur Verfassung des Abschlußberichtes

- 1) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena-Lobeda  
vom 17.09.1999
- 2) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Senioren- und Pflegeheim Pößneck vom 15.09.2000
- 3) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg vom 14.11.2001
- 4) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Wohngebäude Leinefelde vom 22.01.2003
- 5) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen vom 21.03.2003
- 6) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Klinikum Mansfelder Land Hettstedt vom 02.04.2004
- 7) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Kreiskrankenhaus Sonneberg vom 29.10.2004
- 8) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Kreiskrankenhaus Ilmenau vom 12.04.2004
- 9) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Wohngebäude Erfurt vom 25.10.2004
- 10) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge vom 27.10.2005
- 11) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Wohngebäude Kugelberg Weißenfels vom 02.02.2007
- 12) Abschlußbericht / Zwischenbericht zur 3. Messperiode  
Projekt: Wohngebäude Warschauer Straße Weimar vom 08.02.2006
- 13) Zwischenbericht zur 2. Messperiode  
Projekt: BfA Rehaklinik Bad Frankenhausen vom 26.07.2006
- 14) Anmerkungen zu den Betriebserfahrungen der Schühle-Datenlogger  
vom 21. Dezember 2007 (Anlage 3)
- 15) Arbeitsstand Projekte Solarthermie 2000, Betrieb und Auswertung  
vom März 2008 (Anlage 4)

### 9.3 Literaturverzeichnis (Phase 3) mit aktuellen Ergänzungen\*

#### Literaturverzeichnis (Auswahl):

- 1) Kübler, R. ; Guigas, M. ; Müller, F. ; Mazarella, L. ( Uni Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik): Einsatz von solar unterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonalem Wärmespeicher. Forschungsbericht zum BMFT-Vorhaben 0328867 A. Juni 1992
- 2) Fisch, N. ; Kübler, R. ; Guigas, M.: Solar unterstützte zentrale Warmwasserversorgung für 29 Reihenhäuser in Ravensburg. Abschlußbericht zum BMFT-Vorschungsvorhaben 0328867 B 1994
- 3) Solar Heating with seasonal Storage - Some Aspekts of the Design and Evaluation of Systems with Water Storage  
Jan - Olof Datenbäck, Göteborg 1993
- 4) Energiequellen und Energietechnik, Monographien des Forschungszentrums Jülich, Band 4 1991
- 5) Fisch, N. ; Kübler, R. ; Hahne, E. ( Uni Stuttgart, ITW ): Solare Nahwärme - Stand der Projekte in Deutschland DGS 1994 ISF Stuttgart 1994
- 6) J. Nitsch u.a.: Solare Wärmeversorgung einschl. Großwärmespeicher in Baden-Württemberg  
Einzelgutachten im Rahmen des Projektes "Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg" der Akademie für Technikfolgeabschätzung, Stuttgart 1994
- 7) Guigas, M. ; Hahne, E. ( UNI Stuttgart, ITW ):  
Zentrale Solar unterstützte Brauchwassererwärmung in Ravensburg  
Ergebnisse der Messungen im Jahr 1993
- 8) Hohenstein, M. ; Werner, S. ; u.a. ( Uni Marburg FB Physik ):  
Wärmeschichtung in Wasserspeichern mit Doppelmantelwärmetauschern DGS 1994 ISF Stuttgart 1994
- 9) Fisch, N. ; Hahne, E. , u.a. ( Uni Stuttgart ITW ):  
Technische Nutzung solarer Energie - Solarthermische Wandlung, Kälteerzeugung und Wärmespeicherung
- 10) Neef, H.-J. , Projektträger BEO, Jülich:  
Erneuerbare Energien - Ein Schwerpunkt der öffentlich geförderten Forschung  
Fachtagung "Regenerative Energiesysteme" Schmalkalden, 23.11.1995
- 11) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie  
Förderkonzept „ Solar optimiertes Bauen“ - Information zum Teilkonzept: Solarunterstützte Heizungs-, Lüftungs-, Klimasysteme von 1995 bis 2005  
im Rahmen des 3. Teilprogrammes Energieforschung und Energietechnologien ( Entwurf )
- 12) Hahne, E. ( Uni Stuttgart ITW ): Forschungsbericht zum BMFT - Vorhaben  
"Einsatz von solarunterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonalem Wärmespeicher" Stuttgart 1992
- 13) Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung - DIW , Berlin ; Fraunhofer - Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung - ISI - Karlsruhe  
Erneuerbare Energiequellen. Abschätzung des Potentials in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000
- 14) Dritter Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages  
"Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" , Drucksache 11/ 8030
- 15) Solare Nahwärmekonzepte  
Fisch, N. ; Kübler, R. ( Uni Stuttgart ITW ) 1994
- 16) Solare Nahwärmekonzepte

- BINE Projekt Info-Service Nr. 13 November 1994
- 17) Strickrodt, J.; Breuer, W.:  
" Langzeitwärmespeicher Prototyp Wolfsburg, Stufe I-Planungsphase ", BMFT- Forschungsbericht T-84-100, FIZ Karlsruhe 1984
  - 18) Ladener, H.:  
" Solaranlagen ", mit Beiträgen von Fisch, N.; Kübler, R.; Friedrich, G.; Kriesi, R.; Luboschik, U.; 1. Auflage, , Staufen bei Freiburg: Ökobuch 1993
  - 19) Luboschik, U.; Peuser, F.A.:  
"Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung und Raumheizung", Verlag TÜV Rheinland 1995
  - 20) Franke, R.; Arnold, E.: „ ON THE INTEGRATION OF LARGE-SKALE NONLINEAR OPTIMIZATION TOOL WITH OPEN MODELING AND SIMULATION ENVIRONMENTS FOR DYNAMIC SYSTEMS “, In 10th European Simulation Multiconference, Budapest, Hungary, June 2-6, 1996, S. 304 - 308
  - 21) Dalenbäck, J.O.: „ Solar District Heating ( Solarthermische Großanlagen ) “, Artikel bei der International NOUN conference „ Utilities and Solar Energy “ am 25./26. April 1996 in Appeldoorn / Niederlande
  - 22) Fisch, M.N.; Kübler, R.: „ Solare Nahwärme - von der Idee zur Realisierung “ . Sechstes Symposium Thermische Solarenergie. Otti-Technologie-Kolleg Mai 1996
  - 23) „ Solarthermie - eine Chance für Thüringen? “ , 7. Ilmenauer Wirtschaftsforum am 31.05.1996 . TU Ilmenau
  - 24) Kaltschmitt, M.: " Erneuerbare Energieträger im Kontext des Energiesystems der Bundesrepublik Deutschland " . 9. Internationales Sonnenforum 28. Juni - 01. Juli 1994 - Stuttgart: Energie für die Zukunft.  
Tagungsbericht Band 2, München: DGS-Sonnenenergie, 1994, 1 709- 1 716.
  - 25) DFS-Kollektorstatistik 1992 - 1995. Hg. Deutscher Fachverband Solarenergie Freiburg 1996
  - 26) „ Klimawerkzeug Architektur - Solarenergieformen in der Architektur “ . Hg.: Ermel, H.; Thoma, R., Verlag Jürgen Häusser, Frankfurt 1993
  - 27) „ Solar - City , Sonnenenergie für die lebenswerte Stadt “ . Hg. Knoll, M.; Kreibich, R.; Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin und Sekretariat für Zukunftsforschung, Gelsenkirchen. Beltz Verlag Weinheim und Basel 1992
  - 28) Kleemann, M.; Meliß, M.: „ Regenerative Energiequellen “ Zweite, völlig neubearbeitete Auflage , Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest 1993
  - 29) " Energieforschung und Energietechnologien " Förderschwerpunkte der Bundesregierung ( dabei besonders Seite 16 / 17 " Rationelle Energieverwendung: wesentliche Ergebnisse...weitere Maßnahmen....) Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie ( BMBF ) 1995
  - 30) Nast, M.: Energiewirtschaftliche Bewertung integrierter Nahwärmesysteme auf der Basis von solarer Wärme und Kraft-Wärme-Kopplung - Heft 1/ 2000 Arbeitskreis Energieberatung Thüringen, Projektträger Bauhaus Universität Weimar
  - 31) Ladener, H.; Späte, F.: Solaranlagen - Handbuch der thermischen Solarenergienutzung. -6., vollst. Überarb. Auflage - Staufen bei Freiburg 1999  
ISBN 3-922 964-72-9
  - 32) Peuser, F.A.; Croy, R.; Schumacher, J.; Weiß, R.: Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen - Eigenveröffentlichung der ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH, Hilden 1997
  - 33) Peuser, F.A.; Croy, R.; Rehrmann, U.; Wirth, H.P.: Solare Trinkwassererwärmung mit Großanlagen - Praktische Erfahrungen ; ein Informationspaket / Hrsg. FIZ Karlsruhe - BINE. - Köln: TÜV -Verlag 1999

- ISBN 3-8249-0541-8
- 34) Große Solaranlagen -BINE Projekt Info-Sevice Nr. 9/November 1998  
ISSN 0937-8367
  - 35) 1997 WORKSHOP ON LARGE -SCALE SOLAR HEATING, 14. - 16. 05.1997 in Marstal / Dänemark, Bühl, J.: "Nahwärmelangzeitspeicher aus GFK-Elementen"
  - 36) "Energie-und Umwelt '98" Fachinformationskongreß und Ausstellung 18. bis 19. März 1998 in Freiberg  
Bühl, J.: "Solardorf Thüringen - Erfahrungen aus der Planung und Stand der Vorbereitungen"
  - 37) Regionalmesse im IGZ Rudolstadt-Schwarza 02.04.1998, Bühl,J.: "Programm Solarthermie 2000 - Erfahrungen und Erkenntnisse in Thüringen"
  - 38) "Fachtagung Energiespeicher" ZTS Zentrum für Technologiestrukturentwicklung Region Riesa-Großenhain 23.04.1998 Bühl, J.: "Nahwärmelangzeitspeicher aus GFK-Elementen"
  - 39) BMBF / OPET - Statusseminar "Solarunterstützte Nahwärmeversorgung - Saisonale Wärmespeicherung" , 19.und 20.05.1998 in Neckarsulm, Bühl, J., Schultheis,P: "Großwärme-speichertank aus GFK"
  - 40) Förderprogramm Solarthermie 2000, Arbeitsgruppentreffen BEO/ZfS mit den Projektgruppen der programmbegleitenden Hochschulen am 25.06.1998 in Berlin
  - 41) Diplomarbeit von Herrn Malte Störring / Betreuer: Dipl.-Ing. Bühl  
„Optimierte Solaranlage im Einkreissystem mit frostsicher eingebundenen Vakuumröhren zur Warmwasserbereitung sowie zur Heizungsunterstützung für Ein- und Mehrfamilienhäuser“  
Ilmenau, 01/99
  - 42) 2.Ilmenauer Workshop Solarthermie, TU Ilmenau, 05.03.1999 in Ilmenau  
Bühl, J. : „ Solarthermie 2000, TP 2 Stand und Ausblick im Bundesland Thüringen“
  - 43) Solardorf Thüringen, Informationsveranstaltung für Architekten, Planer und Installateure, Solardorf Thüringen e.V., 05.03.1999 in Kettmannshausen, Bühl, J.: „Einführung, Überblick und Empfehlungen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit Solaranlagen “
  - 44) Vortrag im Rahmen der Agenda 21, AG Stadtökologie Arnstadt am 16.06.1999 in Arnstadt, Zuhörerkreis: Architekten, Planer, Vertreter der Stadtwerke / Wohnungsbaugesellschaften / Ing.-Büros HAST / Installateure, Bühl, J.: „ Programm Solarthermie 2000, TP 2 und 3 - Stand und Zugangsbedingungen“
  - 45) Maschke, R.: "Solarenergienutzung in öffentlichen Gebäuden-Beispiele aus den neuen Bundesländern", 12. Internationales Sonnenforum, 05.-07. Juli, Freiburg
  - 46) Volkssolidarität Pößneck e.V. (Herausgeber): "Alt wie ein Baum...Generationsübergreifendes Senioren- und Sozialzentrum der Volkssolidarität Pößneck e.V."; Pößneck 1999
  - 47) VDI-Berichte 1734 Energiespeicher Fortschritte und Betriebserfahrungen: Solarthermie 2000: Langzeitwärmespeicher mit GFK-Verbundwerkstoffen für solar gestützte Wärmerversorgungssysteme" Bühl, J., Nilius, A.; Würzburg November 2002
  - 48) Bühl, J.: "Knapp kalkuliert- Planung und Betrieb Solarthermischer Großanlagen" Sonnenenergie-Zeitschrift für regenerative Energiequellen und Energieeinsparung, München, Heft 04/2000, Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
  - 49) Bühl, J.: "Kostensenkung und Umweltentlastung durch Solarenergienutzung- Informationszentrum für Solarenergienutzung und rationellen Energieeinsatz e.V. Pößneck, Oktober 2000
  - 50) Solarthermie 2000-Vorstellung in Thüringen realisierter solarthermischer Großanlagen" Pößneck Oktober 2000
  - 51) Bühl, J.: "Bemessung einer Warmwasser-Hausanlage", Wochenende der regenerativen Energien am 14.04.-16.04.2000 an der TU Ilmenau

- 52) Bühl, J.: "Solarkollektoren für Warmwasserbereitung", Wochenende der regenerativen Energien am 14.04.-16.04.2000 an der TU Ilmenau
- 53) Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung der Solarthermischen Demonstrationsanlagen an öffentlichen Gebäuden im Land Thüringen im Rahmen des BMBF-Programms „Solarthermie 2000(Teilprogramm 2) Phase 1, Laufzeit 01.05.1994 – 30.11.1999 (Abschlußbericht / Sachbericht), Ilmenau im August 2000
- 54) Bühl, J.: "Neue Materialien erlauben günstigen Speicherbau – Langzeitwärmespeicher mit GFK-Verbundwerkstoffen für solar gestützte Wärmeversorgungs-systeme", Zeitschrift Erneuerbare Energien, Verlag SunMedia Hannover, Heft 9 / 2001
- 55) Solarthermie 2000, Teilprogramm 2: Solarthermische Demonstrationsanlagen für öffentliche Gebäude mit Schwerpunkt in den neuen Bundesländern  
Wissenschaftlich-technische Begleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen in den südwestlichen Bundesländern Projekt-Nr. 032 9601H: Abschlußbericht zur Laufzeit 01.01.1999 – 31.12.2001 vorgelegt durch Fachhochschule Offenburg im Juni 2002
- 56) BINE-Informationdienst *profiinfo I/01*: Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme, Herausgeber: Fachinformationszentrum Karlsruhe 2001
- 57) Forschungsbericht- Abschlußbericht-Verbundprojekt Solarthermie-2000, Teilprojekt 3: Solare Nahwärme-Begleitforschung: "Durchführung eines Messprogramms an dem 300 m<sup>3</sup> GFK-Pilotspeicher und Untersuchungen zur Optimierung des Wärmespeicherkonzeptes, Förderkennzeichen: 0329606Q/0, Laufzeit: 01.04.1998 – 31.01.2003, TU I August 2003
- 58) BINE-Informationdienst *profiinfo 02/03*: Glasfaserverstärkte Kunststoffe für den Wärmespeicherbau, Herausgeber: Fachinformationszentrum Karlsruhe 2003
- 59) Abschlußbericht: "Entwicklung eines neuen Fertigungsverfahrens für saisonale Wärmespeicher aus GFK-Verbundmaterialien", Förderkennzeichen: 0329606 R, Laufzeit: 01.04.1998 – 31.03.2002, VKA GmbH August 2002
- 60) Studienarbeit Fr. Ewa Anna Drapala "Einbindung eines Wärmelangzeitspeichers in ein solargestütztes Nahwärmeversorgungs-system und Diskussion der Möglichkeiten der hydraulischen Einbindung" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau August 2003
- 61) Studienarbeit Hr. Stefan Rottman "Recherche zur wirtschaftlichen Lage und Entwicklung der Solarbranche in Deutschland" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau März 2004
- 62) Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 26.August bis 4.September 2002 in Johannesburg - Dokumente - VN-Kommission für nachhaltige Entwicklung -Arbeitsprogramm 2004 - 2017- Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit September 2003
- 63) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit "**Förderkonzept "Solarthermie2000plus"** Februar 2004
- 66) Schlußbericht zum Forschungsvorhaben 03329606 R, Solarthermie 2000-Teilprogramm3: Solare Nahwärmebegleitforschung  
"Entwicklung eines neuen Fertigungsverfahrens für saisonale Wärmespeicher aus GFK-Verbundmaterialien für Nahwärmeversorgungs-systeme mit einer Senkung der spezifischen Material-, Fertigungs- und Montagekosten"/Laufzeit: 01.04.1998 – 31.03.2002, Prof. Knauer, B. u.a., VKA Schönbrunn GmbH



- 64) Forschungsbericht zum BMBF / BMWA-Vorhaben: "Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher" (November 1998 – Januar 2003) (No-Benner, M.; Bodmann, M.; Mangold, D.; Nußbicker, J.; Raab, S.; Schmidt, T.; Seiwald, H. Universität Stuttgart, ITW, 2003)
- 65)\* J. Bühl; M. Müller; A. Nilius:  
Solarthermie2000, Teilprogramm 2 und Solarthermie2000plus  
"Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie-2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 2)"  
Förderkennzeichen: 0329601 J/6  
Laufzeit: 01.12.1999 – 30.09.2003  
Technische Universität Ilmenau Projektgruppe Solarthermie-2000
- 66)\* BINE Informationsdienst: projektinfo 02/06  
"Große Solaranlagen in der Gebäudesanierung"  
ISSN 0937-8367 Herausgeber FIZ Karlsruhe GmbH 76344 Eggenstein-Leopoldshafen Juni 2006
- 67)\* BINE Informationsdienst Projektinfo 11/07  
"Thermische Solaranlage – Rehaklinik"  
ISSN 0937-8367 Herausgeber FIZ Karlsruhe GmbH 76344 Eggenstein-Leopoldshafen Dezember 2007
- 68)\* Senioren- und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena-Lobeda  
Abschlußbericht 04 / 1999, FKZ 0329602 C
- 69)\* Senioren- und Pflegeheim Pößneck  
Abschlußbericht 06 / 2000, FKZ 0329602 J, TU Ilmenau
- 70)\* Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg  
Abschlußbericht 06 / 2001, FKZ 0329602 G, TU Ilmenau
- 71)\* Südharz Krankenhaus Nordhausen  
Abschlußbericht 06 / 2002, FKZ 0329602 U, TU Ilmenau
- 72)\* Klinikum Mansfelder Land  
Abschlußbericht 02 / 2003, FKZ 0329602 W, TU Ilmenau
- 73)\* Kreiskrankenhaus Sonneberg  
Abschlußbericht 02 / 2003, FKZ 0329603 E, TU Ilmenau
- 74)\* Wohngebäude Leinefelde  
Abschlußbericht 06 / 2002, FKZ 0329602 Y, TU Ilmenau
- 75)\* Kreiskrankenhaus Ilmenau  
Abschlußbericht 10 / 2003, FKZ 0329603 J, TU Ilmenau
- 76)\* Wohngebäude Weißenfels  
Abschlußbericht 11 / 2006, FKZ 0329603 R, TU Ilmenau

- 77)\* Wohngebäude Erfurt  
Abschlußbericht 06 / 2004, FKZ 0329603 G, TU Ilmenau
- 78)\* Wohngebäude Weimar  
Abschlußbericht 10 / 2004, FKZ 0329603 W, TU Ilmenau
- 79)\* Wohngebäude Gera  
Abschlußbericht 07 / 2004, FKZ 0329603 X, TU Ilmenau
- 80)\* KIEZ Güntersberge  
Abschlußbericht 05 / 2005, FKZ 0329601 O, TU Ilmenau
- 81)\* Reha-Klinik Bad Frankenhausen  
Zwischenbericht / Abschlußbericht 03 / 2007, FKZ 0329604 A, TU Ilmenau
- 82)\* F. A. Peuser; R. Croy; M. Mies; U. Rehrmann; H. P. Wirth :  
Solarthermie2000, Teilprogramm 2 und Solarthermie2000plus  
Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung und Messprogramm (Phase 3)  
Abschlußbericht zum Projekt 032 9601 L  
Gefördert mit Mitteln des BMU  
Teil 1 (veröffentlichter Teil): Wissenschaftlich-technische Ergebnisse  
Projektlaufzeit: 01.11.2000 – 31.12.2006  
ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH Hilden August 2007
- 83)\* R. Croy; H. P. Wirth:  
Analyse und Evaluierung großer Kombianlagen zur Trinkwassererwärmung und  
Raumheizung  
Abschlußbericht zum BMU-Vorhaben Förderkennzeichen: 0329268 B  
ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH Hilden November 2006
- 84)\* “Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien“  
Auftragnehmer: Prognos AG Juli 2007  
Auftraggeber: FZ Jülich / PtJ-EEN im Auftrag des BMU
- 85)\* 13. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention und  
3. Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto-Protokolls 3. - 14.12.2007, Bali  
BMU-Pressemitteilung vom 09.12.2007 Positive Halbzeitbilanz beim Klimagipfel auf  
Bali -Deutsche Delegation zuversichtlich
- 86)\* BMU Pressemitteilung Nr. 334 / 07 Berlin, 05.12.2007 “Deutschland bleibt Vorreiter  
beim Klimaschutz“
- 87)\* Bekanntmachung der Förderinitiative Förderkonzept “Solarthermie2000plus“  
Februar 2004; <http://www.solarthermie2000plus.de>

## 9.4 Veröffentlichungen und Vorträge im Berichtszeitraum (Auszug)

Vorstellung des Gemeinschaftsprojektes „Weiterentwicklung und Optimierung von Be- und Entladesystemen für Tank- und Erdbeckenspeicher“

Jürgen Bühl, TU Ilmenau, Thorsten Urbaneck, TU Chemnitz

Arbeitskreis Wärmelangzeitspeicher 26.02.2004 Stuttgart

Große solarthermische Anlagen aus ST 2000 in Thüringen - Entwicklungsstand und -richtung der Heißwasserspeichertechnik

DI Jürgen Bühl, DI Matthias Müller, DI Andreas Nilius; Technische Universität Ilmenau

14. Symposium "Thermische Solarenergie" 12.-14. Mai 2004 Kloster Banz

Vortrag und Veröffentlichung im Tagungsband: ISBN 3-934681-33-6 Seite 571 - 576

Solarthermie2000 „Ergebnisse großer Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser“

Dipl.-Ing. Jürgen Bühl TU Ilmenau

Regionalkonferenz „Solar- und Erdenergienutzung in der Wohnungswirtschaft“ in Sachsen-Anhalt 07.10.2004 Magdeburg

Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

„GFK – Wärmetank im Programm Solarthermie 2000 /plus“

Dipl.-Ing. Jürgen Bühl, Dipl.-Ing. Andreas Nilius, TU Ilmenau

XII. Symposium REGWA, 03. - 05. November 2005 in Stralsund

Vortrag und Veröffentlichung im Tagungsband „Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik 2005 Hrsg. Prof. Lehmann ISBN 3-9809953-1-3 Einlage

“Wärme aus der Sonne“

Ein Einblick in das Bundesforschungsprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus mit Beispielen aus Thüringen und Sachsen-Anhalt

Dipl.-Ing. Jürgen Bühl TU Ilmenau

11. Symposium der DafP, Energiequelle Sonne-Biologie und Technologie

24.08.-25.08.2006 Bamberg

Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

“Große Solaranlagen in der Gebäudesanierung“

Ein Einblick in das Bundesforschungsprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus mit Beispielen aus Thüringen und Sachsen-Anhalt -ein Praxisbericht -

2. Mitteldeutsche Energiekonferenz am 21.09.2006 in Leipzig / Schkeuditz

Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

Bundforschungsprogramm Solarthermie2000plus  
„Solarthermie im Mehrfamilienwohnbau an Beispielen“  
DI Jürgen Bühl, TU Ilmenau  
31. Baufachtagung des vtw, 21.03.2007 Erfurt  
Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

GFK-Wärmetank im Programm Solarthermie 2000 / 2000plus – aktueller Stand und  
Perspektive Bühl, Jürgen, Dipl.-Ing. TU Ilmenau  
Posterbeitrag Schwerpunkt A, 17. Symposium Thermische Solarenergie  
09.-11-05.2007 Kloster Banz, Bad Staffelstein  
“GFK – Wärmespeicher im Programm Solarthermie2000 / 2000plus“  
Überblick und Entwicklungsstand der GFK - Heißwasserspeichertechnik  
-ein Praxisbericht -  
DI Jürgen Bühl, DI Andreas Nilius, TU Ilmenau, DI Rolf Förster, Haase GFK Technik  
Innovationsforum Erhöhung der Nutzungspotentiale oberflächennaher Geothermie  
Abschlussveranstaltung Weimar 23.-24.01.2008  
Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

“GFK – Wärmespeicher im Programm Solarthermie2000 / 2000plus“  
Überblick und Entwicklungsstand der GFK – Heißwasserspeichertechnik  
DI Jürgen Bühl, DI Andreas Nilius, TU Ilmenau, DI Rolf Förster, Haase GFK Technik  
2. LEOBENER SYMPOSIUM 7.-8. Februar 2008 SOLARTECHNIK – Neue Mög-  
lichkeiten für die Kunststoffbranche Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsun-  
terlagen

“GFK – Wärmespeicher im Programm Solarthermie2000 / 2000plus“  
Überblick und Entwicklungsstand der GFK - Heißwasserspeichertechnik  
DI. Jürgen Bühl, DI Andreas Nilius, TU Ilmenau, DI Rolf Förster, Haase GFK Technik  
7. Europäische Konferenz Solarenergie in Architektur und Stadtplanung “Sun and Sense“, 11. – 14.  
März 2008, Berlin / Bundesbauministerium

BINE Informationsdienst  
Projektinfo 02/03 „ Glasfaserverstärkte Kunststoffe für den Wärmespeicherbau“  
Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung TU Ilmenau  
ISSN 0937-8367  
Hrsg. FIZ Karlsruhe 2003

BINE Informationsdienst  
Projektinfo 02/06 „ Große Solaranlagen in der Gebäudesanierung“  
Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung TU Ilmenau  
ISSN 0937-8367  
Hrsg. FIZ Karlsruhe 2006

BINE Informationsdienst  
Projektinfo 11/07 „Thermische Solaranlage Rehaklinik“  
Wissenschaftlich-technische Programmbegleitung TU Ilmenau  
ISSN 0937-8367  
Hrsg. FIZ Karlsruhe 2007

## 10. Erfolgskontrollbericht

entfällt in dieser Version

## 11. Kurzfassung des Schlussberichtes

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 3 des Programms ST 2000 TP2/ 2000plus im Freistaat Thüringen beschrieben und abgerechnet.

Grundlage ist die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 16, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Kapitel 1602, Titel 68321, Haushaltsjahr 2003, für das Vorhaben: "Solarthermie-2000: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 3)"  
27.08.2003,  
Änderungsbescheid vom 08.08.2006

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

Senioren- und Pflegeheim Jena

Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität in Pößneck

Kreiskrankenhaus Neuhaus

Südharzkrankenhaus Nordhausen

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt

Kreiskrankenhaus Sonneberg

Wohngebäude Leinefelde

Kreiskrankenhaus Ilmenau

Wohngebäude Erfurt

Kinder - und Erholungszentrum (KIEZ) in Güntersberge

Wohngebäude Weißenfels

Wohngebäude Weimar

Wohngebäude Gera

Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen

Staatliches Sportgymnasium Oberhof

JH Harsberg

Bürogebäude Fürth

Jena, Siegfried-Czapski-Straße

Seniorenwohnanlage „Sophienhütte Ilmenau“

Nahwärmeversorgung Denkmal Schultheiss Brauerei Dessau

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

Die Ergebnisse aus der Projektphase 1,2 und 3 zeigen, daß solare Vorwärmanlagen mit geringerem solarem Deckungsgrad wirtschaftlich günstiger betrieben werden können.

Bei solarer Heizungsunterstützung sind solare Deckungsgrade unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bis 30 % realisierbar.

In der JH Harsberg wird eine solargestützte Nahwärmeversorgung betrieben. Im Zusammenspiel mit einem Biomasseheizkessel ist die Wärmeversorgung CO<sub>2</sub>-neutral.

Die solare Nahwärmeversorgung von vier Stadtvillen in Jena wurde im Ergebnis umfangreicher TRNSYS- Simulationen auf 45 % ausgelegt.

Im Bürogebäude Fürth wird im Sommer eine „solarautarke“ Klimatisierung realisiert. Im restlichen Jahr wird die Solaranlage zur Heizungsunterstützung genutzt.

In der Seniorenwohnanlage „Sophienhütte“ Ilmenau wird eine solargestützte Nahwärmeversorgung realisiert. Die Solaranlage arbeitet zusammen mit Fernwärme. Die Fernwärme wird in der Ilmenauer Wärmeversorgung zu 50 % aus Biomasse erzeugt.

In der Nahwärmeversorgung Denkmal Schultheiss Brauerei Dessau wird die Wärme im Zusammenspiel einer großen Solaranlage und einem 1 MW Holzpelletkessel CO<sub>2</sub>-neutral erzeugt und über ein Wärmeverteilnetz über sieben Übergabestationen an die jeweiligen Gebäude übergeben.

Zusätzlich erfolgt mittels einer Luftkollektoranlage die Luftentfeuchtung zur Lagerung sensibler Kulturgüter.

#### Stand und Weiterentwicklung der Klima- und Schadstoffmessstation

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

**Die Projektziele wurden erreicht.**

Dipl.-Ing. J. Bühl

07.04.2008

Leiter AG Regenerative Energien und Umweltmesstechnik  
Projektleiter

### **13. Anlagen - Verzeichnis**

#### **Anlage1 Anlagenbeschreibungen**

- 1.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena
- 1.2 Anlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck
- 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 1.6 Anlagen Krankenhaus Hettstedt
- 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 1.10 Anlage KIEZ - Kinder- und Erholungszentrum – Güntersberge
- 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 1.14 Anlage Reha – Klinik Bad Frankenhausen
- 1.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
- 1.16 Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich
- 1.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
- 1.18 Anlage solargestützte Nahwärmeversorgung von vier Stadtvillen Jena
- 1.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
- 1.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

#### **Anlage2 Nachrechnung des garantierten Energieertrages**

- 1.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena
- 1.2 Anlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck
- 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 1.6 Anlagen Krankenhaus Hettstedt
- 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 1.10 Anlage KIEZ - Kinder- und Erholungszentrum – Güntersberge
- 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 1.14 Anlage Reha – Klinik Bad Frankenhausen

#### **Anlage3 Anmerkungen zu den Betriebserfahrungen der Schühle-Datenlogger vom 21. Dezember 2007**

#### **Anlage4 Arbeitsstand Projekte Solarthermie 2000, Betrieb und Auswertung vom März 2008**



## **Anlage 1**

### **Anlagenbeschreibungen**

- 1.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena
- 1.2 Anlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck
- 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 1.6 Anlagen Krankenhaus Hettstedt
- 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 1.10 Anlage KIEZ - Kinder- und Erholungszentrum – Güntersberge
- 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 1.14 Anlage Reha – Klinik Bad Frankenhausen
- 1.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
- 1.16 Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich
- 1.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
- 1.18 Anlage solargestützte Nahwärmeversorgung von vier Stadtvillen Jena
- 1.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
- 1.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

## 1.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena

### 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 Lowflow-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 Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über zwei in Reihe geschaltete Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 6 m<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 Dreiwegethermostatventil dafür sorgt, daß auf der Brauchwasserseite am Wärmetauscher keine höheren Temperaturen als 60°C auftreten. Dies dient dem Schutz des Wärmetauschers vor Verkalkung.

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

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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 Kollektorstufigen von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganzjährig in Betrieb.

Die Entladung der Puffer erfolgt über einen zweiten Regler. Entsprechend des Kaltwasser Durchflusses 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.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

## 1. 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

## 2. 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 Stahlblech- mantel/ verzinkt, 40mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....:	Mineralwolle Alukaschiert, 40mm, 0,035 W/(m*K)

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

## 4. 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

## 5. Pufferspeicher

Anzahl.....:	2
Hersteller.....:	Solvis Solarsysteme GmbH
Typ.....:	Strat. 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)

#### 6. 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

#### 7. Regelung Solarkreis

Hersteller.....: Resol  
Typ .....: ES1D

#### Objektbeschreibung (Seniorenheim Jena)

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>.



**Abb.** Teilansicht vom Kollektorfeld der Anlage (Foto: TU Ilmenau FG TFD 1998)



**Abb.** Solarspeicher (2 x 1) im Keller (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

## 1.2 Anlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck

### 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 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher von 7 m<sup>3</sup> Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird drucklos betrieben. Der Ausgleichsbehälter befindet sich in einem angrenzenden Kellerraum unter der Decke. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Solvis. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 7 m<sup>3</sup> können ca. 65 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Regelungssystem der Anlage wurde am 21. Juni komplett umgebaut. Das Solarsystem wird über zwei Regler gesteuert. Regler 1, ein Delta Sol Pro, steuert die Kollektorkreispumpe P1 und die Beladepumpe P2 des Solarsystems. Der als Regler 2 eingesetzte PRB2 übernimmt die Steuerung der Speicherentladung. Die Kollektorkreispumpe wird bei einer Temperaturdifferenz zwischen Absorber (Kollektor) und Pufferspeicher unten von 6 Kelvin eingeschaltet. Die Hysterese beträgt 2 Kelvin. Die Einschalttemperaturdifferenz für die Pufferbeladepumpe 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 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 Vorwärmesystem hat zur Folge, daß die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr

niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganzjährig in Betrieb.

Die Entladung des Pufferspeichers erfolgt über Regler 2, einen PRB2 der Fa. Solar- & Energiespartechnik Neuhaus. Der Regler nutzt die Impulse des Volumenstromzählers SV, um die Entladepumpe so anzusteuern, daß sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers der gleiche Volumenstrom einstellt. Eine Begrenzung der Vorwärmtemperatur und ein Entladeende bei ausgekühltem Speicher wird vom Regler ebenfalls realisiert.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

#### 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Südost	Südwest			
Neigung	22 °	22 °			
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 Kollektorfläche	29,5m <sup>2</sup>	88,7m <sup>2</sup>			118m <sup>2</sup>
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über NN	12m	12m			

Hersteller, Typ.....	Solvis Solarsysteme GmbH
Bauartzulassung.....	71 328 044
Absorbermaterial.....	Kupfer
Material Verrohrung im Kollektor.....	Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, $\lambda$ .....	
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
<b>2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher</b>	
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, $\lambda$ .....	: Mineralwolle 40mm, 0,035 W/m <sup>2</sup> K
<b>3. Wärmeträger Solarkreis</b>	
Hersteller.....	: Tyforop Chemie GmbH
Markenname.....	: Tyfocor L
Konzentration / Frostfestigkeit.....	: 40 % / -23°C
Basisstoff.....	: 1,2 Propylenglykol
<b>4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis</b>	
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
<b>5. Pufferspeicher</b>	
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
Wärmeleitzahl Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

## 6. 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

## 7. Regelung Solarkreis

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

### Objektbeschreibung

Das Senioren- und Pflegeheim in Pößneck ist ein Neubau in schöner Stadtlage und wurde am 23.08.1996 seiner Bestimmung übergeben.

Eigentümer und Betreiber ist die Volkssolidarität e.V. Pößneck.

Das Gebäude ist funktionsbedingt in mehrere und unterschiedlich große Flügel aufgeteilt, die unterschiedlich ausgerichtet sind.

Entsprechend ist auch die Dachfläche aufgeteilt und ausgerichtet. Die Dachneigung beträgt 15°.

Das Kollektorfeld musste in mehrere Teilfelder (unterschiedlicher Ausrichtung) aufgeteilt werden und wurde in Aufdachmontage (Kollektorneigung 22 °)realisiert

Das Objekt ist mit 102 Heimbewohnern ganzjährig voll belegt.

Der Warmwasserbedarf zur Auslegung der Solaranlage wurde im Ergebnis von Verbrauchsmessungen zu 60 l pro Tag und Person ermittelt.



**Abb.** Ansicht eines Kollektorteilfeldes 1 (Foto: TU Ilmenau, FG TFD 1998)



**Abb.** Kollektorfelder (Foto: TU Ilmenau, FG TFD 1998)

### 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus

#### 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 Aufständersunterkonstruktion verzichtet werden. Die Kollektoren sind lediglich auf jeweils 500 kg schweren Ankerplatten befestigt. Diese wiederum liegen auf der Bekiesung des Flachdaches auf. Die Anlage ist als Lowflow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programmes „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 Förderprogrammes Solarthermie 2000 der Zirkulationskreis des Objektes in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden worden. Ist die Wassertemperatur im Pufferspeicher größer als 45 °C, wird über einen zusätzlichen Wärmetauscher im Rücklauf des Zirkulationskreises das abgekühlte Brauchwasser auf die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher erwärmt. Anhand dieser Anlagenkonfiguration soll überprüft werden ob die Einbindung der Zirkulation in eine Solaranlage wirtschaftlich ist. Prinzipiell sind mit dieser Maßnahme höhere Systemnutzungsgrade und damit höhere Deckungsanteile erreichbar. Der zusätzliche Energiegewinn, vorrangig in den Sommermonaten, muss dem höheren finanziellen Aufwand bei der Erstellung der Anlage gerecht werden.

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

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

#### Kollektorkreis

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

#### Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur von WT1 über der im Puffer unten liegt ( $>5K$ ). Diese Temperaturdifferenz wird von R2 erfasst und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben.

#### Pufferentladung WT2

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

Ein weiterer Fühler von Regler R1 überwacht die Rücklauftemperatur der Primärseite von WT2 und sorgt für eine gute Auskühlung des Pufferspeichers.

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

#### Pufferentladung WT3

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

#### Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler von Regler R1 am Pufferspeicher oben schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung (P1 und P2) ab, wenn dort die Temperatur  $95^{\circ}C$  überschreitet. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von  $100^{\circ}C$  erfüllt.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem (KKH Neuhaus)

## 1. 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

## 2. 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

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

## 4. 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

## 5. 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  
Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,04 w/(m\*K)

## 6. 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

## 7. 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

## 8. Regelung Solarkreis

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

Objektbeschreibung (Anlage KKH Neuhaus):

Die Krankenhausgebäude wurden bis auf die Poliklinik in Plattenbauweise errichtet.

Das Kollektorfeld der Solaranlage befindet sich auf dem begrünten Flachdach des Versorgungstraktes. Das Dach ist über eine Wendeltreppe gut zu erreichen.

Auslegungsgrundlage für die Solaranlage war eine Bettenbelegung mit 120 bei einem Verbrauch von 60l pro Bett und Tag.

Durch die Tragfähigkeit des Flachdaches konnte auf eine aufwendige Aufständekonstruktion verzichtet werden.

Der Pufferspeicher wurde vor Ort, d.h., im Keller zusammenschweißt.

Die Solaranlage wurde am 27. August 1997 in Betrieb genommen.



**Abb.** Ansicht des Kollektorfeldes (kleines Bild: Kollektormontage)  
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)



## 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde

### 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 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher von 7 m<sup>3</sup> Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird drucklos betrieben. Der Ausgleichsbehälter befindet sich in einem angrenzenden Kellerraum unter der Decke. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Solvis. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 7 m<sup>3</sup> können ca. 65 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Regelungssystem der Anlage wurde am 21. Juni komplett umgebaut. Das Solarsystem wird über zwei Regler gesteuert. Regler 1, ein Delta Sol Pro, steuert die Kollektorkreispumpe P1 und die Beladepumpe P2 des Solarsystems. Der als Regler 2 eingesetzte PRB2 übernimmt die Steuerung der Speicherentladung. Die Kollektorkreispumpe wird bei einer Temperaturdifferenz zwischen Absorber (Kollektor) und Pufferspeicher unten von 6 Kelvin eingeschaltet. Die Hysterese beträgt 2 Kelvin. Die Einschalttemperaturdifferenz für die Pufferbeladepumpe 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 das dann, wenn Warmwasser gezapft wird. Damit gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, daß die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe

Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganztägig in Betrieb. Die Entladung des Pufferspeichers erfolgt über Regler 2, einen PRB2 der Fa. Solar- & Energiesparteknik Neuhaus. Der Regler nutzt die Impulse des Volumenstromzählers SV, um die Entladepumpe so anzusteuern, daß sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers der gleiche Volumenstrom einstellt. Eine Begrenzung der Vorwärmtemperatur und ein Entladeende bei ausgekühltem Speicher wird vom Regler ebenfalls realisiert.

## Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

### 1. 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.....	: gehärt. 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

## 2. 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, $\lambda$ .....	: Mineralwolle im Alublech- mantel/ 30mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....	: Mineralwolle alukaschiert, 30mm, 0,035 W/(m*K)

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

## 4. 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

## 5. 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
Wärmeleitzahl Dämmung.....	: 0,04 w/(m*K)

## 6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser

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

## 7. Regelung Solarkreis

Hersteller.....: / Meßer

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

### Objektbeschreibung (Anlage Wohngebäude Leinefelde)

Das Wohngebäude "Gaußstraße" besteht aus vier aneinander gereihten, in der Längsachse versetzt angeordneten, Gebäudeteilen (Abb.1) und steht in der Südstadt. Seine 130 Wohnungen (WE) werden von etwa 400 Mietern bewohnt. Eigentümer und Betreiber ist die Wohnungsbau- und Verwaltungsgesellschaft Leinefelde.

Das Gebäude ist 1970 in 5-geschossiger Plattenbauweise errichtet worden. Seine Längsachse ist genau nach Süd ausgerichtet. Fassade, Fenster und Dachhaut (Abb.2) wurden 1996 saniert und befinden sich in einem sehr guten Zustand. Das Haus ist nach WSVO'95 wärmegeämmt.

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

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



**Abb.** Detailansicht des Kollektorfeldes und der -Aufständering  
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)



**Abb.** Ansicht der Anzeigetafel im Freien (energieautark über PV-Modul + Funk-Datenübertragung ) (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)



**Abb.** Detailansicht der Solartechnik im Keller (Technikraum / Wärmetauscher) (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

## 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

### 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>.

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

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

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.

Die gesamte Solaranlage wird zusammen mit der Heizungsanlage über DDC-Feldbusmodule der Firma Kieback und Peter gesteuert.

Folgende Regelvorgänge laufen ab:

#### 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.

#### Pufferbeladekreis

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Temperatur an der Pri-

märseite von WT1 über der im Puffer unten liegt ( $T > 5K$ ). Bei überschreiten der eingestellten Differenz wird die Pufferbeladepumpe P2 zugeschaltet.

### Pufferentladekreise

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

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

### Übertemperaturthermostat

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

### Einstellwerte

Durchsatz Wärmeträger pro $\text{m}^2$ Kollektorfläche	$\text{l}/\text{m}^{2*}$	12
	h	
Kollektorfeldgröße Absorber netto	$\text{m}^2$	708,4
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld gesamt	$\text{l}/\text{h}$	8.570
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld Apotheke	$\text{l}/\text{h}$	4.610
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld Technikgebäude	$\text{l}/\text{h}$	3.960
Durchsatz Wärmeträger Pufferbeladekreis	$\text{l}/\text{h}$	8.500
Durchsatz Wärmeträger Pufferentladekreis maximal	$\text{l}/\text{h}$	2 x 4.500
Temperaturdifferenz Kollektorfeld-Puffer unten	K	7 (5-8)
Temperaturdifferenz Kollektorkreis-Puffer unten	K	5 (4-6)
Abschalttemperatur Puffer oben	$^{\circ}\text{C}$	100
Entladetemperaturbegrenzung (über MMA / MMb)	$^{\circ}\text{C}$	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, 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 Entladung der Puffer erfolgt über einen separaten Regler. Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über die in der Kaltwasserleitung installierten Volumenzähler VVa und VVb registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald Durchsatz ermittelt wird, schaltet der Regler die Pufferentladepumpe P3a und P3b zu. Der Regler wertet die Impulsfolgefrequenz der Volumenzähler VVa und VVb aus und erzeugt ein Pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung der Entladepumpe. Durch die beschriebene Ansteuerung der Entladepumpe ist gewährleistet, daß auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Die Begrenzung erfolgt am Wärmetauscher primärseitig durch ein Dreiwegemotormischventil. Die Anlage ist mit zwei baugleichen Entladesystemen (je eine für Bettenhaus und Komplement) ausgerüstet. Die Primärkreise der Entladewärmetauscher WT2a, WT2b sind parallel geschaltet. Die Entladesysteme arbeiten auf jeweils 2 liegende 3000 L fassende Speicher. Die Temperatur in den Bereitschaftsspeichern beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulationskreise sind ganztägig in Betrieb.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung sind die Planungen für eine separate Nachheizung der Zirkulationskreise abgeschlossen worden. Es hatte sich nach der Inbetriebnahme der Umgerüsteten Brauchwasserbereitung herausgestellt, daß die Nachheizwärmetauscher in den Bereitschaftsspeichern die Zirkulationsverluste nicht zuverlässig ausgleichen können.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

#### 1. 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
2. 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,  $\lambda$ .....: Mineralwolle im Alu-Blech-  
mantel, 50, 38mm, 0,04  
W/(m\*K)
- Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle PVC-  
kaschiert, 50mm,  
0,035 W/(m\*K)
3. Wärmeträger Solarkreis
- Hersteller.....: Tyforop Chemie GmbH
- Markenname.....: Tyfocor L
- Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40 % / -23°C
- Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol
4. 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
5. 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
Wärmeleitzahl Dämmung.....:	0,035 W/(m*K)
6. 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
7. Regelung Solarkreis	
Hersteller.....:	Kieback u. Peter GmbH u. Co. KG
Typ .....	DDC- Feldbusmodule

#### Objektbeschreibung (Anlage SHK Nordhausen)

Das Südharz-Krankenhaus liegt am Nordrand der Stadt und wurde 1980 seiner Bestimmung übergeben. Auslegungsgrundlage der Solaranlage ist eine Bettenzahl von 750 bei einer Auslastung von durchschnittlich 85%.

Die Bettenzahl bleibt auch beim Neubau eines zusätzlichen Bettenhauses unverändert. Die Solaranlage versorgt die Bettenhäuser I und II, das Gebäude "Komplement" und die zentrale Versorgung mit warmen Wasser.

Das Kollektorfeld ist auf zwei Flachdächer des Krankenhauses verteilt.

Die vorbereitenden Verbrauchsmessungen ergaben einen Auslegungsverbrauch von ca. 73 l pro Bett und Wochentag.

Für die Einordnung der Solaranlage zur Brauchwasservorwärmung in das Gesamtenergiekonzept bestanden gute Voraussetzungen.

Im Zuge der vollständigen Rekonstruktion der Warmwasserbereitungsanlage des Krankenhauses wurde im Sommer/Herbst 1998 die Solaranlage errichtet und am 26. November 1998 in Betrieb genommen.

Anlage 1

Schlussbericht / Sachbericht: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase3), Förderkennzeichen: 0329601 O



**Abb.** Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der Technischen Versorgung und der Apotheke  
(Foto: TU I / FG TFD 01 mit freundlicher Genehmigung durch Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik Sondershausen)



**Abb.** Ansicht der isolierten Solar-Pufferspeicher im Technikraum der Technischen Versorgung (Foto: TU I / FG TFD 01 mit freundlicher Genehmigung durch Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik Sondershausen)

## 1.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

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

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

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 5,5m<sup>3</sup> Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m<sup>3</sup> können ca. 80 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Speicher sind nach Tichelmann parallel geschaltet. Um eine gleichmäßige Entladung beider Speicher zu gewährleisten, sind in den Vorlaufleitungen der Entladekreise Strangregulierventile eingesetzt worden. In jedem Speicher befinden sich 2 parallel angeströmte Schichtenladevorrichtungen für den Kollektorkreisvorlauf und je 2 für den Entladekreisrücklauf. Diese sorgen über ein durch die Strömung bewegtes Klappensystem dafür, daß sich das vom Wärmetauscher WT1 kommende warme Wasser in dem Bereich im Speicher einschichtet, der dichtegleich (und damit temperaturgleich) mit dem ankommenden Wasser ist. Die Entladung der Speicher erfolgt über zwei Wärmetauscher WT2 und WT3. Zwei thermostatische Dreiwegeventile sorgen dafür, daß auf der Brauchwasserseite an den Wärmetauschern keine höheren Temperaturen als 60°C auftreten. Dies dient dem Schutz der Wärmetauscher vor Verkalkung.

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

#### Kollektorkreis

Der Kollektorkreis wird in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz Absorber zu Primärseite Wärmetauscher 1 geregelt. Bei positiver Differenz ( $T > 8K$ ) wird die Kollektorkreispumpe zugeschaltet.

#### Pufferbeladekreis

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Temperatur an der Primärseite von WT1 über der im Puffer unten liegt ( $T > 4K$ ). Bei Überschreiten der eingestellten Differenz wird die Pufferbeladepumpe P2 zugeschaltet.

#### Pufferentladekreis

Bei der Entnahme von Warmwasser strömt Kaltwasser sekundär durch die Wärmetauscher WT2 zu den Nachheizspeichern. Die entnommene Trinkwassermenge wird mit dem Volumenzählern VV gemessen. Entsprechend dieser Wassermenge wird die Entladepumpe P3 elektronisch getaktet, wodurch die Pufferentladung über WT2 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 ein Thermostatisches Dreiwegeventil ein Bypassweg geöffnet. Damit wird die Wassertemperatur auf max. 60°C begrenzt.

#### Übertemperaturthermostat

Über einen zusätzlichen Reglerfühler TR33 an der höchsten Stelle eines Speichers wird die Maximaltemperatur in den Speichern auf 95°C begrenzt. Es werden die Kollektorkreispumpe und die Pufferbeladepumpe abgeschaltet.

#### Einstellwerte

Durchsatz Wärmeträger pro m <sup>2</sup> Kollektorfläche	l/m <sup>2</sup> * h	12
Kollektorfeldgröße Absorber netto	m <sup>2</sup>	203,2
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld gesamt	l/h	2.600
Durchsatz Wärmeträger Pufferbeladekreis	l/h	2.400
Durchsatz Wärmeträger Pufferentladekreis maximal	l/h	2.200
Temperaturdifferenz Kollektorfeld-Puffer unten	K	8 (5-8)
Temperaturdifferenz Kollektorkreis-Puffer unten	K	4 (4-6)
Abschalttemperatur Puffer oben	°C	95
Entladetemperaturbegrenzung (über MMA / MMb)	°C	60
Systemdruck im Solarkreis	bar	2,6
Systemdruck im Pufferkreis	bar	0,5

#### 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, das hier mittels Fernwärme auf die geforderte Warmwassertemperatur gebracht wird. Die Ausführung der Anlage als Vorwärmssystem hat zur Folge, daß die Rücklauftemperaturen in den Speicher und damit auch in das Kollektorfeld sehr niedrig gehalten werden können. Bei entsprechender Auslegung des Kollektorfeldes erreicht man damit hohe Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%.

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

Die Entladung der Puffer erfolgte ursprünglich über den gleichen Regler, der die Kollektorkreispumpe ansteuerte (SI-Control). Im Verlauf des Probetriebes der Anlage stellte sich heraus, daß die Entladung so schlecht funktioniert (hohe Rücklauftemperaturen), daß ein zusätzlicher spezieller Entladeregler installiert werden muss. Es kam das Meßer - System zum Einsatz. Mit diesem wird entsprechend des Kaltwasserdurchflusses, erfasst über Volumenstromzähler VV, die Pufferentladepumpe angesteuert. Die Ansteuerung der Entladepumpe gewährleistet, daß auf der Primär- und

der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Unabhängig von der Entladeregelung erfolgt eine Begrenzung der Entladetemperatur durch ein thermostatisches Dreiwegeventil.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem (Klinikum Mansfelder Land Hettstedt):

#### 1. Kollektoren

	Feld 1 West- dach	Feld 2 Ostdach	Gesamt		
Ausrichtung	Süd +15°	süd +15°			
Neigung	30°	30°			
Anzahl Kollektoren	1 x LB 5,0 19 x LB 7,6	2 x LB 5,0 2 x LB 6,4 4 x LB 7,6			
Aktive Kollektorfläche			203,2 m <sup>2</sup>		
Wärmeträgerinhalt	LB 5,0 = 2,6 l   LB 6,4 = 3,06 l   LB 7,6 = 3,51 l Gesamt = 95,11 l				
Höhe über Grund	15m	15m			

Hersteller, Typ.....: Wagner & Co., Cölbe

Bauartzulassung.....: 06-328-022

Absorbermaterial.....: Kupfer, Schwarzchrom  
/Nickel, beschichtet

Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer

Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle + PU-  
Schaum, 30+30

Material Frontabdeckung, Dicke.....: Sicherheitsglas  
PROTEXT M, 4 mm

Material Kollektorkasten.....: Aluminium

Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar

Stillstandstemperatur.....: 189 °C

Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....: 0,7893

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....: 2,88 W/(m<sup>2</sup>\*K)

- Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....: 0,018 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)  
Winkelkorrekturfaktor.....: 0,93  
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 12 l/m<sup>2</sup>\*h
2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher  
Material Rohr, DIN..... : Stahl ST37, Kupfer  
Rohr Nennweite..... : DN 32, 28  
Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 65 m  
Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 30 m  
Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ ..... : Armaflex HAT, 0,035  
W/(m\*K)  
Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ ..... : Mineralwolle, 0,04  
W/(m\*K)
3. Wärmeträger Solarkreis  
Hersteller..... : Wagner & Co, Cölbe  
Markenname..... : DC20  
Konzentration / Frostfestigkeit..... : 45 % / -21°C  
Basisstoff..... : Propylenglykol mit  
Inhibitoren
4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis  
Hersteller..... : ALFA-LAVAL, Glinde  
Typ ..... : 2 x CB 76-420 H in  
Reihe  
Ausführungsart nach DIN 1988..... : gelötet  
Fläche..... : 3,9 m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie..... : Edelstahl 1.4401
5. Pufferspeicher  
Anzahl..... : 2  
Hersteller..... : Fa. Groß, Hohenleuben  
Typ..... : vor Ort geschweißt  
Bauartzulassung..... : k. A.  
Volumen je Speicher..... : 5,5 m<sup>3</sup>  
Material Behälter..... : Stahl ST37-2  
Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 140mm  
Wärmeleitzahl Dämmung..... : 0,04 W/(m\*K)

## 6. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (Vorwärmung)

Hersteller.....: ALFA-LAVAL, Glinde  
Typ .....: 76-141  
Ausführungsart nach DIN 1988.....: gelötet  
Fläche.....: 12,9 m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401

## 7. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (Nachheizung Zirkulation)

Hersteller.....: ALFA-LAVAL, Glinde  
Typ .....: 76-141  
Ausführungsart nach DIN 1988.....: gelötet  
Fläche.....: 12,9 m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401

## 8. Regelung

## Kollektorkreis (P1)

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

## Pufferbeladekreis (P2)

Hersteller.....: RESOL, Hattingen  
Typ .....: E1/D (Regler 2)  
Einschaltkriterien.....: TR21 > TR22 + 4K  
Ausschaltkriterien.....: TR21 < TR22 + 1,6K  
TR33 > 95°C  
Bemerkungen.....: keine

## Pufferentladekreis (P3) Vorwärmung

Hersteller.....: Solar- & Energiespartechnik,  
Neuhaus, Hr. Meißer  
Typ .....: Regler 3  
Einschaltkriterien.....: SV > 0, nach Impuls von SV  
Sofortiges Einschalten von P3  
und Nachlauf (einstellbar ca.  
0,1 – 1s)  
Ausschaltkriterien.....: SV = 0 und Ende der



#### Nachlaufzeit

Bemerkungen.....: Regler enthält einen Impulsver-Doppler für das Zählersignal SV

#### Pufferentladekreis (P4) Nachheizung Zirkulation

Hersteller.....: RESOL, Hattingen

Typ .....: E1/D (Regler 4)

Einschaltkriterien.....:  $TR_{41} > TR_{42} + 4K$

Ausschaltkriterien.....:  $TR_{41} < TR_{42} + 1,6K$

Bemerkungen.....: keine

#### Temperaturbegrenzer

Thermostatisches Dreiwegeventil zur Begrenzung der Entladetemperaturen an WT2 und WT3 (Verkalkung) auf 60°C.

Sicherheitstemperaturbegrenzer (STB) in beiden Speichern oben zur Begrenzung der Speichertemperaturen auf 95°C. P1 und P2 werden abgeschaltet.

#### Objektbeschreibung (Anlage Klinikum Mansfelder Land):

Die Solaranlage dient zur Brauchwassererwärmung im Klinikum Mansfelder Land - Haus Hettstedt. und unterstützt bei starker Solarstrahlung außerdem die Heizung, indem der Zirkulationsrücklauf angehoben wird. Das Kreiskrankenhaus Hettstedt wurde 1997/98 gebaut und im Oktober 1998 in Betrieb genommen. Gleichzeitig mit den eigentlichen Baumaßnahmen wurde die Solaranlage errichtet.

Das Krankenhaus ist für eine maximale Bettenzahl von 260 Betten ausgelegt, wovon zur Zeit 220 (2001) Betten betrieben werden.

Bei der Auslegung der Solaranlage wurde von einem Verbrauch von 65l/Bett\*Tag ausgegangen. Bei einer durchschnittlichen Belegungszahl von 215 Betten ergibt sich ein Tagesverbrauch von 14.000l/Tag. Die Pufferspeicher sind so bemessen, daß sie ca. 80 % des Tagesenergiebedarfes zwischen speichern können. Es wurden zwei Speicher mit je 5.500l Inhalt installiert.



**Abb.** Ansicht des West-Daches mit 153 m<sup>2</sup> Kollektorfläche (Foto TU Ilmenau FG TFD 2000)

Anlage 1

Schlussbericht / Sachbericht: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase3), Förderkennzeichen: 0329601 O



**Abb.** Ansicht in der Technikzentrale des Hauses  
(Foto TU Ilmenau FG TFD 2000)

## 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld der Anlage befindet sich auf dem Schrägdach des 1999/2000 entstandenen Neubaus des Bettenhauses und besteht aus 22 indachmontierten Großkollektoren mit einer aktiven Gesamtabsorberfläche von 95,52 m<sup>2</sup>. Es ist baulich bedingt in drei Teilfelder aufgeteilt. Das Kleinste, westlich der Gaube Gelegene, besteht aus 4, das Größte, östlich der Gaube montierte besteht aus 12 und das östlich der Brandschutzmauer gelegene besteht aus 6 Kollektoren. Das Kollektorfeld ist in 4 parallelgeschaltete Stränge unterteilt. Der hydraulische Abgleich der einzelnen Stränge erfolgt durch Strangreguliertventile.

Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des 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. Zum Schutz der Membran des Ausgleichsbehälters vor den hohen Wärmeträgertemperaturen ist zwischen Kollektorkreis und Ausdehnungsbehälter ein Abkühlstrecke (Rohrschlange) eingefügt. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

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

Die Anlage ist als Vorwärmssystem ausgelegt, d.h. es gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier über Gas- bzw. Ölkessel auf die erforderliche Bereitschaftstemperatur gebracht wird. Zusätzlich zur solaren Vorwärmung des Brauchwassers ist, der Zirkulationskreis des Neubaus in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden worden. Ist die Wassertemperatur im Pufferspeicher größer als 45 °C, wird über einen zusätzlichen Wärmetauscher (WT3) im Rücklauf des Zirkulationskreises das abgekühlte Brauchwasser auf die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher erwärmt. Prinzipiell sind mit dieser Maßnahme höhere Systemnutzungsgrade und damit höhere Deckungsanteile erreichbar, wenn das Kollektorfeld ca. 20 – 30% größer ausgelegt wird. Der zusätzliche Energiegewinn, vorrangig in den Sommermonaten, muss dem höheren finanziellen Aufwand bei der Erstellung der Anlage gerecht werden.

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

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

#### Kollektorkreis

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

#### Pufferbeladung

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

#### Pufferentladung WT2

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

#### Pufferentladung WT3

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

Ein thermostatisches Dreiwegemischventil im Primärkreis von WT3 begrenzt die Temperatur auf ca.  $60^{\circ}C$ .

#### Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler von Regler R1 am Pufferspeicher oben (TR21) schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung (P1 und P2) ab, wenn dort die Temperatur  $90^{\circ}C$  überschreitet.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von  $95^{\circ}C$  erfüllt.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem (Anlage KKH Sonneberg)

## 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Gesamt
Ausrichtung	Südsüd- ost	Südsüd- ost	Südsüd- ost		
Neigung	23°	23°	23°		
Anzahl Kollektoren	4	12	6		
Aktive Kollektorfläche	14,42	55,88	25,22		95,52
Wärmeträgerinhalt	11,81	44,83	20,39		
Höhe über Grund	15m	15m	15m		

Hersteller, Typ.....: ThüSolar,  
 Bauartzulassung.....: Rapperswill Nr.287  
 Absorbermaterial.....: Kupfer, Schwarzchrom  
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer  
 Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....: Glasfasermatte PUR-Schaum alukaschiert  
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas, 4mm  
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium eloxiert  
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar  
 Stillstandstemperatur.....: °C  
 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..... 15 l/m<sup>2</sup>\*h

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher
- Material Rohr, DIN.....: Kupfer  
 Rohr Nennweite.....: DN 32, DN 20  
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....: 50m  
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....: 25m  
 Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ .....: Aeroflex 25mm, 0,04 W/m<sup>2</sup>K  
 Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle 35mm, 0,035

W/m<sup>2</sup>K

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

## 4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

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

## 5. Pufferspeicher

Anzahl.....: 1, stehend, kellergeschweißt  
Hersteller.....: Fa. Thüsolar  
Typ.....:  
Bauartzulassung.....:  
Volumen je Speicher.....: 5,54m<sup>3</sup>  
Material Behälter.....: Stahl, St37  
Material Dämmung, Dicke.....: Mineralwolle, 150mm  
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....: 0,035 w/(m\*K)

## 6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser (WT2)

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

## 7. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Zirkulation (WT3)

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

## 8. Regelung Solarkreis / Belade- / Entladekreise

Hersteller.....: Resol  
Nr, Typ .....: R1, EL1

Hersteller.....:	Resol
Nr. Typ .....	R1, EL1
Hersteller.....:	Meßer
Nr. Typ .....	R2, PRB2
Hersteller.....:	Resol
Nr. Typ .....	R3, E1/D

### Objektbeschreibung (Anlage KKH Sonneberg)

Das Kreiskrankenhauses Sonneberg besteht im wesentlichen aus einem Gebäudekomplex, in dem alle Funktionsräume (OP's, Behandlungsräume, etc.) und die einzelnen Stationen untergebracht sind. Nicht in diesem Komplex enthalten sind die Räumlichkeiten der Verwaltung, sowie die neu errichtete Heizzentrale und die ebenfalls neu errichtete Trafostation.

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

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

Am 29.07.98 wurde durch das Kreiskrankenhaus Sonneberg eine Betrachtung zur Realisierbarkeit und Ökonomie einer Dachintegration im 2. Bauabschnitt – Neubau vorgelegt.

Anfang 1998-2000 wurde dieser Neubau errichtet und an das vorhandene Hauptgebäude angebaut und die erforderliche Kollektorfläche mit drei Teilfeldern in die Dachfläche des Neubaus integriert.

Die Bettenanzahl beträgt 175 und soll sich auch nach der kompletten Inbetriebnahme des Neubaus nicht ändern (Schreiben KKH Sonneberg an TU I v. 29.07.98 und Schreiben Ing.-Büro Wintzer an TU I vom 14.09.98).



**Abb.** Ansicht des östlichen Teilfeldes auf dem Schrägdach des Neubaus  
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



**Abb.** Speicheransicht und Solartechnik im Keller  
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



## 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 24 Großkollektoren ( $20 \times 7,5\text{m}^2$ ,  $4 \times 6\text{m}^2$ ), die in 4 Strängen zu je 6 Kollektoren verschaltet sind. Die Gesamtabsoberfläche beträgt  $168,4\text{m}^2$ . Die Kollektoren sind in Indachmontage in das Dach eingebracht wurden, d.h., die Dachziegel wurden im Bereich des Feldes durch die Kollektormodule ersetzt. Zur zusätzlichen Absicherung des im Dachgeschoß unter dem Kollektorfeld untergebrachten Röntgenarchives wurden die Kollektoren in eine wasserdichte Blechwanne eingesetzt. Die umlaufende Abdichtung des Feldes erfolgte ähnlich der beim Einbau von Dachflächenfenstern. Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von  $11,5 \text{ m}^3$  pro Tag ausgelegt.

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

Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher mit  $8,75 \text{ m}^3$  Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird mit max 1 bar Druck betrieben. Die Ausgleichsbehälter befinden sich direkt neben dem Speicher (siehe Abb. 4). Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Consens (Ilmenau). Mit dem Gesamtspeichervolumen von  $8,75 \text{ m}^3$  können ca. 75 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

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

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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

Die Entladung der Puffer erfolgt über den Regler 2 (Meßer). Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über den in der Kaltwasserleitung installierten Volumenzähler SV registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald Durchsatz ermittelt wird, schal-

tet der Regler die Pufferentladepumpe P3 zu. Der Regler wertet die Impulsfolgefrequenz des Volumenzählers SV aus und erzeugt ein pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung der Entladepumpe. Durch die beschriebene Ansteuerung der Entladepumpe ist gewährleistet, daß auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Nach der Vorwärmung des Trinkwassers erfolgt die Verteilung in die einzelnen Häuser.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem (Anlage KKH Ilmenau)

#### 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	24				
Aktive Kollektorfläche	168,4m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	12m				

Hersteller.....: Sesol Ges. f. solare Systeme mbH

Typ .....: FK 7.5/6.0

Bauartzulassung.....: 16-328-090

Absorbermaterial.....: Kupfer

Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer

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

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

Material Kollektorkasten.....: Aluminium

Zul. Betriebsüberdruck.....:

Stillstandstemperatur.....:

Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....: 0,78

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....: 3,7802 W/(m<sup>2</sup>\*K)

Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....: 0,0223 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)

Winkelkorrekturfaktor.....: 0,87

Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 10,7 l/m<sup>2</sup>\*h

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher  
Material Rohr, DIN.....: Kupfer  
Rohr Nennweite.....: DN 50 25 mm  
Einfache Länge Rohrleitung außen.....:25 m  
Einfache Länge Rohrleitung innen.....:  
Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle im Alublechmantel, 100%, 0,04 W/(m\*K)  
Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: Aeroflex im Alublechmantel, 100%, 0,04 W/(m\*K)
3. Wärmeträger Solarkreis  
Hersteller.....: Tyforop  
Markenname.....: Tyfocor  
Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40 % / -23°C  
Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol
4. Wärmetauscher Solarkreis / Speicherladekreis  
Hersteller.....: Fero Gelsenkirchen  
Typ .....: BHM 25-100 U  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....:  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet
5. Pufferspeicher  
Anzahl.....: 1  
Hersteller.....: ThüSolar GmbH Rudolstadt  
Typ.....: 7850, kellergeschweißt, quadratisch  
Bauartzulassung.....:  
Volumen je Speicher.....: 7,85m<sup>3</sup>  
Material Behälter.....: Stahl ST37-2  
Material Dämmung, Dicke.....: Lanatherm, 200mm  
Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,04 w/(m\*K)
6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser  
Hersteller.....: Fero Gelsenkirchen  
Typ .....: BHM 25-100 U  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....:  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

## 7. Regelung Solarkreis

Hersteller.....: Sorel

Typ .....: DR2



**Abb.** Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der Inneren Medizin (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



**Abb.** Ansicht des Pufferspeichers der Anlage im Haustechnikraum der Inneren Medizin (quadratischer kellergeschweißter Niederdruckspeicher, die Verkleidung des Isoliermantels besteht aus Gipskartonplatten) (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)

## 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

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

Das gesamte Feld ist in 15 parallelgeschaltete Stränge aufgeteilt. Jeder Strang enthält je nach Balkonzeile 4 bis 6 in Reihe geschaltete Module. Die Stränge 4 und 11 enthalten jeweils die doppelte Anzahl in Reihe geschaltete Module (je zwei parallel). Die Anzahl der von oben ausgehend bestückten Balkonbrüstungen nimmt von rechts nach links zu, da die Fassade in den Morgenstunden von anderen Hochhäusern abgeschattet wird. Das Kollektorfeld hat eine Gesamtabsorberfläche von 119m<sup>2</sup>. Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 14 m<sup>3</sup> pro Tag ausgelegt.

Um die geforderten 15 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 im Drempel im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Die gesamte Systemtechnik der Solaranlage und der Vorwärmwärmetauscher für den Ring 130 ist in einem der beiden Durchgänge zwischen den Gebäudeteilen Ring 130 und Ring128/128a installiert. Um eine größere Baufreiheit zu schaffen ist der Fußboden des hinteren Bereiches um ca. 1,8m abgesenkt worden. Die Maßnahme ermöglichte die laut Planung vorgesehenen 2 Stück 5m<sup>3</sup> Speicher durch einen 10m<sup>3</sup> großen Speicher zu ersetzen. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, daß im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

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

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

Die Regelung des Kollektor- und des Speicherladekreises erfolgt von R1 (Resol ESF25). Der Regler erfasst mit einer Solarzelle CS10 die Strahlungsintensität. Bei Überschreiten des Schwellwertes von 150W/m<sup>2</sup> wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. Die Pumpe des Speicherladekreises (P2) wird zugeschaltet wenn der Regler zwischen den Temperaturmessstellen Kollektorkreisvorlauf (TR11) und Pufferspeicher unten (TR12) eine Differenz größer 8K feststellt. Zum Schutz des Pufferspeichers gegen Übertemperatur ist im oberen Bereich ein Sicherheitsthermostat (STB) instal-

liert. Die Pumpen P1 und P2 werden bei einer Temperatur im Speicher oben von 95°C abgeschaltet.

### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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

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

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

Die Entladung des Pufferspeichers erfolgt über drei Regler PRB2 der Fa. Solar- & Energiespartechnik Neuhaus.

Zum Schutz der Entladewärmetauscher vor Verkalkung wird die Temperatur Trinkwasserseitig auf 60°C begrenzt. Dazu sind die Entladestränge mit Dreiwegmischventilen ausgerüstet.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

#### 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd $-20^\circ$				
Neigung	$45^\circ$				
Anzahl Kollektoren	170				
Aktive Kollektoren	127,5m <sup>2</sup>				

torfläche					
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	40m				

Hersteller, Typ.....: SUNDA Solartechnik GmbH  
 Bauartzulassung.....: 901-328-108  
 Absorbermaterial.....: Aluminium  
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer  
 Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....: Vakuum  
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas  
 Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....: Aluminium  
 Zul. Betriebsüberdruck.....:  
 Stillstandstemperatur.....:  
 Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....: 0,813  
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....: 2,09 W/(m<sup>2</sup>\*K)  
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....: 0,0001 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)  
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,92 / 1,05  
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m<sup>2</sup>\*h

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

Material Rohr, DIN.....: Stahl  
 Rohr Nennweite.....: DN 57 (57 x 2,0)  
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....: 40m  
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....: 5 m

Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ .....: Aeroflex / Mineralfaser in Balkonverkleidung integriert, 100%, 0,04 / 0,035 W/(m\*K)

Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle alukaschiert, 100%, 0,035 W/(m\*K)

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

4. Wärmetauscher Solarkreis / Speicherladekreis

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

5. Pufferspeicher

Anzahl.....: 1  
Hersteller.....: Thüsolar GmbH Rudolstadt  
Typ.....: kellergeschweißt  
Bauartzulassung.....:  
Volumen je Speicher.....: 10m<sup>3</sup>  
Material Behälter.....: Stahl ST37-2  
Material Dämmung, Dicke.....: Weichschaum, 100mm  
Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,4 w/(m\*K)

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser

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

7. Regelung Solarkreis

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



Objektbeschreibung (Anlage Wohngebäude KoWo Erfurt)

Das 11-geschossige Wohngebäude steht im Stadtzentrum in unmittelbarer Nähe zur Altstadt und ist Bestandteil einer größeren Plattenbau- Hochhauswohnsiedlung. Das Gebäude wurde in den Jahren 1999-2001 komplett (Fassade, Fenster, Dach, Heizung, Sanitär) saniert. Der Auslegungsverbrauch wurde mit  $14\text{m}^3/\text{d}$  festgelegt und ergibt sich aus dem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 25Litern/d bei ca. 560 Bewohnern.



**Abb.** Teilansicht des Kollektorfeldes Gagarin-Ring 128 (In den roten Verkleidungen ist die Verrohrung der Kollektoren untergebracht. Die Sammelleitungen der Stränge sind unter der Fassadenisolation nach oben in den Drempeel geführt.)  
(Foto: TU I FG TFD 2001)



**Abb.** Teilansicht eines montierten Balkonmoduls. Die Verkleidungen sind teilweise entfernt.  
(Foto: TU I FG TFD 2001)

## 1.10 Anlage KIEZ – Kinder und Erholungszentrum – Güntersberge

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld der Anlage befindet sich auf der 38° geneigten Süddachfläche des Bettenhauses 1. Die vorhandene Wellblecheindeckung wurde vollständig durch die Kollektoren inkl. Randeinfassungen ersetzt. Somit beträgt die Bruttokollektorfläche 240m<sup>2</sup> bei einer Gesamtdachfläche von 300m<sup>2</sup>. Das Kollektorfeld besteht aus 30 Großkollektormodulen mit je 8m<sup>2</sup> Bruttofläche und ist in 5 parallelgeschaltete Stränge unterteilt. Der hydraulische Abgleich erfolgt durch Strangregulierventile in den Vorläufen der einzelnen Stränge.

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

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

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

#### Kollektorkreis

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

#### Pufferbeladung

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

### Pufferentladung WT2

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

### Übertemperaturbegrenzung

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

### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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

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

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

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

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

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

## 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd				
Neigung	38°				
Anzahl Kollektoren	30				
Aktive Kollektorfläche	216m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	5m				

Hersteller, Typ.....: Sonnenkraft IMK8  
 Bauartzulassung.....: 02-328-083  
 Absorbermaterial.....: Cu / selektive Beschichtung  
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Cu  
 Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....:  
 Material Frontabdeckung, Dicke.....:  
 Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....:  
 Zul. Betriebsüberdruck.....:  
 Stillstandstemperatur.....:  
 Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....:  
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....:  
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....:  
 Winkelkorrekturfaktor.....:  
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l / m<sup>2</sup> • h

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

Material Rohr, DIN.....: Cu  
 Rohr Nennweite.....: DN 22, DN 28, DN 35, DN 40  
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....: 0m  
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....: 40m  
 Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ .....: -  
 Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: Mineralwolle 100 %,

## 3. Wärmeträger Solarkreis

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

## 4. Wärmetauscher Solarkreis / Speicherladekreis (WT1)

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

## 5. Pufferspeicher

Anzahl.....:	1, stehend
Hersteller.....:	Flamco STAG Behälterbau, Genthin
Typ.....:	SPS 10000
Bauartzulassung.....:	
Volumen je Speicher.....:	10,0m <sup>3</sup>
Material Behälter.....:	Stahl, RSt37-2
Material Dämmung, Dicke.....:	Mineralwolle, 150mm
Wärmeleitzahl Dämmung.....:	0,035 W / mK

## 6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser (WT2)

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

Bemerkung: Die Angaben stammen aus den Revisionsunterlagen. Diese Wärmetauscher sind jedoch nicht installiert worden. Der eingesetzte WT ist nicht bekannt !!!

## 7. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Zirkulation (WT3)

Hersteller.....:	
Typ .....	<u>nicht</u> realisiert
Ausführungsart nach DIN 1988.....:	
Fläche.....:	
Material Tauscherplatten, Technologie.....:	Edelstahl 1.4401, gelötet

## 8. Regelung Solarkreis / belade- / Entladekreise

Solarkreis	
Hersteller.....:	Boyd Regelungstechnik
Typ .....	R1, B111 / 00-0
Beladekreis (Entladekreis)	
Hersteller.....:	Boyd Regelungstechnik
Typ .....	R2, B111 / 00-0
Entladekreis (später nachgerüstet)	
Hersteller.....:	Meßer
Typ .....	R3, PRB2

Objektbeschreibung

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

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

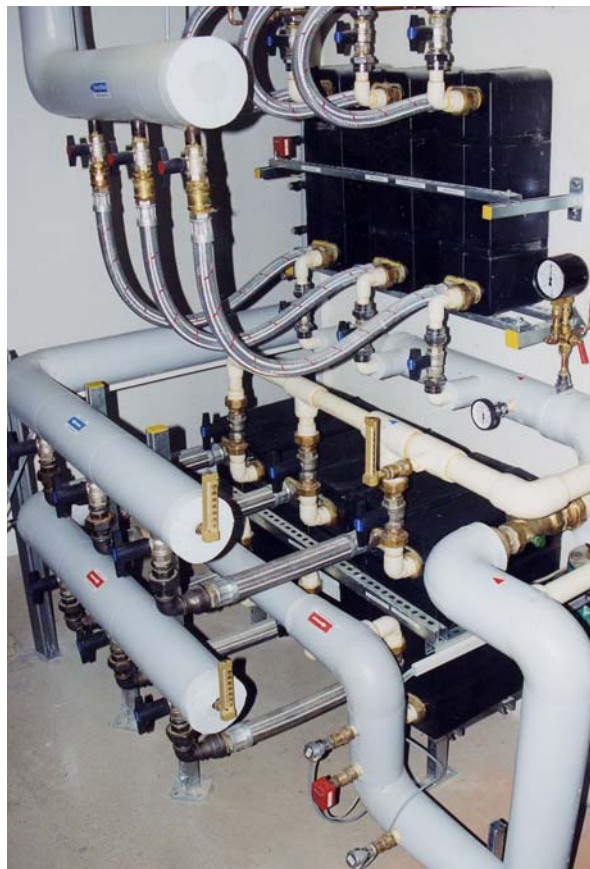
Seit 1997 treffen sich dort Kinder Europas alljährlich im Sommer zum "Europacamp für Kids".

Die Solaranlage wurde als Low-Flow-Anlage ausgeführt und das Kollektorfeld der Solaranlage in das Dach des Bettenhauses 4 integriert. Die zur Verfügung stehende Dachfläche von 300 m<sup>2</sup> wurde fast vollständig mit insgesamt 30 Großkollektoren zu je 8 m<sup>2</sup> Fläche belegt. Die Gesamtabsorberfläche (aktive Kollektorfläche) beträgt 216 m<sup>2</sup>. Die vorbereitenden Untersuchungen und Messungen, die durch die FH Merseburg als hochschulbegleitende Einrichtung durchgeführt wurden, ergaben einen Auslegungsverbrauch von 14,8 m<sup>3</sup>/d.

Seit Dezember 1999 wird die Anlage durch die TU Ilmenau betreut.



**Abb.** Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach des Bettenhauses 1, aus südwestlicher Richtung  
(Foto: KIEZ Güntersberge)



**Abb.** Ansicht der Vorwärmwärmetauscher. Darüber befinden sich die Wärmetauscher für die Nachheizung. Die gelöteten Plattenwärmetauscher sind jeweils parallel geschaltet.  
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)

## 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 16 Großkollektoren zu je 6,5m<sup>2</sup> Absorberfläche und ist in zwei parallel geschaltete Stränge unterteilt. Die Kollektoren werden von einer Stahlkonstruktion mit Holzsparren getragen (siehe Abbildung). Die Verbindung der Kollektoren mit dem Pufferspeicher erfolgt über eine erdverlegte Stahlrohrleitung.

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

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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

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

#### Beschreibung des Regelsystems

##### Kollektorkreis

Je ein Temperaturfühler von R1 ermittelt die Temperaturen im Kollektorfeld (TR11) und im Puffer unten (TR12). Bei positiver Differenz (>4K) wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. P1 wird abgeschaltet, wenn TR11 kleiner als TR12+2K ist.



Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur (TR13) von WT1 über der im Puffer unten (TR12) liegt ( $>4K$ ). Diese Temperaturdifferenz wird von R1 erfasst und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben. Das Abschalten der Pumpe P2 erfolgt mit dem Abschalten der Pumpe P1.

Pufferentladung WT2a-d

Bei Entnahme von Warmwasser strömt kaltes Trinkwasser in die Brauchwasserspeicher nach. In der Kaltwasserzulaufleitung ist ein Volumenstromzähler eingebaut (VV), dessen Volumenimpulse (1Impuls/1L) von den Entladeregler R2a-d erfasst werden. Die Entladepumpen P3a-d werden von R2 so gesteuert, daß die sich auf beiden Seiten der Wärmetauscher (WT2) einstellenden Volumenströme gleich sind (Taktung von P3). Die Laufzeit der Pumpe kann am Regler eingestellt werden und muß so erfolgen, daß eine optimale Auskühlung des Wasser aus dem Speicher erfolgt. P3 wird trotz anliegender Verbrauchsimpulse nicht angesteuert wenn die Warmwassertemperatur am Ausgang von WT2 (TR21) einen einstellbaren Wert übersteigt ( $60^{\circ}C$ , Kalkschutz).

Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler von Regler R1 am Pufferspeicher oben (TR14) schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung (P1 und P2) ab, wenn dort die Temperatur  $95^{\circ}C$  überschreitet.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat (STW) installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von  $95^{\circ}C$  erfüllt.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

## 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd + 17 °				
Neigung	25 °				
Anzahl Kollektoren	16				
Aktive Kollektorfläche	104 m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt	k.A. I				
Höhe über Grund	3-5 m				

Hersteller, Typ.....: Thüsolar, Thüsol 6,5

Bauartzulassung.....: k.A.

- Absorbermaterial.....: Kupfer, Beschichtung:  
Schwarzchrom
- Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
- Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....: PU-Hartschaum, 35 mm,  
k.A.
- Material Frontabdeckung, Dicke.....: Solarglas, gehärtet, 4  
mm
- Material Kollektorkasten.....: Aluminium, eloxiert
- Zul. Betriebsüberdruck.....: 6 bar
- Stillstandstemperatur.....: k.A.
- Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....: 0,779
- Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....: 4,21 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....: 0,085 W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>2</sup>)
- Winkelkorrekturfaktor.....: 0,86
- Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m<sup>2</sup>\*h
2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher
- Material Rohr, DIN.....: Stahl, St37,0 S, DIN 2448
- Rohr Nennweite.....: DN 32
- Einfache Länge Rohrleitung außen.....: 64 m
- Einfache Länge Rohrleitung innen.....: k. A.
- Material Wärmedämmung außen, Dicke,  $\lambda$ .....: k.A., 35 mm, k.A. W/(m\*K)
- Material Wärmedämmung innen, Dicke,  $\lambda$ .....: PU-Hartschaum, 100%, 0,025  
W/(m\*K)
3. Wärmeträger Solarkreis
- Hersteller.....: Metasol Chemie GmbH
- Markenname.....: Tyfocor L
- Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40 % / k.A. -°C
- Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol
4. Wärmetauscher Solarkreis / Speicherladekreis (WT1)
- Hersteller.....: Alfa Laval
- Typ .....: CB 52-80 M
- Ausführungsart nach DIN 1988.....: k.A.
- Fläche.....: 6,8 m<sup>2</sup>
- Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

## 5. Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend, Außenaufstellung
Hersteller.....	: VKA GmbH Schönbrunn
Typ.....	: GFK-Speicher
Bauartzulassung.....	: k.A.
Volumen je Speicher.....	: 8 m <sup>3</sup>
Material Behälter.....	: GlasFaserverstärkterKunststoff (GFK)
Material Dämmung, Dicke.....	: Liaver Blähglasgranulat, 170 mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	: 0,06 W/(m*K)

## 6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser (WT2)

Hersteller.....	: Alfa Laval
Typ .....	: 4 x CB51 – 40H
Ausführungsart nach DIN 1988.....	: k.A.
Fläche.....	: 4,9 m <sup>2</sup>
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: Edelstahl 1.4401, gelötet

## 7. Regelung Solarkreis / Belade- / Entladekreise

Solarkreis	
Hersteller.....	: Dr. Riedel Automatisierungs- technik
Nr. Typ .....	: MRE
Beladekreis (Entladekreis)	
Hersteller.....	: Dr. Riedel Automatisierungs- technik
Nr. Typ .....	: MRE

Objektbeschreibung

Die Solaranlage dient zur Vorwärmung / Erwärmung des Trinkwassers in vier sanierten Wohngebäuden mit insgesamt 160 Wohnungen. Das Objekt befindet sich in einer Wohnsiedlung am südöstlichen Stadtrand von Weißenfels. Die Gebäude wurden in Plattenbauweise (WBS72) 5-geschossig errichtet und im Zeitraum von 1996 bis 2000 umfassend saniert.

Das Kollektorfeld wurde auf dem ehemaligen Wäschetrockenplatz zwischen den Gebäuden der Wohnsiedlung errichtet (siehe Foto und Flurskizze). Die Fläche unter dem Kollektorfeld wird (auch weiterhin) als überdachter Trockenplatz genutzt. Erstmals im Programm Solarthermie 2000 in Thüringen wurde der Solarpufferspeicher im Außenbereich des Objektes aufgestellt. Es handelt sich um einen Speicher aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) mit einem Fassungsvermögen von 5m<sup>3</sup>. Das Trinkwas

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



**Abb.** Ansicht des Kollektorfeldes aus südsüdöstlicher Richtung. Im Hintergrund ist eines der am System angeschlossenen Wohngebäude zu sehen. Der Pufferspeicher steht, im Bild nicht sichtbar, im Durchgangsbereich zwischen den beiden Gebäuden. (Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)



**Abb.** Ansicht des Pufferspeichers der Anlage (Foto: TU I 2002)

## 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 18 Großkollektoren zu je 6,5m<sup>2</sup> Absorberfläche und ist in 6 parallel geschaltete Stränge zu je 3 Kollektoren unterteilt. Die Kollektoren werden von einer Stahlkonstruktion getragen (siehe Abbildung). Die Verbindung der Kollektoren mit dem Pufferspeicher erfolgt über eine durch das Treppenhaus des Blockes C verlegte Leitung.

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

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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

#### Beschreibung des Regelsystems

##### Kollektorkreis

Je ein Temperaturfühler von R1 ermittelt die Temperaturen im Kollektorfeld (TR11) und im Puffer unten (TR12). Bei positiver Differenz (>4K) wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. P1 wird abgeschaltet, wenn TR11 kleiner als TR12+2K ist.

##### Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über WT1 solange im Leerlauf, bis die Primärtemperatur (TR13) von WT1 über der im Puffer unten (TR12) liegt (>4K). Diese Temperaturdifferenz wird von R1 erfasst und schaltet die Pufferbeladepumpe P2 ein. Nach Einschalten der Pumpe P2 wird die Wärme über WT1 an den Pufferspeicher abgegeben. Das Abschalten der Pumpe P2 erfolgt mit dem Abschalten der Pumpe P1.

##### Pufferentladung WT2a/b WT2c

Bei Entnahme von Warmwasser strömt kaltes Trinkwasser in die Brauchwasserspeicher nach. In der Kaltwasserzulaufleitung ist ein Volumenstromzähler eingebaut (Sva, SVb), dessen Volumenimpulse (1Impuls/1L) von den Entladereglern R2a/b R2c erfasst werden. Die Entladepumpen werden von R2 so

gesteuert, daß die sich auf beiden Seiten der Wärmetauscher (WT2) einstellenden Volumenströme gleich sind (Taktung von P3). Die Laufzeit der Pumpe kann am Regler eingestellt werden und muss so erfolgen, daß eine optimale Auskühlung des Wasser aus dem Speicher erfolgt. Die maximale Vorwärmtemperatur wird mittels zweier thermostatischer Dreiwegemischventile auf 60°C begrenzt. Durch die Mischventile wird die Einlauftemperatur des Wassers in die Wärmetauscher auf 65°C begrenzt.

#### Übertemperaturbegrenzung

Ein Fühler von Regler R1 am Pufferspeicher oben (TR14) 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 (STB) installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von 95°C erfüllt.

### Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

#### Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	18				
Aktive Kollektorfläche	118m <sup>2</sup>				
Wärmeträgerinhalt	48,6 L				
Höhe über Grund	20m				

Hersteller, Typ.....:	Sesol, FK 6,2
Bauartzulassung.....:	16-328-090
Absorbermaterial.....:	Kupfer, Beschichtung: Schwarzchrom
Material Verrohrung im Kollektor.....:	Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, $\lambda$ .....:	Mineralwolle, k.A.,
Material Frontabdeckung, Dicke.....:	Solarglas, gehärtet, k.A.
Material Kollektorkasten.....:	Aluminium, eloxiert
Zul. Betriebsüberdruck.....:	10 bar
Stillstandstemperatur.....:	206 °C

Konversionsfaktor $\eta_0$ .....	0,78
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient $k_1$ .....	3,036 W/(m <sup>2</sup> K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient $k_2$ .....	0,0188 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
Winkelkorrekturfaktor.....	0,87
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	15 l/m <sup>2</sup> *h

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

Material Rohr, DIN.....	Kupfer, DIN EN1057
Rohr Nennweite.....	DN 42
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	10m
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	
Material Wärmedämmung außen, Dicke, $\lambda$ .....	
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....	Mineralfaser, 50mm, 0,04 W/m <sup>2</sup> K

#### Im Gebäude

Material Rohr, DIN.....	Stahl, DIN2448
Rohr Nennweite.....	DN 42
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	60m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, $\lambda$ .....	Mineralfaser, 50mm, 0,04 W/m <sup>2</sup> K
Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....	

#### Wärmeträger Solarkreis

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

#### Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

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

#### Pufferspeicher

Anzahl.....	1, stehend
Hersteller.....	Thüsolar, Rudolstadt
Typ.....	k.A.

Bauartzulassung.....	k.A.
Volumen je Speicher.....	6,0m <sup>3</sup>
Material Behälter.....	Stahl, ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....	Weichschaum, 100mm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	0,4 W/(m*K)

#### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2a)

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

#### Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2b)

Hersteller.....	Funke
Typ .....	GPL 60-90
Ausführungsart nach DIN 1988.....	k.A.
Fläche.....	5,19m <sup>2</sup>
Material Tauscherplatten, Technologie.....	Edelstahl 1.4401, gelötet

#### Regelung Solarkreis / Belade- / Entladekreise Solarkreis / Beladekreis

Hersteller.....	Sorel GmbH
Nr, Typ .....	DR4 Multi
Entladekreise	
Hersteller.....	Tetra GmbH, Ilmenau
Nr. Typ .....	Enreg 1

#### Objektbeschreibung

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

Die Sanitär- und Heiztechnik wurde 1995 saniert. Ab April 2001 folgten die Sanierung des Daches, der Fenster sowie der Gebäudefassade. Die Errichtung der Solaranlage erfolgte im Frühjahr 2002 parallel zur Sanierung der Fassade. Nach erfolgter Sanierung der Sanitärtechnik beauftragte die Wohnungsverwaltung eine Erfassung des Warmwasserverbrauches über einen längeren Zeitraum (4-Jahre). Anhand dieser Messwerte wurde die Solaranlage für einen täglichen Warmwasserverbrauch von 8m<sup>3</sup> ausgelegt.



Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach des westlichen Gebäudes aufgeständert. Es wurde so installiert das es von der Straße gut zu sehen ist (siehe Abb. 1). Die Anlagentechnik sowie der 6m<sup>3</sup> fassende Stahlspeicher befinden sich in zwei Kellerräumen direkt unter dem Kollektorfeld.

Die Trinkwasservorwärmung erfolgt unmittelbar an den beiden Warmwasserbereitungsstationen in den Aufgängen Warschauer Str. a/b und c. Die ausgeführte Absorberfläche beträgt 118 m<sup>2</sup>.



**Abb.** Ansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach des Wohngebäudes Warschauer Str. 26 (Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)



**Abb.** Die Kollektoren sind auf einer Stahlkonstruktion aufgeständert. Die Neigung beträgt 45 Grad. (Foto J. Bühl Ilmenau 2002)

### 1.3 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera

#### Beschreibung der technischen Systeme

##### Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld wurde mit 29 Flachkollektoren zu je 2,69 m<sup>2</sup> (Bruttofläche) dachintegriert mit einer Neigung von 30° und 10 Kollektoren in Vorwandinstallation mit 90° Neigung realisiert.

Die aktive Kollektorfläche beträgt 98,5 m<sup>2</sup>.

Das gesamte Feld ist in 4 parallelgeschaltete Stränge aufgeteilt. Jeder Strang besteht aus 9/10 Flachkollektoren. Die Anlage ist für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 7.200 l pro Tag ausgelegt.

Der Kollektorkreis wird als Low Flow-Anlage mit 15 l/m<sup>2</sup>\*h Volumenstrom betrieben. Die gesamte Systemtechnik der Solaranlage und der Trinkwasserwärmetauscher für die beiden Gebäude sind in der Hausübergabestation Eiselstraße 155 untergebracht.

Auf Grund der geringen Bauhöhe des Kellergeschosses (2.170 mm) wurde für den Einbau des Pufferspeichers (Volumen 5 m<sup>3</sup>, Stahl, kellergeschweißt) der Fußboden teilweise um ca. 1 m abgesenkt. 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, das gesamte Wärmeträgermedium des Kollektorkreises aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese selbständig wieder mit Wärmeträger befüllt.

Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Wärmetauscher WT1/WT2.

Die Steuerung der Anlage inklusive Entladung wurde von der bestehenden Haustechnikregelung DDC (Siehe Abbildung 6) mit übernommen, deren Funktion nur beschränkt den Anforderungen gerecht wurde. Das Hauptproblem war die unbefriedigende Trinkwasservorwärmung. Bei der Speicherentladung war die Rücklauftemperatur zu hoch und führte zu einer Durchmischung des Speichers. Dieses Problem konnte durch die Nachrüstung eines 2. Wärmetauschers (WT2) in Parallelschaltung und den Einsatz eines separaten Entladereglers (ENREG1) behoben werden.

Die Messtechnik für die Durchführung des mindestens 3 jährigen Messprogramms im Rahmen der Begleitforschung ST2000 befindet sich in einem eigenen Messtechnikschaltschrank im HAST-Raum der Eiselstraße 155.

Die Bedien- und Kontrollelemente befinden sich zusammen mit der Regelung im Haustechnikschaltschrank neben dem Messtechnikschrank. Es wurde konsequent darauf geachtet, daß Netz- und Fühlerleitungen räumlich getrennt verlegt wurden.

Für die Erfassung der Zapfmenge wird zur Vermeidung eines erhöhten Druckabfalls (abweichend vom Projekt) ein gemeinsamer Flügelradzähler mit Impulsausgang für die Regelung, Messwerterfassung und den Wärmemengenrechner SV/VV/RW verwendet.

Die Regelung des Kollektor-, des Speicherlade- und des Speicherentladekreises erfolgt über eine DDC-Regelung.

Kollektorkreis: Die Kollektorkreispumpe P1 wird eingeschaltet, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Kollektorausstritt und Pufferspeicher unten größer/gleich 6K ist. Der Volumenstrom im Kollektorkreis beträgt ca. 1,5 m<sup>3</sup>/h.

Pufferbeladekreis: Der Kollektorkreis läuft über WT1 so lange im Leerlauf, bis die Temperatur am Ausgang von WT1 primärseitig ebenfalls ca. 6K über der im Pufferspeicher unten liegt. Erst dann wird die Speicherbeladepumpe eingeschaltet. Der Volumenstrom beträgt aufgrund der unterschiedlichen Wärmekapazitäten von Wasser/Glykolgemisch und reinem Wasser nur ca. 1,3 m<sup>3</sup>/h. Die Pufferbeladepumpe darf nur laufen, wenn auch die Kollektorkreispumpe eingeschaltet ist.

Pufferentladekreis: Funktionsprinzip der Trinkwasservorwärmung: Um bei der Entladung der Pufferspeicher möglichst geringe Rücklaufemperaturen zu erreichen, muss die Entladepumpe P3 wie folgt angesteuert werden: Der Zapfvolumenstrom im Kaltwasserzulauf erzeugt über den eingebauten Zähler Impulse, die vom Entladeregler ausgewertet werden. Bei Pegelwechsel am Impulseingang des Reglers wird die Pumpe ohne Verzögerung eingeschaltet und bleibt während der am Regler eingestellten Zeit  $t_s$  eingeschaltet. Tritt innerhalb der Einschaltzeit  $t_s$  der Pumpe ein neuer Impuls/Pegelwechsel am Impulseingang auf, wird die Laufzeit der Pumpe um  $t_s$  verlängert (Nachtriggern). Diese Art der Regelung der Entladepumpe P3 gestattet proportionale Volumenströme auf beiden Seiten des Wärmetauschers und eine bestmögliche Rücklaufauskühlung des Pufferwassers (siehe hierzu auch Pkt. 8: Optimierungsvorschläge).

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Low Flow-Anlagen erfordern, um gute Kollektorwirkungsgrade und damit hohe Erträge erzielen zu können, niedrige Kollektorvorlaufemperaturen. Dazu ist es erforderlich, den Pufferspeicher bei der Entladung weit herunterzukühlen.

Die im 5.000l Pufferspeicher gespeicherte Solarwärme wird über einen in die Kaltwasserzulaufleitung des 1.000l Bereitschaftsspeichers eingesetzten Plattenwärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben (Durchlauferhitzerprinzip). Wichtig bei der Umsetzung des Vorwärmesystems ist eine korrekte Auslegung des Plattenwärmetauschers für eine mittlere logarithmische Temperaturdifferenz  $\leq 5K$  bei den maximal zu erwartenden Zapfverbrauchsspitzen und eine für den Einsatzfall angepasste Entladeregelung. Als praktikable Lösung hat sich die Nutzung der Impulse des im Rahmen der Messtechnik verwendeten Volumenstromzählers in der Kaltwasserleitung für die Steuerung der Entladepumpe P2 erwiesen. Dabei wird die Pumpe so getaktet, dass sich auf beiden Seiten des Wärmetauschers der gleiche Volumenstrom einstellt.

Zum Schutz der Entladewärmetauscher vor Verkalkung wird die Temperatur Trinkwasserseitig auf 60°C begrenzt. Dazu ist der Entladestrang mit einem Dreiwegemischventil ausgerüstet.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

## 1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	SSO – 30°	SSO – 30°			
Neigung	30°	90°			
Anzahl Kollektoren	29	10			
Aktive Kollektorfläche	73,2m <sup>2</sup>	25,3m <sup>2</sup>			
Wärmeträgerinhalt	k. A.	k. A.			
Höhe über Grund	17m	23m			

Hersteller, Typ.....:	SchücoSol
Bauartzulassung.....:	08-228-751 SPF
Absorbermaterial.....:	Kupfer
Beschichtung.....:	Sunselect
Material Verrohrung im Kollektor.....:	Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, $\lambda$ .....:	40 mm Mineralwolle
Material Frontabdeckung, Dicke.....:	gehärtetes Glas, 4 mm
Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....:	Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck.....:	10 bar
Stillstandstemperatur.....:	210 °C
Konversionsfaktor $\eta_0$ .....:	80,8%
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient $k_1$ .....:	3,518 W/(m <sup>2</sup> *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient $k_2$ .....:	0,012 W/(m <sup>2</sup> *K <sup>2</sup> )
Winkelkorrekturfaktor.....:	0,96
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....:	15 l/m <sup>2</sup> *h

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

Material Rohr, DIN.....:	Kupfer
Rohr Nennweite.....:	DN 35
Einfache Länge Rohrleitung außen.....:	30 m
Einfache Länge Rohrleitung innen.....:	30 m
Material Wärmedämmung außen, Dicke, $\lambda$ .....:	Armaflex, 25mm, 0,045 W/(m*K)

Material Wärmedämmung innen, Dicke, $\lambda$ .....:	Armaflex, 25 mm, 0,045 W/(m*K)
<b>3. Wärmeträger Solarkreis</b>	
Hersteller.....:	Metasol Chemie GmbH
Markenname.....:	Tyfocor LS
Konzentration / Frostfestigkeit.....:	40%/60 %
Basisstoff.....:	1,2 Propylenglykol
<b>4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis</b>	
Hersteller.....:	WTT GmbH
Typ .....	55,2 kW
Ausführungsart nach DIN 1988.....:	k. A.
Fläche.....:	3,54 m <sup>2</sup> .
Material Tauscherplatten, Technologie.....:	Edelstahl gelötet
<b>5. Pufferspeicher</b>	
Anzahl.....:	1
Hersteller.....:	Sirch Behältertechnik GmbH
Typ.....:	kellergeschweißt
Bauartzulassung.....:	k. A.
Volumen je Speicher.....:	5m <sup>3</sup>
Material Behälter.....:	Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....:	Weichschaum, 100mm
Wärmeleitzahl Dämmung.....:	0,05 W/(m*K)
<b>6. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser</b>	
Anzahl.....:	2 Stück parallel
Hersteller.....:	WTT GmbH
Typ .....	WP5-U40 (30 kW)
Ausführungsart nach DIN 1988.....:	k. A.
Fläche.....:	2,3 m <sup>2</sup>
Material Tauscherplatten, Technologie.....:	Edelstahl gelötet
<b>7. Regelung Solarkreis</b>	
Hersteller.....:	DDC
Typ .....	k. A.

### Objektbeschreibung

Gera wurde 995 erstmals urkundlich erwähnt und ist mit 106.000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt im Freistaat Thüringen.

Die Wirtschaftsstruktur der Stadt wird geprägt von Dienstleistung, Einzelhandel und den Unternehmen des produzierenden Bereiches.

Zahlreiche Behörden und Verwaltungseinrichtungen haben im Oberzentrum Gera ihren Sitz. Hervorzuheben sind u. a. die Bundesversicherungsanstalt für Angestellte (BfA) mit 1000 Mitarbeitern, Arbeitsamt, Finanzamt, Amts- und Verwaltungsgerichte. Das Objekt befindet sich in günstiger Lage innerhalb der Stadt Gera im Stadtteil Gera-Debschitz und liegt an einer Wohnstraße. Die öffentlichen Verkehrsanschlüsse (Straßenbahn, Bus) befinden sich in ca. 200 m Entfernung.

Die mit Loggien ausgestattete Wohnseite (Ostseite = Talseite) steht in Beziehung zu einer Ruhe- und Grünzone und ermöglicht teilweise einen guten Fernblick.

Gebaut wurde das Objekt 1982 in Plattenbauweise ( WBS 70).



**Abb.** Kollektorfeld und Gebäudeansicht (nach dem Umbau)  
(Foto: Beutler Ingenieure 2003)

## 1.13 Anlage Reha- Klinik der DRV Bund in Bad Frankenhausen

### Beschreibung der technischen Systeme

#### Beschreibung des Solarsystems

Das Objekt besteht aus 4 dreigeschossigen Hauptgebäuden. Diese sind so angeordnet dass eine etwa viertelkreisförmige Gebäudefront entsteht. Auf den Dachflächen der beiden inneren Gebäudeteile sind die Kollektormodule installiert. Um die Hauptgebäude sind eingeschossige Nebengebäude wie ein Speisesaal, Foyer, Hallenbad und Turnhalle angeordnet.

Das Solarsystem besteht aus zwei identisch aufgebauten Teilsystemen. Eine Verbindung der beiden Systeme besteht nur durch die Beladung des fünften im Keller untergebrachten Pufferspeichers für die Anbindung der Trinkwasservorwärmung und der Schwimmbadnachheizung. Dieser Speicher besitzt ein Volumen von 5m<sup>3</sup> und wird über zwei Beladekreise aus den beiden 15m<sup>3</sup> Speichergruppen der Solarsysteme beladen. Den beiden Systemen steht jeweils ein Speichervolumen von 15m<sup>3</sup> aufgeteilt in zwei identische Stahlstandspeicher zur Verfügung. Diese Speicher sind in unmittelbarer Nähe zum Kollektorfeld im Dachraum der Gebäudeteile untergebracht.

Die Kollektorfelder mit einer aktiven Gesamtfläche von 646,2m<sup>2</sup> bestehen aus jeweils 32 Großkollektoren zu je 10m<sup>2</sup> Absorberfläche. Hydraulisch sind die Felder in 8 parallel geschaltete Stränge mit je 4 in Reihe angeordneten Kollektoren aufgeteilt.

Die Patientenzimmer im Objekt verfügen jeweils über eine eigene Sanitärzelle welche mittels einer Lüftungsanlage belüftet und gleichzeitig beheizt werden. Die Lüftungsanlagen sind in den Dachräumen der Gebäudeteile untergebracht. Um die Wärme der Solarsysteme über das Jahr verteilt optimal für die Heizungsunterstützung nutzen zu können, erfolgt sowohl eine Luftvor- wie auch eine Luftherwärmung bzw. Nachheizung. Je nach Außentemperatur (Ansaugluft) und zur Verfügung stehendem Temperaturniveau des Kollektorfeldes wird die Wärme an die Heizungssysteme übergeben.

Im Objekt befindet sich ein kleines Hallenbad welches zu Therapiezwecken Verwendung findet. Die Beckenwassernachheizung erfolgt, wenn Verfügbar, mit der solar gewonnenen Wärme.

In den strahlungsreichen Sommermonaten mit hohen Außentemperaturen fehlt für die Solarsysteme die Wärmeabnahme durch die Lüftungsanlagen. Um eine Nutzung der anfallenden Wärme sicherzustellen, erfolgt die Trinkwassererwärmung über die solar gewonnene Wärme. Die Systemtechnik für die Schwimmbadnachheizung und die Trinkwassererwärmung befindet sich im Keller des Hauptgebäudes. Die Wärme wird dem dort installierten 5m<sup>3</sup> Pufferspeicher entnommen.

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt im zentralen Heiztechnikraum im Kellergeschoss des Objektes. Hier befinden sich auch die Gasheizkessel (Brennwerttechnik), die Heizungsverteiler sowie Schaltanlagen der Gebäudeleittechnik. Im Rahmen der Errichtung der Solaranlage wurde in diesem Technikraum ein Solarpufferspeicher (5m<sup>3</sup>) sowie der Messtechnikschaltschrank installiert.

Die Übergabe der Wärme an das Trinkwasser erfolgt mittels einer Vorwärmanlage. Einmal täglich wird ein Teil des Schwimmbadwassers ausgetauscht. Die Abwärme

des abfließenden ca. 30-gradigen Wassers wird in einer Wärmerückgewinnungsanlage mit Wärmepumpe ebenfalls für die Trinkwassererwärmung genutzt. Dazu ist in den Kaltwasserzulauf der Warmwasserbereitung ein 500L fassender Speicher eingebaut. Dieser wird von der Wärmepumpe über einen externen Wärmetauscher beladen. Hydraulisch befindet sich der Speicher vor dem Vorwärmwärmetauscher des Solarsystems. Bei geladenem Speicher ist demnach keine Vorwärmung durch das Solarsystem möglich. Laut Planungsstand bis zur Übergabe der Anlage war eine Einbindung der Solaranlage vor dem Speicher der Wärmerückgewinnung vorgesehen. Ca. ein ½ Jahr nach Inbetriebnahme der Anlage wurde die Warmwasserbereitung ohne Absprache mit der TUI umgerüstet. Die TU Ilmenau wurde auch nicht über den erfolgten Umbau informiert.

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Schwimmbadnachheizung

Die Technik der Wasseraufbereitung des Schwimmbades befindet sich in einem separaten Kellerraum des Objektes in unmittelbarer Nähe des Beckens. Die Einbindung des Solarsystems in die Beckenwasserbeheizung erfolgt über einen vor dem konventionellen Nachheizwärmetauscher zusätzlich installierten Wärmetauschers. Die Wärme wird dem im Heiztechnikraum installierten 5m<sup>3</sup> Pufferspeicher entnommen

#### Beschreibung des konventionellen Systems zur Lüfterwärmung Be- und Entlüftung

Die Technische Ausrüstung vor der Installation der Solarsysteme bestand aus 4 Be- und Entlüftungsanlagen. Wärme der Abluft wird in Kreuzstromwärmetauschern an die gleichzeitig angesaugte kalte Zuluft übergeben (Wärmerückgewinnung) Die Nachheizung der Zuluft erfolgt über das konventionelle Heizsystem. Die Solltemperatur beträgt hier ca. 24°C. Die Einbindung der Solarsysteme erfolgt über zwei zusätzlich installierte Wärmetauscher im Ansaugtrakt der Lüftungsanlagen. Ein Wärmetauscher befindet sich vor dem Kreuzstromwärmetauscher und der zweite nach diesem und vor dem Nachheizwärmetauscher.

Durch die Solaranlage erfolgt, vorrangig in den Wintermonaten, die Vorwärmung der von den Lüftungsanlagen angesaugten Außenluft. Damit die Wärmerückgewinnung aus der Abluft nicht zu stark eingeschränkt wird, erfolgt die Vorwärmung nur bis zu einer Temperatur von 9°C. Zur Vermeidung von Verlusten im Temperaturniveau und zur Gewährleistung der Frostsicherheit wird die Wärme direkt aus den Kollektorkreisen entnommen. Um das Einfrieren der Kollektorkreiswärmetauscher während des Luftvorwämbetriebes zu verhindern, wird mittels eines Dreiwegeventils eine Bypassschaltung aktiviert.

Bei Lufttemperaturen ab ca. 9°C erfolgt, wie oben beschrieben, keine Luftvorwärmung mehr. Statt dessen wird die Zuluft nach dem Kreuzstromwärmetauscher erwärmt. Die Nachheizung auf die Solltemperatur (24°C) erfolgt, falls erforderlich, über das konventionelle Heizsystem. Die Wärme für die Lüfterwärmung wird aus den Pufferspeichern entnommen.

Die beschriebene Einbindung des Solarsystems in ein Be- und Entlüftungssystem zur Heizungsunterstützung ermöglicht gerade im Winter und in den Übergangszeiten eine effektive Nutzung der Wärme. Flächen- bzw. Fussbodenheizsysteme benötigen höhere Vorlauftemperaturen die in den in Mitteleuropa üblichen Heizperioden nur selten von der Solaranlage zur Verfügung gestellt wird.



## Beschreibung des Regelsystems

### Kollektorkreis

Die Kollektorkreisumpen werden eingeschaltet, wenn die Temperatur im letzten Kollektormodul:

- a.) 10K über der Temperatur im Pufferspeicher unten liegt. Und / oder
- b.) ebenfalls 10K über der Ansauglufttemperatur der Lüftungsanlagen liegt.

Der Volumenstrom durch das Kollektorfeld teilt sich, je nach Wärmeanforderung durch die Luftvorwärmung, auf. Die Kollektorkreisumpen (J, M) werden so angesteuert dass in den Feldern mindestens 12 l/m<sup>2</sup>\*h erreicht werden. Dazu werden von der Regelung die Impulse der Volumenzähler KTA und KTb ausgewertet.

Die Forderung den Volumenstrom in den Kollektorfeldern in jedem Betriebszustand der Anlage konstant auf 4,5 bis 5,0 m<sup>3</sup>/h zu halten wird gut erfüllt.

### Pufferbeladung

Der Kollektorkreis läuft über den Beladewärmetauscher (WT2 / WT4) bzw. über das Dreiwegeventil so lange im Leerlauf, bis die Temperatur im Vorlauf zum Kollektorfeld 10K über der im Pufferspeicher unten liegt. Erst dann wird die Speicherbeladepumpe (K / N) eingeschaltet. Gleichzeitig wird das Dreiwegeventil im Kollektorkreis umgeschaltet, so dass der Wärmeträger über den Wärmetauscher fließt. Der Volumenstrom beträgt aufgrund der unterschiedlichen Wärmekapazitäten von Wasser/Glykolgemisch und reinem Wasser nur etwa 85 - 90% des Volumenstroms im Kollektorkreis.

Die Speicherladekreisvolumenströme SPa und SPb neigen bei zurückgehender Einstrahlung oder locker bewölktem Himmel zur Taktung. Eventuell sind hier die Hysteresen zu klein bemessen.

### Luftvorwärmung (aus Kollektorkreis)

Die Entladepumpen (A, C / E, G) werden eingeschaltet wenn die Außenlufttemperatur < 8°C und die Differenz Kollektortemperatur zu Außenlufttemperatur > 10K ist. Da die Luftvorwärmung durch die Solaranlage zu Lasten der Abluftwärmerückgewinnung geht, findet

eine Luftvorwärmung nur bis zu einer Außentemperatur von 8°C statt.

Die Nutzung einer solarthermischen Anlage für die Heizungseinbindung wird in den Wintermonaten durch die sehr niedrigen Vorlauftemperaturen im Kollektorkreis verhindert. Die Einbindung der Solaranlage als Vorwärmstufe in die Lüftungsanlagen des Objektes ermöglicht besonders im Winter bei niedrigen Außentemperaturen eine sehr effiziente Nutzung des Systems. Regelung und hydraulische Auslegung des Vorwärmungssystems arbeiten gut.

### Pufferentladekreis Lufterwärmung (aus Pufferspeicher)

Die Entladepumpen (B, D / F, H) werden eingeschaltet wenn die Temperaturdifferenz zwischen Ansauglufttemperatur nach dem Kreuzstromwärmetauscher (Abluftwärmerückgewinnung) und der Luftsoltemperatur  $\geq$  z.B. 3K beträgt **und** wenn die Temperatur im Pufferspeicher oben  $\geq$  z.B. 10K zur Ansauglufttemperatur (wie vor.) ist. Die Speicherentladepumpe (I / L) soll so gesteuert werden, dass sich auf beiden Seiten des Entladewärmetauschers (WT1 / WT3) etwa der gleiche Volumenstrom einstellt.

Aus den Revisionsunterlagen zur Regelungstechnik der Fa. Kieback & Peter, Erfurt geht die Steuerung der Speicherentladepumpen nicht hervor. Anhand der Messwerte wird jedoch festgestellt, dass die geforderte Angleichung der Volumenströme nicht erreicht wird. Die Empfehlung die Volumenzählerimpulse der Heizkreise (SVb, SVd)

für die Steuerung der Entladepumpen, analog der Trinkwasservorwärmung, zu nutzen wurde nicht umgesetzt.

#### Pufferentladekreis Trinkwasservorwärmung

Um bei der Entladung der Pufferspeicher möglichst geringe Rücklaufemperaturen zu erreichen, muss die Entladepumpe Q wie folgt angesteuert werden: Der Zapfvolumenstrom im Kaltwasserzulauf erzeugt über den eingebauten Zähler (SVe / SVf) Impulse, die vom Entladeregler ausgewertet werden. Bei Pegelwechsel am Impulseingang des Reglers soll die Pumpe **ohne Verzögerung** eingeschaltet und die am Regler eingestellte Zeit  $t_s$  eingeschaltet bleiben. Tritt innerhalb der Einschaltzeit  $t_s$  der Pumpe ein neuer Impuls/Pegelwechsel am Impulseingang auf, wird die Laufzeit der Pumpe um  $t_s$  verlängert (Nachtriggern). Diese Art der Regelung der Entladepumpe gestattet proportionale Volumenströme auf beiden Seiten des Wärmetauschers und damit eine bestmögliche Rücklaufauskühlung des Pufferwassers. Die Entladepumpe wird nicht mehr angesteuert wenn die Pufferspeicher so weit entladen sind, dass keine nennenswerte Vorwärmung mehr möglich ist (Temperaturdifferenz zwischen Pufferspeicher oben und Vorwärmwärmetauscher (WT5) sekundär Eingang < z.B. 6K) oder wenn die Speichertemperatur  $10^\circ\text{C}$  unterschreitet. Das Dreiwegeventil am Wärmetauschereingang begrenzt die Temperatur primär auf max.  $60^\circ\text{C}$  (Kalkschutz).

Aus den Revisionsunterlagen der Fa. Kieback und Peter geht hervor, dass die Pumpe bei Feststellung eines Warmwasserverbrauches für 10 sek. eingeschaltet wird. Der Warmwasserverbrauch wird über einen mechanischen Strömungswächter ermittelt. Abgesehen davon dass die Laufzeit der Pumpe viel zu groß gewählt wurde, ist ein Strömungswächter als FührungsgröÙengeber an dieser Stelle völlig ungeeignet. Dies führt dazu, dass die Auskühlung des Rücklaufes zum Pufferspeicher nur sehr ungenügend erfolgt. Die Verzögerungszeit zwischen auftreten eines Impulses (Schließen des Strömungswächterkontaktes) und einschalten der Pumpe ist nicht dokumentiert.

#### Pufferentladekreis Schwimmbadnachheizung

Die Entladepumpe R wird eingeschaltet wenn die Temperatur im Pufferspeicher oben z.B. 8K über dem Sollwert der Beckenwassertemperatur liegt (28 -  $30^\circ\text{C}$ , dann Entladung nur, wenn Pufferspeicher  $46^\circ\text{C}$  hat) **und** wenn die Beckenumwälzpumpe läuft. Das Dreiwegeventil begrenzt die Beckenwasserbeheizung auf die Solltemperatur (z.B.  $38^\circ\text{C}$ ).

#### Pufferspeicherumladung

Die Speicherbeladepumpen (O / P) für den im Keller stehenden  $5\text{m}^3$ -Speicher werden eingeschaltet wenn die Beladepumpe der Pufferspeicher 1/2 eingeschaltet ist **und** wenn die Temperaturdifferenz zwischen Pufferspeicher 1/2 oben und Pufferspeicher 5 unten  $\geq 6\text{K}$  ist.

#### Übertemperaturbegrenzung

Ein Reglerfühler im Pufferspeicher oben schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung ab, wenn dort die Temperatur  $95^\circ\text{C}$  überschreitet wird. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat (STB) installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von  $95^\circ\text{C}$  erfüllt.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

## Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd +20°	Süd -20°			
Neigung	22°	22°			
Anzahl Kollektoren	32	32			
Aktive Kollektorfläche	323m <sup>2</sup>	323m <sup>2</sup>			646m <sup>2</sup>
Wärmeträgerinhalt	k.A.	k.A.			
Höhe über Grund	20m	20m			

Hersteller, Typ.....: SCHÜCO, GK.2-10 Al

Bauartzulassung.....: k.a.

Absorbermaterial.....: Kupfer, Beschichtung:  
Sunselect

Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer

Material Wärmedämmung, Dicke,  $\lambda$ .....: PU-Hartschaum, 40mm

Material Frontabdeckung, Dicke.....: Solarglas, gehärtet, 4mm

Material Kollektorkasten.....: Aluminium, natur

Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar

Stillstandstemperatur.....: 209°C

Konversionsfaktor  $\eta_0$ .....: 0,787

Einf. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_1$ .....: 3,74 W/(m<sup>2</sup>K)

Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient  $k_2$ .....: 0,0122 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)

Winkelkorrekturfaktor.....: 0,90

Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m<sup>2</sup>\*h

## Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... :

Rohr Nennweite..... :

Einfache Länge Rohrleitung außen..... :

Einfache Länge Rohrleitung innen..... :

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

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

### Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....: Tyfocor L  
Markenname.....: Tyfocor L  
Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40 % / k.a.  
Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol

### Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT2, WT4)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH  
Typ .....: VT10 CDS-16  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....: 5,41 m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

### Pufferspeicher

Anzahl.....: 5, stehend  
Hersteller.....: Thüsolar-GmbH, Rudolstadt  
Typ.....: Stahl-Standspeicher  
Bauartzulassung.....:  
Volumen je Speicher.....: 4 x 7,5 m<sup>3</sup>; 1 x 5 m<sup>3</sup>  
Material Behälter.....: ST37-2  
Material Dämmung, Dicke.....:  
Wärmeleitzahl Dämmung.....:

### Wärmetauscher Speicherentladekreis / Lufterwärmung (WT1, WT3)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH  
Typ .....: VT10 CDS-16  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....: 5,98m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

### Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser (WT5)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH  
Typ .....: VT04 CD-16  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....: 9,36m<sup>2</sup>  
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

### Wärmetauscher Speicherentladekreis / Schwimmbadnachheizung (WT6)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH  
Typ .....: VT20 CDS-10  
Ausführungsart nach DIN 1988.....:  
Fläche.....: 2,85m<sup>2</sup>

Material Tauscherplatten, Technologie..... : 1.4401, geschraubt

Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise

Solarkreis

Hersteller.....: Kieback & Peter, Erfurt

Nr, Typ ..... : DDC3000

### Objektbeschreibung

Die Reha-Klinik der DRV Bund liegt im Norden Thüringens, im Kyffhäuserkreis, am nordöstlichen Rand der Stadt Bad Frankenhausen. Es dient der Rehabilitation von Patienten mit orthopädischen und psychosomatischen Erkrankungen.

Im Frühjahr 2003 wurde im Objekt eine der größten Anlagen im Programm Solarthermie 2000, Teilprogramm 2, realisiert und am 18. Juli 2003 offiziell in Betrieb genommen.

Das Kollektorfeld mit einer aktiven Fläche von 646,2 m<sup>2</sup> ist auf den Süddachflächen der zwei inneren Gebäudeteile des Objektes installiert. Die Kollektormodule ersetzen die ursprüngliche Dacheindeckung der Gebäudeteile vollständig (dachintegriert, Solardach).

Abweichend von den bisher im Programm geförderten Anlagen erfolgt die Nutzung der solar gewonnenen Wärme nicht ausschließlich für die Trinkwassererwärmung. Die Wärme wird zusätzlich für die Luftvorwärmung in den Be- und Entlüftungsanlagen des Objektes (Heizungsunterstützung) sowie für die Nachheizung des Schwimmbades genutzt.

Der Probetrieb wurde am 18. August 2003, nach der Installation der Messtechnik durch die TU Ilmenau, aufgenommen. Aufgrund der Komplexität der Anlage und deren Regelungssysteme wurde die Erprobungsphase zeitlich verlängert.



**Abb.** Gesamtansicht des Objektes.  
(Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb.** Teilansicht des Westfeldes mit Firstkonstruktion  
(Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb.** Teilansicht mit Konstruktionsdetail Strahlungsmessung in der Kollektorebene  
(Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)

## 1.14 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

### Umfeld

Oberhof hat ca. 2.200 Einwohner und liegt im zentralen Bereich des Thüringer Waldes in 800 ... 830 m über NN.

Infolge seiner Höhenlage wird Oberhof nur von einigen Erhebungen der näheren Umgebung überragt, die im südwestlichen Halbraum bis auf 900 m über NN ansteigen. Der Große Beerberg oder der Schneekopf, mit nahezu 1.000 m über NN sind ca. 5 km entfernt.

Oberhof hat ca. 2.200 Einwohner und liegt im zentralen Bereich des Thüringer Waldes in 800 ... 830 m über NN.

Infolge seiner Höhenlage wird Oberhof nur von einigen Erhebungen der näheren Umgebung überragt, die im südwestlichen Halbraum bis auf 900 m über NN ansteigen. Der Große Beerberg oder der Schneekopf, mit nahezu 1.000 m über NN sind ca. 5 km entfernt.

Neu ist auch die Wärmeversorgung und Trinkwassererwärmung. Diese erfolgte bisher komplett elektrisch mit Nachtstrom und fünf großen Wärmespeichern.

Aus ökologischen- und Kostengründen wurde die Wärmeversorgung umgestellt. Das neue Heizhaus beinhaltet einen Holzhackschnitzel -Heizkessel mit einer Leistung von 440 kW, einen Spitzenlast-Erdgaskessel mit einer Leistung von 280 kW.

In die verglaste Südfassade des Heizhauses sind 130 m<sup>2</sup> Flachkollektoren zur Gewinnung von Wärme aus Sonnenenergie integriert, die ihre Wärme in einen 50 m<sup>3</sup> fassenden Solarspeicher mit einer speziell entwickelten thermischen Schichtenladevorrichtung abgeben.

Ein zweiter Wärmespeicher mit ebenfalls 50 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen wird durch die Biomasseheizung und die Solaranlage gemeinsam genutzt, um eine effektive und möglichst CO<sub>2</sub> – neutrale Wärmeerzeugung zu gewährleisten.

Für das Heizen mit Solarenergie werden Fußboden- und Wandheizsysteme im Neubau des Mehrzweck- und Verwaltungsgebäudes realisiert. Somit kann das Heizungssystem im Neubau mit einer für Solarsysteme günstigen Vorlauftemperatur von 45 °C und einer Rücklauftemperatur von 25 °C betrieben werden.

Da Oberhof auf den Höhen des Thüringer Waldes liegt, ist Holz aus Durchforstung des Waldes und aus der Holzbearbeitung in nächster Nähe für den Holzhackschnitzel-Heizkessel verfügbar.

Dieser ist im November 2005 in Betrieb gegangen.

Die Inbetriebnahme der Solaranlage erfolgte im März 2006. Durch Verzögerungen im Baufortschritt ist die Anlage im Probetrieb, da die solare Heizungsunterstützung und die Warmwassererwärmung in den Neubauteilen noch nicht realisiert werden konnten. Zusätzlich wurde deshalb die Trinkwassererwärmung in einem Internatsgebäude im III. Quartal 2007 realisiert.

### Projektziel:

Auf Grundlage der durch die TU Ilmenau durchgeführten Verbrauchsmessungen und durchgeführter Simulationsrechnungen, sowie der Möglichkeit, eine solare Heizungsunterstützung zu realisieren, wurde folgende Anlagenauslegung abgestimmt:

- Solar-Kollektorfläche: ca. 130 m<sup>2</sup>
- Solarpufferspeichervolumen: von den im Bestand vorhandenen 6 Speichern mit jeweils 50 m<sup>3</sup> Speichervolumen werden 2 Speicher für die künftige Wärmeversorgung weiter genutzt:

Speicher 1 (Solarspeicher) -  $50 \text{ m}^3$ , wird ständig durch die Solaranlage beladen und zur Trinkwasservorwärmung und Heizungsunterstützung entladen  
Speicher 2 (Heizungspuffer) -  $50 \text{ m}^3$ , Überbrückung der sommerlichen Schließzeit, in der Übergangszeit und im Winter Pufferspeicher für die Biomasseheizung (Holzhackschnitzel) zum Abbau von Leistungsspitzen des Wärmeverbrauchs der Gebäudeheizung.

Festlegung: Die Solaranlage soll vorerst zur Unterstützung der Raumheizung (Fußbodenheizung) in Schule und Zentralgebäude und zur Trinkwasservorwärmung für den zentralen Warmwasserbereiter für die Küche und das Zentralgebäude eingesetzt werden.

Nachtrag: Bedingt durch bauseitige Verzögerungen wurde zusätzlich die Trinkwasservorwärmung eines Internatsgebäudes in 2007 realisiert.

#### Beschreibung der Solaranlage:

Das Kollektorfeld ist in die Glasfassade des Heizhauses integriert (Einfügen in die Pfosten-Riegel-Konstruktion der Fassade). Die 46 Fassadenfelder sind entsprechend mit maßlich angepassten (46) Flachkollektoren vom Typ Thüsol 2,8 (Hersteller Thüso-lar Rudolstadt). Es sind jeweils  $3 \times 10$  und  $2 \times 8$  Kollektoren in Reihe geschaltet. Die aktive Kollektorfläche beträgt  $117,30 \text{ m}^2$ . Die Feldneigung horizontal beträgt  $90^\circ$  und die Ausrichtung des Feldes ist exakt nach Süden.

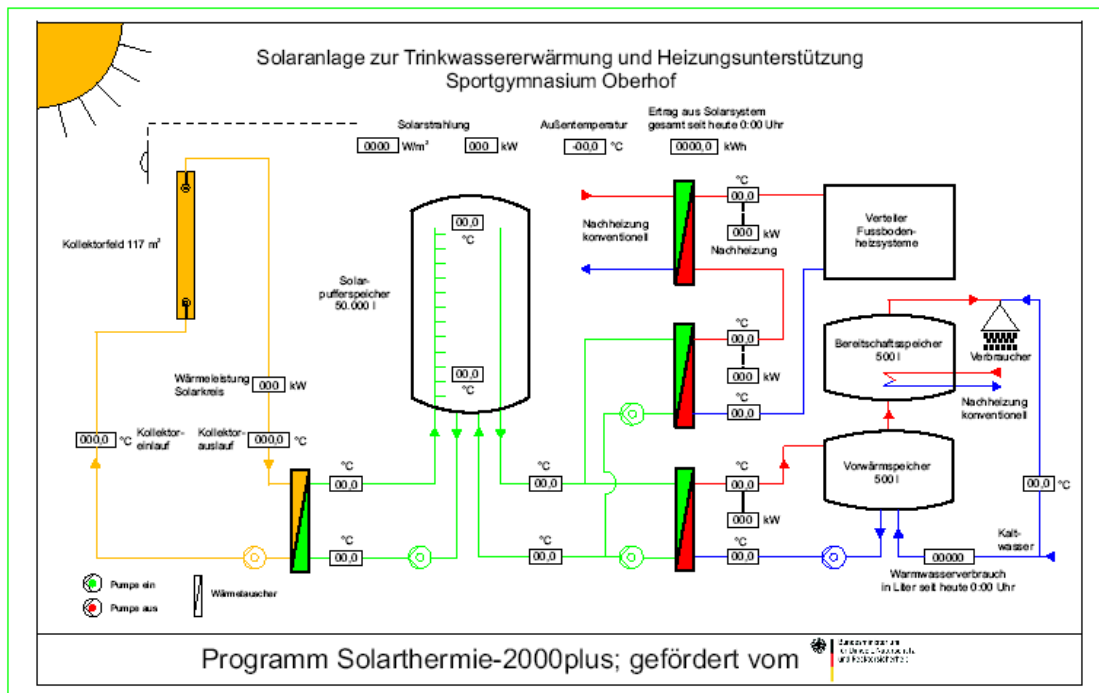
Die Wärmeübergabe aus dem Kollektorkreis in den Pufferladekreis erfolgt im Normalbetrieb über einen Wärmeübertrager (WT1) zum Solarspeicher (Arbeitsspeicher - mit einem Volumen von  $50 \text{ m}^3$ ) direkt über den Wärmetauscher aus über eine interne Schichtenladevorrichtung zur Sicherung einer geschichteten Be- und Entladung des Speichers nachgerüstet.

Da im Sommer mit einer Schließzeit der Schule und der angeschlossenen Internate zu rechnen ist, wird zur Überbrückung der sommerlichen Schließzeit ein weiterer Speicher (Heizungspuffer, ebenfalls  $50 \text{ m}^3$  Speichervolumen) eingesetzt. Hierbei werden die sommerlichen Überschüsse aus dem Arbeitsspeicher in den zweiten Speicher umgeladen und nach Ende der Schließzeit in den Heizkreis eingespeist.

Speicherbeladung in Schließzeit (keine oder sehr geringe Wärmeabnahme):

Der Arbeitsspeicher ist nach ca. 4 ... 5 Tagen (bei entsprechender solarer Einstrahlung) zu mehr als 50 % beladen. Bei Speicherbeladung wird kaltes Wasser aus dem Heizungspuffer-Speicher (unten) entnommen und über den Wärmetauscher 1 solar erwärmt und über den Schichtenlader in den Arbeitsspeicher temperaturgerecht eingeschichtet. Wenn der Arbeitsspeicher der Solaranlage beladen. Die in den Heizungsspeicher umgeschichtete Wärme aus der Solaranlage wird nach dem Ende der Schließzeit dem Heizungsverteiler zugeführt und zur Beheizung genutzt.





**Abb.** Anlagenschema der Solaranlage im Staatlichen Sportgymnasium Oberhof (Quelle: TU Ilmenau 2005)



**Abb.** 50 m<sup>3</sup> Solarspeicher (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb.** Ansicht des Heizhauses – Im Bild links ist das in die Fassade integrierte Kollektorfeld zu sehen  
(Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb.** Biomassekessel im Heizhaus  
(Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)

## 1.15 Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich

### Umfeld:

Aus einer ehemals militärisch genutzten Fläche umgeben vom Laubwald des "Hainich", der Kulturlandschaft des Werratal und direkt am westlichen Rand des Nationalparks "Hainich" wird das National-Parkbildungszentrum errichtet.

Der (offizielle) erste Spatenstich erfolgte am 13.10.2004.



**Abb.** Montage des Kollektorfeldes mit 135,9 m<sup>2</sup> aktiver Kollektorfläche  
(Fotos: J. Bühl Ilmenau 2006)



**Abb.** 15 m<sup>3</sup> GFK-Solarspeicher  
(Fotos: J. Bühl Ilmenau 2006)

## 1.16 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth

Bei dem Modellprojekt handelt es sich um die Implementierung und das Vermessen eines Anlagensystems zur solaren Kälteerzeugung im Bürogebäude der Iba AG mit sensibler Büronutzung. Mit dem Lösungsansatz wird ein bisher vernachlässigter Aspekt (Folge) der Klimaveränderung, nämlich der zunehmende Klimatisierungsbedarf im Sommer aufgegriffen und mit der Lösung „Nachhaltigkeit“ angestrebt.

Dazu trägt auch bei, dass in der Vorbereitung eine umfassende energetische Betrachtung durchgeführt wurde.

Eine weitere Besonderheit stellt die aktive und fachkundige Beteiligung der Mitarbeiterinnen der Iba AG an der Projektentwicklung und –Durchführung dar.

Dieses ganzheitliche Vorgehen ermöglicht u.a. eine optimale Rückkopplung an der Nutzerseite und garantiert damit eine hohe Akzeptanz und Planungssicherheit für einen langfristigen Betrieb.

Die Leistung des technischen Systems (ca. 30 kW) ist ausgelegt, um die Nutzfläche von ca. 1.000 m<sup>2</sup> zu kühlen bzw. zu beheizen / (zu unterstützen).

Das Kühlsystem in dieser Leistungsgröße stellt einen Prototypen dar, der später nicht nur im Gewerbe, sondern auch im Mehrfamilienwohnbau Anwendung finden soll.

### Zusammenfassung:

Mit den erwarteten positiven Ergebnissen des Modellprojekts wird ein Fallbeispiel als “best-practice“ geschaffen: das Arrangement der technischen Komponenten kann weiter empfohlen werden mit dem Ziel der seriellen Anwendung, da der künftige Markt “quasi“ schon aufgrund der Vielzahl vergleichbarer Objekte wartet!

Die Anlage ist am 29.08.2007 im Beisein des Oberbürgermeisters der Stadt Fürth offiziell in Betrieb gegangen.

### 1.17 Anlage Solargestützte Nahwärmeversorgung von vier Stadtvillen in Jena

Die Heimstätten Genossenschaft Jena e.G. errichtet in Jena 4 Stadtvillen mit gehobener baulicher Ausstattung und innovativer Beheizung.

Die Annahme längerfristig auf hohem Niveau verharrender Energiepreise zieht auch erhebliche wohnungswirtschaftliche Effekte nach sich.

So ist davon auszugehen, dass die 2. Miete noch stärker als bisher zu einem zentralen Vermietungskriterium wird. Die Wohnnebenkosten steigen schneller als die allgemeinen Lebenshaltungskosten. Die „2. Miete“, wie die Betriebskosten auch oft genannt werden, macht bis zu 40% der Wohnkosten aus.



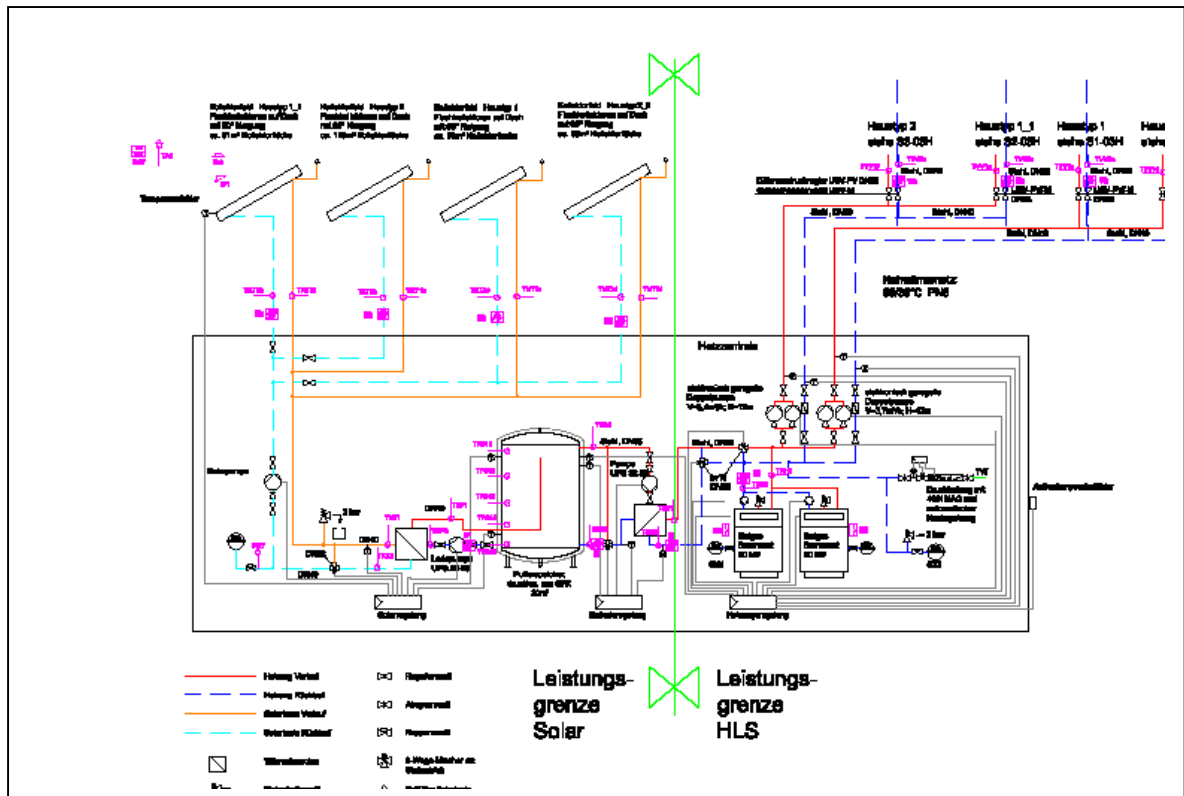
Die solaren Wärmekosten sind außer von der Anlagengröße, der Systemtechnik und Randbedingungen der jeweiligen Anwendungen ganz wesentlich vom solaren Deckungsanteil abhängig. Die Vielfalt der zu lösenden Aufgaben erfordert eine intensive Forschung auf dem Gebiet der solaren Großanlagentechnik, bevor ähnlich standardisierte Ausführungsvorschläge wie für die solar unterstützte Trinkwassererwärmung vorliegen.

**Abb.** Neubau von Stadtvillen in Jena mit solarer Nahwärmeversorgung  
(Quelle: Limmer+Otto Freie Architekten BDA 2006)

#### Wichtige Daten der Anlage

Aktive Kollektorfläche:	294 m <sup>2</sup>
Kollektortyp:	SchücoSol / SchücoSol1
Hersteller:	Schüco Bielefeld
Pufferspeicher:	
Volumen:	29,9 m <sup>3</sup>
Besonderheiten:	GFK / drucklos / außenliegende WT
Hersteller:	Haase GFK – Technik GmbH

2- Leiternetz mit direkten Wohnungsübergabestationen



**Abb.** Energiekonzept Jena, S.- Czapski – Straße Solare Nahwärmeversorgung / Hydraulische (Quelle: AEP Energie-Consult GmbH Gera 2006)

### 1.18 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau

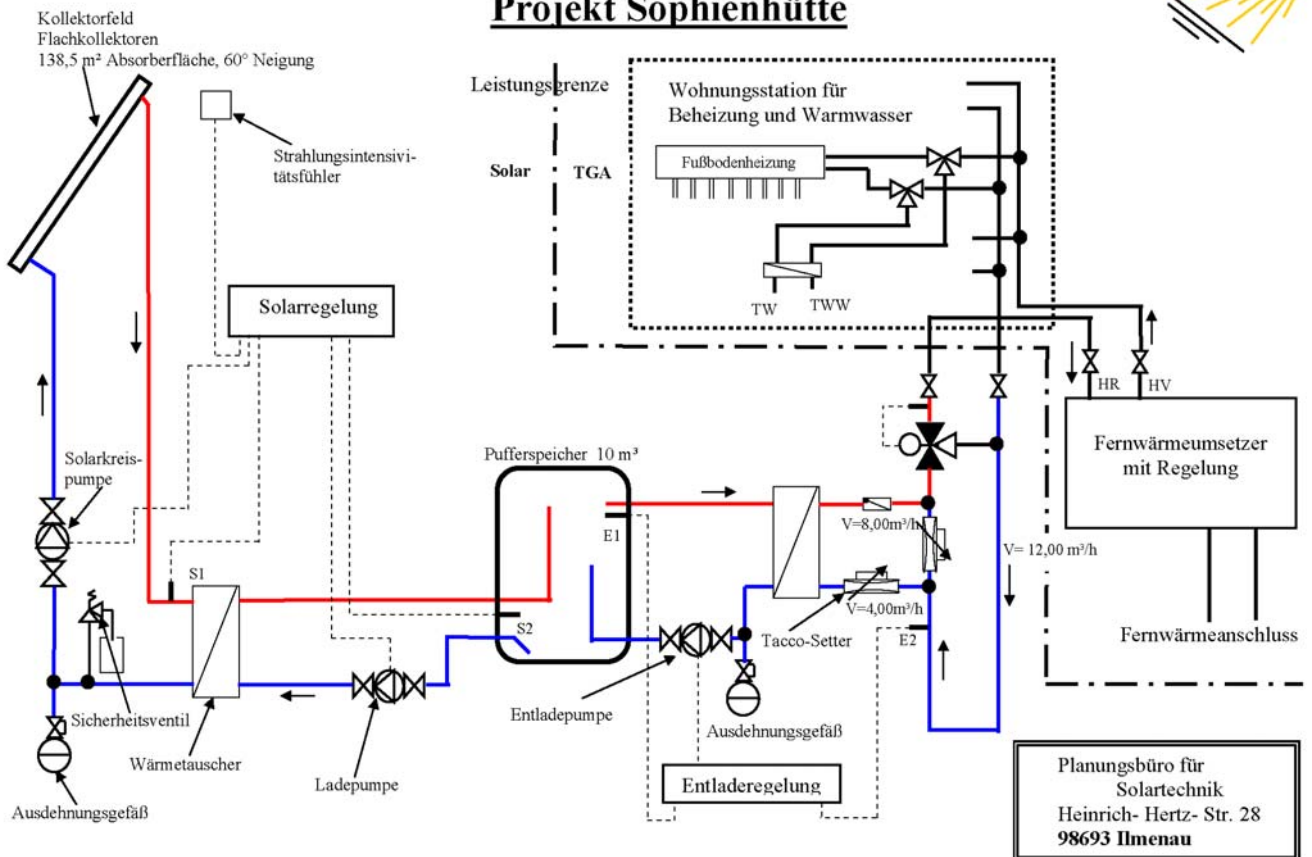
Die Gebäude werden in Massivbauweise errichtet (Der projektierte Heiz-Wärmebedarf der Gebäude liegt 30 % unter den Anforderungen der EnEV). Zur Beheizung und Warmwasserversorgung der Wohnanlage ist eine solargestützte Wärmeversorgung vorgesehen. Als Nachheizsystem ist Fernwärme (Die Fernwärmeerzeugung erfolgt in der Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH mit ca. 50 % auf Biomassebasis (Holz)). Das solargestützte Wärmeversorgungssystem wird als 2-Leitersystem ausgeführt. Jede Wohnung erhält eine eigene Wohnungsübergabestation, welche die Wärme für Heizung (direkte Übergabe) und Warmwasserversorgung (indirekt über Wärmetauscher) im Durchfluss zur Verfügung steht (kein Legionellenproblem, da im System nur 1 l Wasser zirkuliert).

#### Wichtige Daten der Anlage (aus Kostenrahmen bewilligt)

Aktive Kollektorfläche:	139 m <sup>2</sup>
Kollektortyp:	Flachkollektor
Pufferspeicher:	GFK / opt. Stahl
Volumen:	12 m <sup>3</sup>
Besonderheiten:	bei: GFK / drucklos / außenliegende WT

2- Leiternetz mit direkten Wohnungsübergabestationen

## Schaltschema solare Heizung und Warmwasser Projekt Sophienhütte



**Abb.** Schaltschema Solaranlage Seniorenwohnanlage „Sophienhütte“  
Ilmenau  
(Quelle: Planungsbüro für Solartechnik Ilmenau, 2007)



## **1. 20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau**

Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss – Brauerei Dessau (Modell zur Wärmeversorgung mit reg. Energien) Die Antragstellung erfolgt im April 2008.

### **Besonderheiten / wichtige Daten**

Der Denkmalkomplex wird zu 100 % mit regenerativen Energien (Solar- und Biomasse) wärmeversorgt.

1. Ausbaustufe:	500 m <sup>2</sup> Solarkollektoren
	300 m <sup>3</sup> GFK – Puffer-Wärme-Speicher (4 x 75 m <sup>3</sup> )
zur Entfeuchtung	100 m <sup>2</sup> Solarluftkollektoren

Holzpelletskessel      2 x 540 kW

Nahwärmenetz mit 8 Gebäudeübergabestationen.

Anlage 1

Schlussbericht / Sachbericht: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase3), Förderkennzeichen: 0329601 O

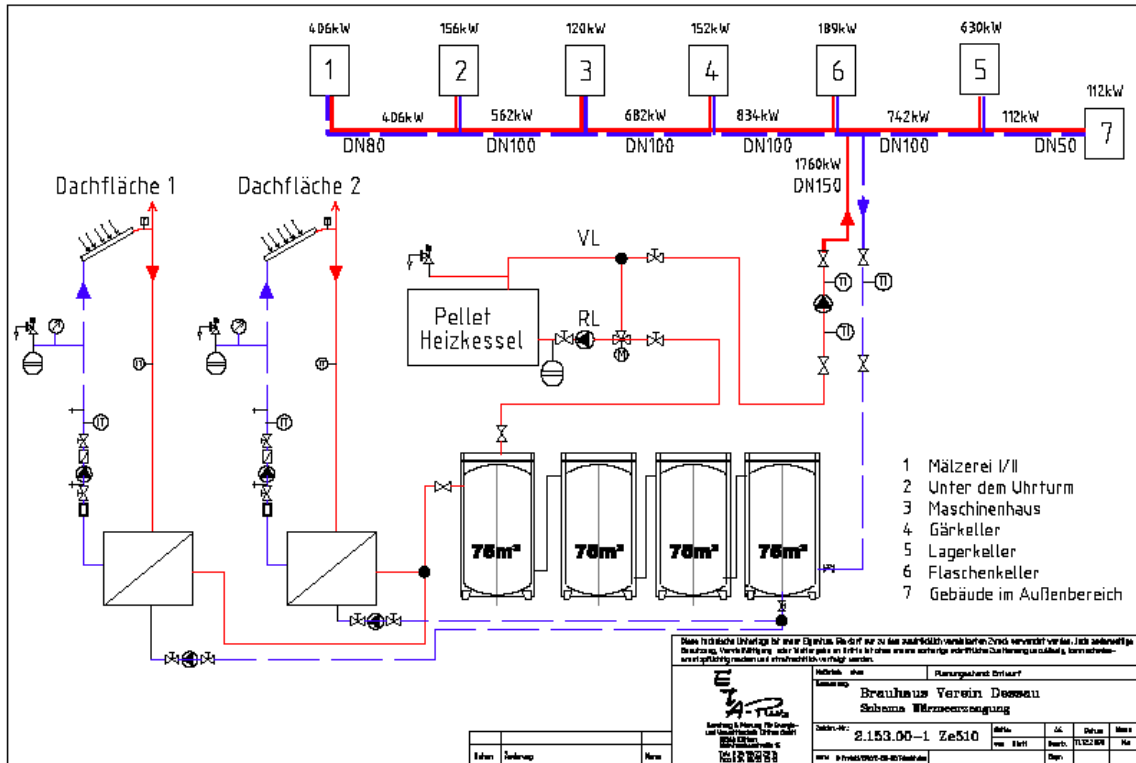


Abb. Projekt Brauhaus Dessau – Schema Wärmeeinbringung (Quelle: Ing.-Büro ETA plus, Köthen)

## **Anlage 2**

### **Nachrechnung des garantierten Energieertrages**

- 1.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim "Käthe Kollwitz" Jena
- 1.2 Anlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck
- 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 1.6 Anlagen Krankenhaus Hettstedt
- 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 1.10 Anlage KIEZ - Kinder- und Erholungszentrum – Güntersberge
- 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 1.14 Anlage Reha – Klinik Bad Frankenhausen

## 1.1 Anlage Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ in Jena

### 1. Messperiode( 04.04.96 – 03.04.97)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena</b>				
<b>1. Meßperiode: 04.04.96 - 03.04.97</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>ZfS- Rationelle Energietechnik GmbH</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	983,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,0	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	106.069	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	49,37	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9608	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9608	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.925	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	870,4	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	192.679	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	83.485	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	43,33	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	80.209	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,63	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.925	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	998,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	200.753	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	82.902	gemessen
38	gemessenes eta	%	41,30	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	103,36	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	99,20	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode( 04.04.97 – 03.04.98)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena</b>				
<b>2. Meßperiode: 04.04.97 - 03.04.98</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau, Projektgruppe ST2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,0	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	106.069	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	49,37	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9608	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9608	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.095	gemessen -24,38%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	991,8	gemessen 2,25%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	223.251	mit T*SOL berechnet 3,90%
23	Ertrag	kWh/a	99.338	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,50	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	95.440	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,75	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.059	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	991,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	231.014	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	92.991	gemessen
38	gemessenes eta	%	40,25	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,43	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,16	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

### 3. Messperiode( 04.04.98 – 03.04.99)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Altenheim "Käthe Kollwitz" Jena</b>				
<b>3. Meßperiode: 04.04.98 - 03.04.99</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau, Projektgruppe ST2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,8	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.861	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	101.907	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	47,43	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	6.738	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	216.387	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	101.222	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	46,78	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0068	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0139	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.114	gemessen -24,10%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	923,8	gemessen -4,79%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	210.995	mit T*SOL berechnet -2,49%
23	Ertrag	kWh/a	93.323	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,23	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	93.955	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,85	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.114	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	923,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	209.049	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	82.621	gemessen
38	gemessenes eta	%	39,52	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	87,94	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	88,13	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>nicht erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 1.2 Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck

### 1. Messperiode (17.01.97 –16.01.98)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Alten- und Pflegeheim Pößneck</b>				
<b>Meßperiode: 17.01.97 - 16.01.98</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>ZfS- Rationelle Energietechnik GmbH</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.680	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	45.500	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	38,62	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.680	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	50.548	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	42,91	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9001	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9001	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.025	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.008,8	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.484	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	47.195	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	37,91	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	42.482	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	34,13	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.025	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.008,8	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.215	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	40.961	gemessen
38	gemessenes eta	%	32,98	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,42	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,63	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (17.01.98–16.01.99)

Berechnung zum Garantieertrag					
Objekt: Alten- und Pflegeheim Pößneck					
Meßperiode: 17.01.98 - 16.01.99					
Berechnungen durchgeführt von:		TU Ilmenau			
A					
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.680	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.806	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	45.500	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	38,62	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.680	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	997,2	vorgegeben (T*SOL Berlin)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.166	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	53.183	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	45,39	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,8555	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,8509	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.226	gemessen	-16,93%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	969,3	gemessen	-2,80%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.139	mit T*SOL berechnet	-0,02%
23	Ertrag	kWh/a	46.385	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	39,60	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	39.684	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	33,69	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.226	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	944,5	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	112.660	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	37.415	gemessen	
38	gemessenes eta	%	33,21	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41	<b>Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,28	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	98,57	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					



### 3. Messperiode (17.01.99–16.01.00)

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

### 1.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus

#### 1. Messperiode (28.08.97 – 27.08.98)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.</b>				
<b>1. Meßperiode: 28.08.97 - 27.08.98</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.133	gemessen -9,54%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	976,6	gemessen 0,65%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.578	mit T*SOL berechnet 2,62%
23	Ertrag	kWh/a	47.580	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	43,42	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	45.812	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,81	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.133	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	976,6	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	108.019	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	43.475	gemessen
38	gemessenes eta	%	40,25	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,90	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,27	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (27.08.98 – 26.08.99)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>					
<b>Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.</b>					
<b>2. Meßperiode: 27.08.98 - 26.08.99</b>					
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>			
A					
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12	
15 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-					
16 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die					
17 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.					
18					
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.474	gemessen	4,92%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	893,6	gemessen	-7,91%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	95.020	mit T*SOL berechnet	-11,02%
23	Ertrag	kWh/a	42.174	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	44,38	eta = (A23/A22)*100%	
25					
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	40.607	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,73	korr. eta=A24*A14	
29 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,					
30 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-					
31 bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.					
32					
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.474	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	893,6	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	95.494	gemessen	
37	gemessener Ertrag (QSV + QSZ)	kWh/a	42.978	gemessen	
38	gemessenes eta	%	45,01	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
<b>41 Ergebnis:</b>					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	105,84	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	105,31	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet					
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

### 3. Messperiode (26.08.99 – 24.08.00)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Krankenhaus Neuhaus am Rwg.</b>				
<b>3. Meßperiode: 26.08.99 - 24.08.00</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	50.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,82	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.785	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	51.930	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	48,63	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9628	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9628	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.402	gemessen 1,87%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	991,6	gemessen 2,20%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.955	mit T*SOL berechnet 2,97%
23	Ertrag	kWh/a	48.556	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,16	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	46.751	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	42,52	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.402	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	991,6	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.871	gemessen
37	gemessener Ertrag (QSV + QSZ)	kWh/a	48.780	gemessen
38	gemessenes eta	%	45,64	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	104,34	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	107,35	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde

### 1. Messperiode (10.03.99 – 09.03.00)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde</b>				
<b>1. Meßperiode: 10.03.99 - 09.03.00</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.668	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	72.160	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	40,87	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.668	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.737	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	41,76	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9786	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9786	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.878	gemessen 5,73%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	995,0	gemessen 2,55%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.203	mit T*SOL berechnet 3,77%
23	Ertrag	kWh/a	77.210	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	42,14	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	75.559	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,24	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.878	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	983,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	179.700	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	60.322	gemessen
38	gemessenes eta	%	33,57	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	79,83	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	81,39	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>nicht erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (09.03.00 – 08.03.01)

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

### 3. Messperiode (08.03.01 – 07.03.02)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde</b>				
<b>3. Meßperiode: 08.03.01 - 07.03.02</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.668	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	72.160	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	40,87	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.668	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	176.555	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	73.737	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	41,76	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9786	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9786	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.426	gemessen -6,60%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	927,0	gemessen -4,46%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	167.429	mit T*SOL berechnet -5,17%
23	Ertrag	kWh/a	64.817	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	38,71	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	63.431	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	37,89	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.426	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	927,0	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	167.685	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	59.281	gemessen
38	gemessenes eta	%	35,35	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	93,46	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	93,32	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

### 1. Messperiode (08.04.99 – 07.04.00)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen</b>				
<b>1. Meßperiode 08.04.1999 - 07.04.2000</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	18.217	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	329.360	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,61	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	18.217	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	367.217	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	47,50	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8969	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8969	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	19.963	gemessen 9,58%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	968,5	gemessen -0,19%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	764.890	mit T*SOL berechnet -1,05%
23	Ertrag	kWh/a	396.407	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	51,83	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	355.541	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	46,48	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	19.963	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	965,4	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	785.794	gemessen
37	gemessener Ertrag (QSV1 + QSV2)	kWh/a	395.165	gemessen
38	gemessenes eta	%	50,29	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	111,14	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	108,19	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				



## 2. Messperiode (06.04.00 – 05.04.01)

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

### 3. Messperiode (05.04.01 – 04.04.02)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Südharzkrankenhaus Nordhausen</b>				
<b>3. Meßperiode 05.04.2001 - 04.04.2002</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	18.217	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	329.360	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,61	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	18.217	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	773.034	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	367.217	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	47,50	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,8969	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,8969	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	14.957	gemessen -17,90%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	958,7	gemessen -1,20%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	745.919	mit T*SOL berechnet -3,51%
23	Ertrag	kWh/a	339.488	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	45,51	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	304.490	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,82	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	14.975	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	958,7	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	779.594	gemessen
37	gemessen Ertrag (QSV1 + QSV2)	kWh/a	310.690	gemessen
38	gemessenes eta	%	39,85	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	102,04	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,63	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 1.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt

### 1. Messperiode (16.02.00-15.02.01)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt</b>				
<b>1. Meßperiode: 16.02.00 - 15.02.01</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.240	gemessen 11,04%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.057,0	gemessen 8,95%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	252.899	mit T*SOL berechnet 13,41%
23	Ertrag	kWh/a	119.564	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	47,28	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	112.184	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	46,22	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.240	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.057,9	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	246.758	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	111.601	gemessen
38	gemessenes eta	%	45,23	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	99,48	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,85	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (15.02.01-14.02.02)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt</b>				
<b>2. Meßperiode: 15.02.01 - 14.02.02</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.808	gemessen 1,89%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.020,2	gemessen 5,15%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	237.535	mit T*SOL berechnet 6,52%
23	Ertrag	kWh/a	109.097	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	45,93	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	102.363	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,90	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.808	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.020,1	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	239.645	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	104.184	gemessen
38	gemessenes eta	%	43,47	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	101,78	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,82	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

### 3. Messperiode (14.02.02-13.02.03)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>					
<b>Objekt: Kreiskrankenhaus Hettstedt</b>					
<b>3. Meßperiode: 14.02.02 - 13.02.03</b>					
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>			
A					
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	214.000	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	95.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	44,39	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.719	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,2	vorgegeben (T*SOL Göttingen)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	222.986	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	101.250	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	45,41	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9383	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9777	Faktor eta=A5/A12	
15 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-					
16 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die					
17 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.					
18					
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.006	gemessen	6,08%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	984,5	gemessen	1,47%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	233.151	mit T*SOL berechnet	4,56%
23	Ertrag	kWh/a	108.178	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	46,40	eta = (A23/A22)*100%	
25					
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	101.500	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	45,36	korr. eta=A24*A14	
29 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,					
30 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-					
31 bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.					
32					
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.006	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	984,5	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	229.609	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	105.175	gemessen	
38	gemessenes eta	%	45,81	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
<b>41 Ergebnis:</b>					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	103,62	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	100,98	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet					
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

## 1.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

### 1. Messperiode (25.01.2001 - 24.01.2002)

<b>Berechnung zum Garantierertrag</b>					
<b>Objekt: Krankenhaus Sonneberg</b>					
<b>1. Meßperiode: 25.01.01 - 24.01.02</b>					
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.290	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	52.800	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	42,14	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>					
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.837	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	55.715	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	44,28	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		0,9477	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		0,9518	Faktor eta=A5/A12	
15 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-					
16 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die					
17 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.					
18					
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>					
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.531	gemessen	-35,07%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	909,7	gemessen	-16,92%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	99.416	mit T*SOL berechnet	-21,00%
23	Ertrag	kWh/a	36.757	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	36,97	eta = (A23/A22)*100%	
25					
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>					
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	34.834	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	35,19	korr. eta=A24*A14	
29 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,					
30 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-					
31 bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.					
32					
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>					
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.531	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	908,2	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	100.194	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	32.144	gemessen	
38	gemessenes eta	%	32,08	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
<b>41 Ergebnis:</b>					
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	92,28	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,16	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet					
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler					
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

## 2. Messperiode (24.01.2002 - 23.01.2003)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Krankenhaus Sonneberg</b>				
<b>2. Meßperiode: 24.01.02 - 23.01.03</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.290	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	52.800	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.837	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	55.715	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	44,28	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9477	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9518	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.494	gemessen -36,64%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	931,9	gemessen -14,89%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	103.694	mit T*SOL berechnet -17,60%
23	Ertrag	kWh/a	35.910	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	34,63	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	34.031	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	32,96	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.494	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	929,4	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	99.137	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	30.755	gemessen
38	gemessenes eta	%	31,02	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,37	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,12	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

### 3. Messperiode (23.01.2003 - 22.01.2004)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Krankenhaus Sonneberg</b>				
<b>3. Meßperiode: 23.01.03 - 22.01.04</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.290	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	52.800	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	42,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.358	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.095,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.837	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	55.715	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	44,28	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		0,9477	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9518	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.389	gemessen -41,09%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.123,0	gemessen 2,56%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.707	mit T*SOL berechnet 3,08%
23	Ertrag	kWh/a	44.269	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	34,13	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	41.953	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	32,49	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.389	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.123,0	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	128.986	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	39.979	gemessen
38	gemessenes eta	%	30,99	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,30	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,41	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				



## 1.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

### 1. Messperiode (26.10.00-25.10.01)

Berechnung zum Garantieertrag				
Objekt: Krankenhaus Ilmenau				
1. Meßperiode: 26.10.00 - 25.10.01				
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,89	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.289	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	967,2	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	180.997	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	72.589	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	40,11	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	72.974	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,32	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.289	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	945,0	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	162.731	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	63.362	gemessen
38	gemessenes eta	%	38,94	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,83	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,57	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (25.10.01-24.10.02)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Krankenhaus Ilmenau</b>				
<b>2. Meßperiode: 25.10.01 - 24.10.02</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
A				
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>			
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	45,89	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>			
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.590	gemessen -33,16%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	926,0	gemessen -3,97%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	174.606	mit T*SOL berechnet -4,83%
23	Ertrag	kWh/a	78.417	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	44,91	eta = (A23/A22)*100%
25				
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>			
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	78.833	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	45,15	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>			
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	2.590	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	926,0	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	155.932	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	67.152	gemessen
38	gemessenes eta	%	43,06	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
41	<b>Ergebnis:</b>			
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,18	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,38	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

### 3. Messperiode (24.10.2002-23.10.03)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages					
Objekt:		Krankenhaus Ilmenau			
Messperiode:		24.10.2002 - 23.10.2003			
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 11	vorgegeben	
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	vom Bieter angegeben	
5	garantierter Ertrag	kWh/a	84.648	vom Bieter garantiert	
6	garantiertes eta	%	46,14	gar. eta=(A5/A4)*100%	
7					
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>					
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.875	vorgegeben	
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 11	vorgegeben	
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	183.477	mit T*SOL berechnet	
13	Ertrag	kWh/a	84.201	mit T*SOL berechnet	
14	eta	%	45,89	eta=(A13/A12)*100%	
15	Faktor Ertrag		1,0053	Faktor Ertrag=A5/A13	
16	Faktor eta		1,0053	Faktor eta=A6/A14	
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-				
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
20					
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>					
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.656	gemessen	-31,46%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.102,0	gemessen	14,28%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 11	gemessen	
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	209.556	mit T*SOL berechnet	14,21%
26	Ertrag	kWh/a	90.724	mit T*SOL berechnet	7,75%
27	eta	%	43,29	eta = (A26/A25)*100%	-5,66%
28					
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>					
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	91.206	korr. Ertrag=A26*A15	
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	43,52	korr. eta=A27*A16	
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.				
35					
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>					
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.656	gemessen	
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.102,0	gemessen	
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	186.126	gemessen	
40	gemessener Ertrag	kWh/a	77.750	gemessen	
41	gemessenes eta	%	41,77	gem. eta=(A40/A39)*100%	
42					
<b>43 Ergebnis:</b>					
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,25	erreich. Energie=(A40/A30)*100%	
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	95,98	erreich. eta=(A41/A31)*100%	
46	Garantie		erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.					
ZfS gar0001.xls					

## 1.9 Anlage Wohngebäude Erfurt

### 1. Messperiode (07.06.02 – 06.06.03)

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

## 2. Messperiode (06.06.02 – 05.06.03)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>					
<b>Objekt: Wohngebäude Juri-Gagarin-Ring 128 - 130 Erfurt</b>					
<b>2. Meßperiode: 06.06.02 - 05.06.03</b>					
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>			
A					
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.263	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	vom Bieter angegeben	
4	garantierter Ertrag	kWh/a	75.000	vom Bieter garantiert	
5	garantiertes eta	%	57,91	gar. eta=(A4/A3)*100%	
6					
7	<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	5.263	vorgegeben	
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	mit T*SOL berechnet	
11	Ertrag	kWh/a	73.790	mit T*SOL berechnet	
12	eta	%	56,97	eta=(A11/A10)*100%	
13	Faktor Ertrag		1,0164	Faktor Ertrag=A4/A11	
14	Faktor eta		1,0164	Faktor eta=A5/A12	
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-				
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
18					
19	<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.422	gemessen	-15,98%
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	905,9	gemessen	-6,05%
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	109.818	mit T*SOL berechnet	-15,21%
23	Ertrag	kWh/a	56.328	mit T*SOL berechnet	
24	eta	%	51,29	eta = (A23/A22)*100%	
25					
26	<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	57.252	korr. Ertrag=A23*A13	
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	52,13	korr. eta=A24*A14	
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.				
32					
33	<b>Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	4.422	gemessen	
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	905,9	gemessen	
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.964	gemessen	
37	gemessener Ertrag	kWh/a	56.000	gemessen	
38	gemessenes eta	%	43,09	gem. eta=(A37/A36)*100%	
39					
40					
41	<b>Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	97,81	erreich. Energie=(A37/A27)*100%	
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	82,65	erreich. eta=(A38/A28)*100%	
44	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile22,36).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.					

### 3. Messperiode (06.06.03 – 05.06.04)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:	Wohngebäude Juri-Ggarin-Ring 128 - 130 Erfurt			
Messperiode:	06.06.2003 - 04.06.2004			
Berechnungen durchgeführt von:	TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	5.263	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 16	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	75.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	57,91	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	5.263	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 16	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.522	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	73.790	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	56,97	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0164	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0164	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	4.208	gemessen -20,05%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	977,6	gemessen 1,38%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 15	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	130.494	mit T*SOL berechnet 0,75%
26	Ertrag	kWh/a	64.809	mit T*SOL berechnet -12,17%
27	eta	%	49,66	eta = (A26/A25)*100% -12,83%
28				
<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	65.872	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	50,48	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	4.208	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	977,6	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	137.923	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	57.153	gemessen
41	gemessenes eta	%	41,44	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,76	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	82,09	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 1.10 Anlage KIEZ –Kinder- und Erholungszentrum - Güntersberge

### 1. Messperiode (23.05.02 – 22.05.03)

<b>Berechnung zum Garantieertrag</b>				
<b>Objekt: Kinder- &amp; Erholungszentrum Güntersberge</b>				
<b>1. Meßperiode: 23.05.02 - 22.05.03</b>				
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>		<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>		
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	260.000	vom Bieter angegeben
4	garantierter Ertrag	kWh/a	67.000	vom Bieter garantiert
5	garantiertes eta	%	25,77	gar. eta=(A4/A3)*100%
6				
<b>7 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte)</b>				
8	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
9	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
10	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	234.602	mit T*SOL berechnet
11	Ertrag	kWh/a	65.387	mit T*SOL berechnet
12	eta	%	27,87	eta=(A11/A10)*100%
13	Faktor Ertrag		1,0247	Faktor Ertrag=A4/A11
14	Faktor eta		0,9246	Faktor eta=A5/A12
15	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktor von der T*SOL-			
16	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
17	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
18				
<b>19 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Meßwerte)</b>				
20	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.224	gemessen
21	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	931,5	gemessen
22	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	231.532	mit T*SOL berechnet
23	Ertrag	kWh/a	42.460	mit T*SOL berechnet
24	eta	%	18,34	eta = (A23/A22)*100%
25				
<b>26 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
27	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	43.507	korr. Ertrag=A23*A13
28	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	16,96	korr. eta=A24*A14
29	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
30	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
31	bedingungen in die Bewertung der Meßergebnisse einfließen lassen zu können.			
32				
<b>33 Meßergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
34	Verbrauch WW (durch Sol.-Sp. bzw. WT)	m <sup>3</sup> /a	1.224	gemessen
35	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	931,5	gemessen
36	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	231.532	gemessen
37	gemessener Ertrag	kWh/a	35.598	gemessen
38	gemessenes eta	%	15,37	gem. eta=(A37/A36)*100%
39				
40				
<b>41 Ergebnis:</b>				
42	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	81,82	erreich. Energie=(A37/A27)*100%
43	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,68	erreich. eta=(A38/A28)*100%
44	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 42,43) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Meßfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 22,36).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90%, so gilt die Garantie als erbracht.				

## 2. Messperiode (22.05.03 – 22.05.04)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:	Kinder- & Erholungszentrum Güntersberge			
2. Messperiode:	22.05.03 - 22.05.04			
Berechnungen durchgeführt von:	TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	12 und 20	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	260.000	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	67.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	25,77	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	12 und 20	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	234.602	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	65.387	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	27,87	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0247	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,9246	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	851	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	973,6	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	12 und 20	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	246.507	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	40.273	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	16,34	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	41.266	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	15,11	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	851	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	973,6	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	246.507	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	28.410	gemessen
41	gemessenes eta	%	11,53	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	68,85	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	76,30	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehler				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				



### 3. Messperiode (21.05.04 – 20.05.05)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Kinder- & Erholungszentrum Güntersberge		
3. Messperiode:		21.05.04 - 20.05.05		
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	12 und 20	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	260.000	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	67.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	25,77	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.828	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Berlin)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	12 und 20	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	234.602	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	65.387	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	27,87	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0247	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,9246	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	722	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	983,0	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	12 und 20	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	249.121	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	33.659	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	13,51	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	34.489	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	12,49	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	722	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	983,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	249.121	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	22.540	gemessen
41	gemessenes eta	%	9,05	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	65,35	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	72,43	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehler behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 1.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

### 1. Messperiode (07.11.02 – 06.11.03)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Kugelberg Weißenfels		
Messperiode:		07.11.2002 - 06.11.2003		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
		Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	47.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	43,79	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	46.064	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	42,91	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0203	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0203	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.480	gemessen -5,78%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.044,7	gemessen 11,10%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	123.681	mit T*SOL berechnet 15,22%
26	Ertrag	kWh/a	53.938	mit T*SOL berechnet 17,09%
27	eta	%	43,61	eta = (A26/A25)*100% 1,62%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	55.034	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,50	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.480	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.044,7	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	122.289	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	49.665	gemessen
41	gemessenes eta	%	40,61	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,24	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,27	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 2. Messperiode (04.11.04 – 03.11.05)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Kugelberg Weißenfels		
Messperiode:		04.11.2004 - 03.11.2005		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
		Einheit	Wert	Anmerkungen
				Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	47.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	43,79	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	46.064	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	42,91	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0203	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0203	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.338	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.040,7	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	125.029	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	53.471	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	42,77	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	54.558	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	43,64	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.338	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.040,7	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	121.609	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	29.876	gemessen
41	gemessenes eta	%	24,57	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	54,76	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	56,30	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

### 3. Messperiode (03.11.05 – 02.11.06)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:	Wohngebäude Kugelberg Weißenfels			
Messperiode:	03.11.2005 - 02.11.2006			
Berechnungen durchgeführt von:	Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	47.000	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	43,79	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.632	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	940,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	107.339	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	46.064	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	42,91	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0203	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0203	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.171	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.047,8	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	124.393	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	49.427	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	39,73	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	50.431	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,54	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.171	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.047,8	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	121.830	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	29.587	gemessen
41	gemessenes eta	%	24,29	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	58,67	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	59,90	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern				
behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße in Weimar

### 1. Messperiode (10.10.02-09.10.03)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Warschauer Str. 26 Weimar		
Messperiode:		10.10.2002 - 09.10.2003		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
		Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.001	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	60.882	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	47,19	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	128.661	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	60.373	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	46,92	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0084	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0058	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.015	gemessen 0,23%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.099,0	gemessen 13,97%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	150.489	mit T*SOL berechnet 16,97%
26	Ertrag	kWh/a	70.752	mit T*SOL berechnet 17,19%
27	eta	%	47,01	eta = (A26/A25)*100% 0,19%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	71.349	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	47,29	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.015	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.099,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	144.175	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	61.644	gemessen
41	gemessenes eta	%	42,76	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,40	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,42	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 2. Messperiode (09.10.03-08.10.04)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages					
Objekt:		Wohngebäude Warschauer Str. 26 Weimar			
Messperiode:		09.10.2003 - 08.10.2004			
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A			
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.	
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>					
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben	
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben	
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.001	vom Bieter angegeben	
5	garantierter Ertrag	kWh/a	60.882	vom Bieter garantiert	
6	garantiertes eta	%	47,19	gar. eta=(A5/A4)*100%	
7					
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>					
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben	
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)	
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben	
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	128.661	mit T*SOL berechnet	
13	Ertrag	kWh/a	60.373	mit T*SOL berechnet	
14	eta	%	46,92	eta=(A13/A12)*100%	
15	Faktor Ertrag		1,0084	Faktor Ertrag=A5/A13	
16	Faktor eta		1,0058	Faktor eta=A6/A14	
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-				
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
20					
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>					
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.211	gemessen	6,75%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.123,7	gemessen	16,53%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen	
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	156.005	mit T*SOL berechnet	21,25%
26	Ertrag	kWh/a	72.233	mit T*SOL berechnet	19,64%
27	eta	%	46,30	eta = (A26/A25)*100%	-1,33%
28					
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>					
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	72.842	korr. Ertrag=A26*A15	
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	46,57	korr. eta=A27*A16	
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.				
35					
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>					
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.211	gemessen	
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.123,7	gemessen	
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	148.981	gemessen	
40	gemessener Ertrag	kWh/a	59.194	gemessen	
41	gemessenes eta	%	39,73	gem. eta=(A40/A39)*100%	
42					
<b>43 Ergebnis:</b>					
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	81,26	erreich. Energie=(A40/A30)*100%	
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	85,32	erreich. eta=(A41/A31)*100%	
46	Garantie		nicht erfüllt		
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).					
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.					
ZfS gar0001.xls					

### 3. Messperiode (07.10.04-06.10.05)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Warschauer Str. 26 Weimar		
Messperiode:		07.10.2004 - 06.10.2005		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	129.001	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	60.882	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	47,19	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	3.008	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	964,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	128.661	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	60.373	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	46,92	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		1,0084	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		1,0058	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.905	gemessen -3,42%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.133,3	gemessen 17,53%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	11 und 18	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	155.638	mit T*SOL berechnet 20,97%
26	Ertrag	kWh/a	68.910	mit T*SOL berechnet 14,14%
27	eta	%	44,28	eta = (A26/A25)*100% -5,64%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	69.491	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	44,53	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.905	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.133,3	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	150.218	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	57.951	gemessen
41	gemessenes eta	%	38,58	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	83,39	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	86,63	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße in Gera

### 1. Messperiode (31.07.03 – 30.07.04)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Eiselstraße Gera		
1. Messperiode:		31.07.03-30.07.04		
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1087,0	vorgegeben (T*SOL chemnitz-1)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.862	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	48.791	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	45,66	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.010,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.586	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	56.731	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	50,84	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8600	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8981	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.011	gemessen -25,71%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	998,0	gemessen -1,19%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 16	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	108.685	mit T*SOL berechnet -2,60%
26	Ertrag	kWh/a	50.448	mit T*SOL berechnet -11,08%
27	eta	%	46,42	eta = (A26/A25)*100% -8,70%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	43.387	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	41,69	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.011	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	998,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	108.891	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	36.561	gemessen
41	gemessenes eta	%	33,58	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	84,27	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	80,55	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				



## 2. Messperiode (30.07.04 – 29.07.05)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Eiselstraße Gera		
2. Messperiode:		30.07.04-29.07.05		
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1087,0	vorgegeben (T*SOL chemnitz-1)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.862	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	48.791	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	45,66	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.010,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.586	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	56.731	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	50,84	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8600	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8981	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.908	gemessen -29,52%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.049,0	gemessen 3,86%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 16	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.877	mit T*SOL berechnet 0,26%
26	Ertrag	kWh/a	50.796	mit T*SOL berechnet -10,46%
27	eta	%	45,40	eta = (A26/A25)*100% -10,69%
28				
<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	43.687	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,78	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.908	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.049,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	112.937	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	42.197	gemessen
41	gemessenes eta	%	37,36	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,59	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,63	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

Anlage 2

Schlussbericht / Sachbericht: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase3), Förderkennzeichen: 0329601 O

<b>Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages</b>				
<b>Objekt:</b>	<b>Wohngebäude Eiselstraße Gera</b>			
<b>2. Messperiode:</b>	<b>30.07.04-29.07.05</b>			
<b>Berechnungen durchgeführt von:</b>	<b>TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000</b>			
		A		
	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b>Abweich.</b>
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1087,0	vorgegeben (T*SOL chemnitz-1)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.862	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	48.791	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	45,66	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.010,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.586	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	56.731	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	50,84	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8600	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8981	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.908	gemessen -29,52%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.049,0	gemessen 3,86%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 16	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.877	mit T*SOL berechnet 0,26%
26	Ertrag	kWh/a	50.796	mit T*SOL berechnet -10,46%
27	eta	%	45,40	eta = (A26/A25)*100% -10,69%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	43.687	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	40,78	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.908	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.049,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	112.937	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	42.197	gemessen
41	gemessenes eta	%	37,36	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	96,59	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	91,63	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	<b>Garantie</b>		<b>erfüllt</b>	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

### 3. Messperiode (28.07.05 – 27.07.06)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		Wohngebäude Eiselstraße Gera		
3. Messperiode:		28.07.05-27.07.06		
Berechnungen durchgeführt von:		TU-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1087,0	vorgegeben (T*SOL chemnitz-1)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	106.862	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	48.791	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	45,66	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	2.707	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.010,0	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	8 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	111.586	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	56.731	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	50,84	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8600	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8981	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.708	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.069,8	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	6 und 16	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	117.342	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	47.770	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	40,71	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	41.084	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	36,56	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	1.708	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.068,0	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	116.186	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	41.959	gemessen
41	gemessenes eta	%	36,11	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	102,13	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	98,78	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 1.13 Anlage Reha-Klinik der DRV Bund in Bad Frankenhausen

### 1. Messperiode (01.04.04-31.03.05)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		BfA Rehaklinik Bad Frankenhausen		
Messperiode:		01.04.2004 - 31.03.2005		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
		Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	298.440	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	44,01	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	334.829	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	49,37	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8913	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8913	Faktor eta=A6/A14
17 Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-				
18 Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die				
19 Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.				
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen 0,00%
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.066,0	gemessen 9,86%
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	20 und 26	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	776.848	mit T*SOL berechnet 14,56%
26	Ertrag	kWh/a	261.994	mit T*SOL berechnet -21,75%
27	eta	%	33,73	eta = (A26/A25)*100% -31,69%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	233.521	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	30,06	korr. eta=A27*A16
32 Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,				
33 um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-				
34 bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.				
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.060,8	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	769.881	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	196.386	gemessen
41	gemessenes eta	%	25,51	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	84,10	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	84,86	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		nicht erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## 2. Messperiode (31.03.05-30.03.06)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:	BfA Rehaklinik Bad Frankenhausen			
Messperiode:	31.03.2005 - 30.03.2006			
Berechnungen durchgeführt von:	Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000			
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	298.440	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	44,01	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	334.829	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	49,37	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8913	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8913	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.093,0	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	20 und 26	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	800.070	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	280.458	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	35,05	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	249.978	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	31,24	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	1.091,1	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	807.491	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	226.974	gemessen
41	gemessenes eta	%	28,11	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	90,80	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	89,96	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet				
durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern				
behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern				
behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

### 3. Messperiode (30.03.06-29.03.07)

Nachrechnung des garantierten solaren Energieertrages				
Objekt:		BfA Rehaklinik Bad Frankenhausen		
3. Messperiode:		30.03.2006 - 29.03.2007		
Berechnungen durchgeführt von:		Tu-Ilmenau Projektgruppe Solarthermie 2000		
		A		
	Einheit	Wert	Anmerkungen	Abweich.
<b>Garantie des Erstellers anhand der in den Randbedingungen zum LV vorgegebenen Werte</b>				
1	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
2	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Göttingen)
3	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
4	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	vom Bieter angegeben
5	garantierter Ertrag	kWh/a	298.440	vom Bieter garantiert
6	garantiertes eta	%	44,01	gar. eta=(A5/A4)*100%
7				
<b>8 Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebsbedingungen (vorgegebene Werte aus Randbedingung)</b>				
9	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	vorgegeben
10	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> a)	970,3	vorgegeben (T*SOL Erfurt)
11	Kaltwassertemperatur Februar/August	°C	6 und 12	vorgegeben
12	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	678.144	mit T*SOL berechnet
13	Ertrag	kWh/a	334.829	mit T*SOL berechnet
14	eta	%	49,37	eta=(A13/A12)*100%
15	Faktor Ertrag		0,8913	Faktor Ertrag=A5/A13
16	Faktor eta		0,8913	Faktor eta=A6/A14
17	Der garantierte Ertrag des Erstellers und das garantierte eta weichen um die o.a. Faktoren von der T*SOL-			
18	Nachrechnung der betreuenden Stelle ab. Um diese Faktoren hat der Ersteller den Ertrag und die			
19	Effizienz (eta) der Solaranlage (verglichen mit T*SOL) abweichend bewertet.			
20				
<b>21 Ergebnis mit T*SOL unter realen Betriebsbedingungen (Messwerte)</b>				
22	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen
23	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> a)	1.122,7	gemessen
24	Kaltwassertemperatur, repräsentativ für Februar/August	°C	20 und 26	gemessen
25	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	810.778	mit T*SOL berechnet
26	Ertrag	kWh/a	284.843	mit T*SOL berechnet
27	eta	%	35,13	eta = (A26/A25)*100%
28				
<b>29 Umrechnung der T*SOL-Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen mit Faktoren</b>				
30	Korrigierter Ertrag bei realem Betrieb	kWh/a	253.886	korr. Ertrag=A26*A15
31	Korrigiertes eta bei realem Betrieb	%	31,31	korr. eta=A27*A16
32	Das Ergebnis aus der T*SOL-Rechnung unter realen Betriebsbedingungen wird mit den o.a. Faktoren umgerechnet,			
33	um so den Unterschied zwischen der Bietergarantie und dem Ergebnis mit T*SOL unter fiktiven Betriebs-			
34	bedingungen in die Bewertung der Messergebnisse einfließen lassen zu können.			
35				
<b>36 Messergebnisse unter realen Betriebsbedingungen</b>				
37	Verbrauch WW (durch WT bzw. Vorwärmespeicher)	m <sup>3</sup> /a	14.151	gemessen
38	Strahlung horizontal	kWh/(m <sup>2</sup> a)	1.122,7	gemessen
39	Strahlung in Kollektorebene	kWh/a	828.226	gemessen
40	gemessener Ertrag	kWh/a	238.662	gemessen
41	gemessenes eta	%	28,82	gem. eta=(A40/A39)*100%
42				
<b>43 Ergebnis:</b>				
44	erreich. Energie in % von umger. T*SOL-Ergebnis	%	94,00	erreich. Energie=(A40/A30)*100%
45	erreich. eta in % vom umger. T*SOL-Ergebnis	%	92,02	erreich. eta=(A41/A31)*100%
46	Garantie		erfüllt	
Die Abweichungen zwischen den Prozentsätzen von erreichter Energie und eta (Zeile 44, 45) sind begründet durch die Umrechnung mit T*SOL von der gemessenen horizontalen Strahlung in die (mit Umrechnungsfehlern behaftete) Strahlung in die Kollektorebene im Vergleich zu der tatsächlichen gemessenen (mit Messfehlern behafteten) Strahlung in die Kollektorebene (Zeile 25, 39).				
Liegt einer der beiden oben angegebenen Prozentsätze über 90 %, so gilt die Garantie als erbracht.				
ZfS gar0001.xls				

## **Anlage3**

### **Anmerkungen zu den Betriebserfahrungen der Schühle-Datenlogger**

21. Dezember 2007

#### **Bestellung / Lieferzeit**

Die Konfiguration des Messsystems ist durch den modularen Aufbau unkompliziert und lässt sich beliebig an die Messumfänge in den Solaranlagen anpassen. Die Lieferzeit betrug 6 Wochen.

#### **Service**

Der Service von Seiten der Fa. Schühle hätte etwas besser sein können. Akute Probleme mit den Systemen konnten aber trotzdem kurzfristig gelöst werden. In den letzten Produktionsjahren der Messsysteme hat die technische Unterstützung durch Schühle stark nachgelassen. Auf Nachfrage hieß es, dass die MAC19/20 Systeme nur noch für das Programm ST2000 produziert werden und die Kapazitäten in der Firma fehlen.

#### **Programmierung / Installation**

Die Programmierung ist für jemanden mit Kenntnissen auf dem Gebiet von Hochsprachen wie C oder Pascal gewöhnungsbedürftig. Ohne diese Kenntnisse lässt sich die Programmierung des Systems relativ schnell erlernen. Der große Vorteil des Messsystems ist die freie Programmierbarkeit. Es können in Echtzeit Sensordaten zu Rechenwerten, wie z. B. Leistungen verknüpft werden.

Die Sensoren werden über separate Klemmenleisten in den Messtechnikschaltschränken (Leistungsgrenze Installateur / TU Ilmenau) an die Systeme angeschlossen. Dazu werden vorbereitete Kabelstränge an die Messkassetten des Systems angeschlossen und vor Ort an den Anlagen auf die Klemmenleisten aufgeschaltet. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt.

#### **Zuverlässigkeit / Messgenauigkeit**

Durch den Einsatz eines leistungsfähigen Einchipmikrorechners ist die Zuverlässigkeit der Systeme sehr hoch. Es gibt wie sonst bei Industrie-PC's notwendig, keine verschleißanfälligen bewegten Teile wie Lüfter oder Laufwerke (Festplatte, u.ä.) Messausfälle sind im wesentlichen nur auf Stromausfälle oder Überspannungsschäden an den Messkassetten zurückzuführen. Die Messkassetten sind mit wenig Elektronikkenntnissen reparierbar. Die Messgenauigkeiten entsprechen den Anforderungen des durch die ZFs formulierten Pflichtenheftes. Die langjährige Nutzung der Systeme, auch in Forschungsprojekten Der TU ergab, dass die möglichen Messgenauigkeiten der Systeme bei der Anwendung in den Solaranlagen gar nicht ausgeschöpft werden. Aufwändige Messprozeduren verhindern wirkungsvoll Fehlmessungen durch äußere Störeinflüsse.

#### **Problemschwerpunkte**

Wie bei jedem komplexen technischen System sind Probleme bei der Programmierung, Konfiguration oder Handhabung nicht auszuschließen. Nach einer gewissen Einarbeitungs- und Lernphase waren diese Probleme, in Zusammenarbeit mit dem Hersteller, lösbar.

### **Einsatz Erfahrungen zu den Sensoren**

Die in den Solaranlagen im Einsatz befindlichen Messsensoren entsprechen dem derzeitigen technischen Stand im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Messgenauigkeit und Kosten. Im Programm werden Platinwiderstandsfühler (PT100 1/3 DIN Klasse B) für die Temperaturmessungen, Mehrstrahlflügelrad- oder Voltmännzähler für die Volumenstrommessung sowie Gesamtstrahlungspyranometer für die Sonnenstrahlungsmessung eingesetzt. Die gleiche Messtechnik wird Millionenfach bei der Abrechnung von Heiz- bzw. Energiekosten eingesetzt. Die teilweise abweichenden üblichen Einsatzorte der Sensoren (Bsp.: Kollektorkreise – hohe Temperaturen, Zirkulationskreise – Kalk & Korrosion) bewirken mitunter einen etwas frühzeitigeren Ausfall der Geräte. Die dreijährige Intensivmessphase konnte aber in jedem Fall abgeschlossen werden. In den meisten Fällen sind die Betreiber bereit die Geräte auf Ihre Kosten zu ersetzen. Damit ist die Funktion der Anzeigetafeln gewährleistet.

### **Fortführung der messtechnischen Auswertung des Anlagenbetriebes**

Der Pilotcharakter vieler in den letzten Jahren in Betrieb genommenen Solaranlagen und damit deren Öffentlichkeitswirksamen Darstellung durch Schautafeln erfordern auch lange nach Abschluss der Intensivmessphase die Aufrechterhaltung der Messwerterfassung durch die Messsysteme. In den letzten Jahren häuften sich die Anfragen bezüglich der Maßnahmen die für den langfristigen Betrieb der Messsysteme vorgesehen sind.

Die Erfahrungen der letzten 15 Jahre machen deutlich dass die Messsysteme der Fa. Schühle sehr zuverlässig und langzeitstabil sind. Die mit der Anlage in Verbindung stehenden Messkassetten lassen sich problemlos und mit relativ geringem Aufwand reparieren. Die übrigen Module, wie Grundmodul, Speichermodul oder Rollenzähler sind bisher niemals ausgefallen. Des weiteren ist zu bemerken, dass Grund- und Speichermodule in größerer Stückzahl bei der ZFs zur Verfügung stehen und für Ersatz genutzt werden können. Aus diesen Gründen ist es nicht notwendig sich über einen abgerüsteten Ersatzlogger für die Aufrechterhaltung der Schautafelfunktionen

Gedanken zu machen. Die finanziellen Mittel können effektiver eingesetzt werden um ausgefallene Sensoren zu ersetzen oder defekte Messkassetten reparieren zu lassen.



## Anlage4

### **Arbeitsstand Projekte Solarthermie 2000, Betrieb und Auswertung**

März 2008

#### **Jena, Alten- und Pflegeheim Käthe Kollwitz (WA)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in den ersten beiden Meßjahren erbracht. Im dritten Messjahr wird der Garantieertrag mit 88% knapp nicht erreicht. Im Mai 2002 wurde ein neuer Entladeregler (Enreg1, Tetra Ilmenau) eingebaut. Die Übergabe der Wärme an das Trinkwasser erfolgt seitdem nachweislich effektiver.

Bisher ist in der Anlage nur ein Volumenzähler, im Kaltwasserzulauf, ausgefallen. Da zwei Zähler unmittelbar hintereinander eingebaut sind, konnte für eine gewisse Zeit auf die Daten dieses Zählers verzichtet werden. In 2007 wurde der defekte Zähler durch den Betreiber ersetzt.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig. Es besteht derzeit kein Handlungsbedarf.

#### **Pößneck, Alten- und Pflegeheim Jahnstraße (WB)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht. Das Meßprogramm ist abgeschlossen.

Im Frühjahr 2003 wurde der Wärmeträger im Kollektorkreis ersetzt. Mit Stand Ende 2007 sind die Zähler des Zirkulationskreises (VZ) und des Nachheizkreises (HT) nicht mehr in Betrieb. Da diese Informationen nicht auf der Anzeigetafel dargestellt werden ist ein Ersatz der Zähler nicht zwingend notwendig. Seit November 2007 wird ein neuerlicher Rückgang des Volumenstromes im Kollektorkreis beobachtet.

Die Anlage läuft störungsfrei und zuverlässig. Es sollte der Wärmeträger bzw. die Pumpe des Kollektorkreises überprüft werden. Notwendige finanzielle Aufwendungen sind daraus noch nicht ableitbar.

#### **Neuhaus, Krankenhaus (WC)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Dezember 1999 fällt die Schautafel aus und wird durch die Fa. Meßtec auf Kulanz repariert. Weitere Ausfälle von Komponenten der Messtechnik sind nicht aufgetreten.

In anbetracht der Tatsache das der Verbrauch im Objekt stark zurückgegangen ist, läuft die Anlage störungsfrei und zuverlässig. Es besteht kein Handlungsbedarf.

#### **Nordhausen, Südharzkrankenhaus (WD)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Im Verlauf der bisherigen Laufzeit der Anlage sind immer wieder Volumenzähler ausgefallen bzw. wurden keine Volumenströme ermittelt. Ursache sind zum einen die mitunter sehr hohen Volumenströme und damit die Überlastung der Zähler und zum anderen die unklare hydraulische Betriebsweise des Warmwasserbereitungssystems aus zwei parallel betriebenen identischen Systemen. Mit Stand Februar 2008 sieht es so aus, dass ein Warmwasserbereitungssystem ganz außer Betrieb genommen ist. Wobei der Zirkulationskreis dieses Systems in Betrieb ist und Volumenstrom erfasst wird. Des weiteren scheint der Zähler für die Speicherentladung defekt zu sein.

Die Entwicklung muss weiter beobachtet werden. In 2008 sollte eine vor Ort Überprüfung der Anlage erfolgen. Notwendige finanzielle Aufwendungen sind bis dahin nicht bekannt.

#### **Leinefelde, Wohngebäude Gaußstraße (WE)**

Die Anlage hat den Garantieertrag erst im letzten Messjahr erbracht.

In Leinefelde ist der bisher erste und einzigste Totalausfall eines Datenloggers aufgetreten. Allgemein traten in der bisherigen Betriebszeit der Anlage häufige defekte bzw. Havarien auf. Diese sind auf ungeklärte mechanische Defekte im Bereich des Kollektorfeldes zurückzuführen.

Weiterhin bereitet der drucklose Betrieb des Pufferspeichers immer wieder Probleme. Es kommt regelmäßig zu abweichenden (zu niedrigen) Volumenströmen, verursacht durch verschmutzte Wärmetauscher bzw. Filter oder Luftansammlung im Speicher. In 2007 wurde der Speicherkreis entleert und der Speicher geöffnet. Ziel war es den Zustand des drucklos betriebenen Speichers nach ca. 9 Betriebsjahren zu ermitteln. Gleichzeitig wurde das Überlaufsystem optimiert um die Probleme mit der sich im Speicher sammelnden Luft in den Griff zu bekommen. Die Begutachtung des Speichers ergab, dass es kaum Korrosionserscheinungen gibt. Wesentlich auffälliger ist der Zustand des Schichtladesystems der Fa. Solvis nach 9 Betriebsjahren. Viele Klappen sitzen, wahrscheinlich durch den Volumenstrom verursacht, verkanntet in den Modulen und schließen bzw. öffnen nur noch eingeschränkt. Des weiteren sind besonders die oberen Klappen durch Ablagerungen verhärtet und damit in ihrer Bewegungsmöglichkeit eingeschränkt. Die Klappen wurden während der Begutachtung des Speichers, soweit möglich, wieder gangbar gemacht. Die Schautafel gibt immer wieder Anlass zu Beanstandungen. Offensichtlich ist die solare Versorgung der Tafel nicht gewährleistet. Das führt zu frühem Ausfall des Speicherakkus. Mit Stand Februar 2008 ist bekannt, dass neben dem Akkumulator auch der Laderegler ausgefallen ist. Des weiteren ist seit Dezember 2007 ein Ausfall des Nachheizvolumenzählers zu verzeichnen.

Die Anlage läuft derzeit störungsfrei. Die Aufwendungen für die Wiederherstellung der Schautafel und den Ersatz des Volumenzählers belaufen sich auf maximal 420,- €

### **Erfurt, Wohngebäude Gagarin-Ring (WF)**

Der Garantiertrag wurde nur im zweiten Messjahr erreicht. Für eine Vakuumröhrenkollektoranlage ist der Kollektornutzungsgrad zu niedrig. Ursache dafür ist die teilweise gegenseitige Verschattung der in den Modulen um 45° gedrehten Röhren. Eine im Rahmen einer Studienarbeit durchgeführten Untersuchung hat ergeben, dass das Zurückdrehen der Röhren energetisch wie auch finanziell nicht sinnvoll ist.

Im Verlauf der bisherigen Betriebszeit sind alle drei Vorwärmwärmetauscher durch Korrosion, aufgrund des kalkhaltigen Wassers, zerstört worden. Nach Angaben des Betreibers sind nun für die herrschende Trinkwasserqualität besser geeignete Wärmetauscher eingesetzt. Ein Folgeschaden durch einen der defekten Trinkwasserwärmetauscher trat in 2006 am Kollektorrwärmetauscher auf (starker Rostanfall im Speicherkreis, damit Verstopfung des WT). Mit Stand März 2008 ist ein defekter Volumenzähler im Kaltwasserzulauf der WWB-Station Gagarin-Ring 128a festzustellen. Der Betreiber, die KOWO verspricht den seit April 2006 defekten Zähler auszutauschen. Bisher ist dies nicht geschehen.

Die Anlage läuft störungsfrei. Der defekte Zähler muss nun vor der nächsten Sommerphase gewechselt werden.

### **Ilmenau, Krankenhaus (WG)**

Die Anlage hat den Garantiertrag in allen drei Jahren erbracht. Der Tageswarmwasserverbrauch ist wesentlich geringer als für die Auslegung angenommen ( $11,5\text{m}^3/\text{d}$  /  $6,5\text{m}^3/\text{d}$ ) und ist weiter im sinken begriffen. Im Juli 2002 wird eine chemische Wasseraufbereitung zur Legionellenbekämpfung installiert. Die Einbindung des Zirkulationsrücklaufes erfolgt zu nahe am Vorwärmwärmetauscher, so daß die Vorwärmtemperatur TSV1 und damit der Ertrag QSV nicht mehr korrekt erfasst wird. Eine Umrüstung erscheint aufgrund der Platzverhältnisse und des unverhältnismäßigen Aufwandes (Plastikrohrleitungen) unzumutbar.

Mit Stand vom März 2008 ist festzustellen, dass die Volumenströme: Vorwärmung Neubau (SVa), Zirkulation Neubau (VZa) sowie Zirkulation Urologie (VZb) fehlen. Es muss geklärt werden ob Defekte vorliegen oder durch Umbaumaßnahmen die Messstellen abgebaut wurden. Des weiteren werden seit geraumer Zeit instabile Werte für die Außentemperatur (TA1) festgestellt. Hier ist zu prüfen, ob der Defekt am Sensor liegt. Die Aufschaltung am Logger wurde überprüft.

Die Anlage läuft störungsfrei. Zeitnah müssen die Ursachen für die genannten Ausfälle der Volumenströme ermittelt und der Außentemperaturfühler überprüft werden.

### **Sonneberg, Krankenhaus (WH)**

Die Anlage hat den Garantiertrag in allen drei Jahren erbracht. Seit Jahren läuft die Anlage mit zu niedrigem Speicherladevolumenstrom. Da der Warmwasserverbrauch im Objekt zu niedrig ist macht sich der niedrige Volumenstrom nicht zusätzlich negativ auf den Kollektornutzungsgrad

bemerkbar. Seit März 2004 ist ein Ausfall beider Volumenzähler für die Nachheizung festzustellen. Die Anzeigen der Schautafel sind davon nicht betroffen.

Die Anlage läuft störungsfrei. Es besteht derzeit kein Handlungsbedarf.

### **Güntersberge, Kinder- und Erholungszentrum (WI)**

Die Anlage ist mit einer aktiven Kollektorfläche von 216m<sup>2</sup> und einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 2m<sup>3</sup>/d (März bis Oktober) sehr schlecht ausgelastet (ca. 10l/m<sup>2</sup>\*d). Hinzu kommt, dass der provisorisch eingesetzte Entladewärmetauscher unterdimensioniert ist und somit die ausreichend zur Verfügung stehende Wärme nicht optimal an das Trinkwasser übergeben werden kann. Des Weiteren wird seit in Betriebnahme der Anlage eine sehr schlechte thermische Schichtung im Speicher bei der Beladung festgestellt.

Die Anlage läuft störungsfrei. Es wird eingeschätzt, dass mit drei Optimierungsmaßnahmen die Systemeffizienz der Anlage erheblich gesteigert werden kann:

- a.) Einbau eines optimal ausgelegten Entladewärmetauschers. Nach den Vorliegenden Verbrauchsprofilen ist eine passende Auslegung leicht möglich.
- b.) Überprüfung und Optimierung der Speichereinbauten. Der von der Fa. Flamko STAG Genthin gefertigte Speicher enthält nach den Revisionsunterlagen eine Schichtladeeinrichtung welche ihren Zweck offensichtlich in keinster Weise erfüllt. Weiterhin scheinen Umlenkeinrichtungen (Prallbleche etc.) nur ungenügend bzw. gar nicht vorgesehen sein.
- c.) Um die Auslastung der Anlage zu erhöhen, sollte dringend geprüft werden die Zirkulation in das Solarsystem mit einzubinden. Dies hätte den Vorteil, dass mit den Zirkulationsverlusten eine permanent anfallende Last zur Verfügung stünde. Um die Kosten gering zu halten wäre es denkbar den derzeit im Entladekreis eingesetzten Wärmetauscher für die Zirkulationseinbindung zu verwenden. Durch das weitverzweigte Wärmeverteilnetz im Objekt betragen die durchschnittlichen Zirkulationsverluste ca. 2100 kWh pro Woche. Die Rücklauftemperatur des Zirkulationskreises beträgt im Sommer ca. 45°C, bei einer Warmwassertemperatur von 60 – 70°C.

### **Weißenfels, Wohngebäude Kugelberg (WK)**

Die Anlage hat den Garantieertrag im ersten Jahr erreicht. Ein großes Problem stellt, seit der in Betriebnahme der Anlage Ende 2002, der niedrige Druck im Speicherkreis dar. Das weitverzweigte Entladesystem lässt sich nur schwer oder gar nicht entlüften. Die Folge ist, dass immer wieder einzelne Stationen keine solare Wärme erhalten. Nach nunmehr 6-jähriger Betriebszeit hat sich die Problematik durch eine Havarie im Jahr 2007 derart verschlechtert, dass kein sinnvoller Betrieb der Anlage mehr möglich ist. Durch die Havarie wurde der GFK-Speicher beschädigt und hält den Druck nicht mehr.

Im Frühjahr 2008 ist deshalb vorgesehen den 5m<sup>3</sup> GFK-Speicher durch einen 4m<sup>3</sup> Stahlspeicher zu ersetzen. Um das äußere Erscheinungsbild der Anlage nicht wesentlich zu verändern wird der Stahlspeicher am Platz des alten Speichers errichtet und mit einer GFK-Hülle, zum Schutz vor Witterung und zur Isolation, versehen. Der Stahlspeicher lässt Systemdrücke bis 3bar zu, so das eine Entlüftung des Entladesystems problemlos möglich sein sollte.

### **Weimar, Wohngebäude Warschauer Straße (WL)**

Die Anlage hat nur im ersten Jahr den Garantieertrag erreicht. In den übrigen Messjahren wurde der Garantieertrag nur knapp verfehlt. Ursache dafür ist der relativ hoch angesetzte Garantieertrag des Anbieters von 60.880 kWh bei 118m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Ungeachtet dessen lässt sich feststellen, dass diese Anlage die mit Abstand zuverlässigste und Ertragreichste Anlage in Thüringen ist.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **Gera, Wohngebäude Eiselstraße (WM)**

Die Anlage hat erst im zweiten Messjahr den Garantieertrag erreicht. Eine Optimierung des Entladesystems noch während der ersten Messperiode führte dazu, dass die Anlage, im zweiten und im dritten Messjahr, den Garantieertrag erreichte.

Derzeit gibt es noch ein Folgeproblem einer Gewittereinwirkung aus dem Sommer 2007. Das Tafelmodem ist defekt und wurde zum Hersteller eingeschickt.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **Bad Frankenhausen, BfA Rehaklinik (WO)**

Ähnlich wie in der Anlage Gera wurde in Bad Frankenhausen der Garantieertrag erst nach Optimierungen ab dem zweiten Messjahr erreicht. In Frankenhausen waren nur die erforderlichen Maßnahmen wesentlich umfangreicher.

Nach Informationen des Betreibers gibt es auch im 4. Betriebsjahr massive Probleme mit der Dichtigkeit der Kollektoren. Sonst sind größere Ausfälle von Komponenten des Systems oder der Messtechnik nicht zu verzeichnen.

In Anbetracht der Komplexität der Anlage läuft diese zuverlässig und entsprechend dem technischen Stand optimal. Es sind von Seiten der TUI keine Maßnahmen erforderlich.

### **Oberhof, Sportgymnasium (WN)**

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte schon im September 2006. Aufgrund von Verzögerungen im Bauablauf des Zentralgebäudes stand für die Anlage bis Sommer 2007 kein Verbraucher zur Verfügung. Deshalb wurde in 2007, abweichend vom bisherigen Planungsstand, die Einbindung der Warmwasserbereitung des Jungeninternates realisiert. Mit Stand März 2008 werden letzte Restarbeiten an der Haustechnik des Zentralgebäudes ausgeführt. Im April ist die technische Abnahme des Gesamtvorhabens inklusive solare Einbindung der WWB sowie Fußbodenheizung des Zentralgebäudes vorgesehen.

Die Anlage befindet sich noch im Probebetrieb.

### **Harsberg, Nationalpark Heinich, Jugendherberge (WP)**

Die technische Abnahme des Solarsystems erfolgte im Sommer 2007. Die Komplexität der Solar- und Haustechnikstation Sovis-Zentro erfordert derzeit noch erhebliche Optimierungen.

Die Anlage befindet sich im Probebetrieb

### **Fürth, IBA-AG (WR)**

Die Anlage befindet sich noch in der Bauphase. Installation und Inbetriebnahme der Systemtechnik wurden in 2007 weitgehend abgeschlossen. Derzeit wird die Messtechnik installiert und in Betrieb genommen.

### **Hettstedt, Krankenhaus (XB)**

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Meßjahren erbracht. Durch die gute Anlagenauslastung mit im Jahresmittel  $68\text{l/m}^2\cdot\text{d}$  und den zuverlässigen Betrieb erreicht die Anlage hohe Wärmeerträge. Ausfälle von Systemkomponenten bzw. Komponenten der Messtechnik sind nicht zu verzeichnen.

Die Anlage läuft zuverlässig und optimal. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

## Anlage 5

### Nomenklatur / Abkürzungen (Beispiel: Anlage Bad Frankenhausen)

<b>Bez.</b>	<b>Erläuterung</b>
TKT1a	Kollektorkreis Vorlauf Feld1
TKT2a	Kollektorkreis Rücklauf
TKT1b	Kollektorkreis Vorlauf Feld 2
TKT2b	Kollektorkreis Rücklauf
TSP1a	Speicherbeladekreis, Speicher 1 / 2
TSP2a	Speicherbeladekreis
TSP1b	Speicherbeladekreis, Speicher 3 / 4
TSP2b	Speicherbeladekreis
TSS1b	Speicherentladekreis, Speicher 1 / 2
TSS2b	Speicherentladekreis
TSS1d	Speicherentladekreis, Speicher 3 / 4
TSS2d	Speicherentladekreis
TSS1e	Speicherentladekreis, Speicher 5
TSS2e	Speicherentladekreis, Vorwärmung
TSS1f	Speicherentladekreis, Speicher 5
TSS2f	Speicherentladekreis, Schwimmbad
TSV1a	Luftvorwärmung, Gebäude E & G
TSV2a	
TSV1b	Lufterwärmung, Gebäude E & G
TSV2b	
TSV1c	Luftvorwärmung, Gebäude A & C
TSV2c	
TSV1d	Lufterwärmung, Gebäude A & C
TSV2d	
TSV1e	Warmwasservorwärmung
TSV2e/TVV 2e	Speichergruppe 1
TSV1f	Warmwasservorwärmung
TSV2f/TVV 2f	Speichergruppe 2
TVV1e (TVV2e)	Warmwassererwärmung Speichergruppe 1
TVV1f (TVV2f)	Warmwassererwärmung Speichergruppe 2
TWR1	Wärmerückgewinnung Abwasser
TWR2	Schwimmbecken
TVZ1e	Zirkulation
TVZ2e	Speichergruppe 1
TVZ1f	Zirkulation
TVZ2f	Speichergruppe 2
THT1a	Nachheizung
THT2a	Lufterwärmung, Gebäude G
THT1b	Nachheizung
THT2b	Lufterwärmung, Gebäude E
THT1c	Nachheizung
THT2c	Lufterwärmung, Gebäude C

THT1d	Nachheizung
THT2d	Luftherwärmung, Gebäude A
THT1e	Nachheizung
THT2e	Trinkwasser, Speichergruppen 1 & 2
THT1f	Nachheizung
THT2f	Schwimmbaderwärmung
TUT1	Speicherumladung
TUT2	Pufferspeicher 5
TPS11	Pufferspeicher 1 oben
TPS12	Pufferspeicher 1 unten
TPS21	Pufferspeicher 2 oben
TPS22	Pufferspeicher 2 unten
TPS31	Pufferspeicher 3 oben
TPS32	Pufferspeicher 3 unten
TPS41	Pufferspeicher 4 oben
TPS42	Pufferspeicher 4 unten
TPS51	Pufferspeicher 5 oben
TPS52	Pufferspeicher 5 unten
TZL1	Temperatur Zuluft
TZL2	Temperatur Zuluft vor Nachheizung konv.
TZL3	Temperatur Zuluft vor Nachheizung solar
TZL4	Temperatur Zuluft vor Abluftwärmerückg.
TZL5	Temperatur Zuluft Ansaugluft
TSV1c	Luftvorwärmung, Gebäude A & C
TSV2c	
TSV1d	Luftherwärmung, Gebäude A & C
TSV2d	
TSV1e	Warmwasservorwärmung
TSV2e/TVV 2e	Speichergruppe 1
TSV1f	Warmwasservorwärmung
TSV2f/TVV 2f	Speichergruppe 2
TVV1e (TVV2e)	Warmwassererwärmung Speichergruppe 1
TVV1f (TVV2f)	Warmwassererwärmung Speichergruppe 2
TWR1	Wärmerückgewinnung Abwasser
TWR2	Schwimmbecken
TVZ1e	Zirkulation
TVZ2e	Speichergruppe 1
TVZ1f	Zirkulation
TVZ2f	Speichergruppe 2
THT1a	Nachheizung
THT2a	Luftherwärmung, Gebäude G
THT1b	Nachheizung
THT2b	Luftherwärmung, Gebäude E
THT1c	Nachheizung
THT2c	Luftherwärmung, Gebäude C
THT1d	Nachheizung
THT2d	Luftherwärmung, Gebäude A

THT1e	Nachheizung
THT2e	Trinkwasser, Speichergruppen 1 & 2
THT1f	Nachheizung
THT2f	Schwimmbaderwärmung
TUT1	Speicherumladung
TUT2	Pufferspeicher 5
TPS11	Pufferspeicher 1 oben
TPS12	Pufferspeicher 1 unten
TPS21	Pufferspeicher 2 oben
TPS22	Pufferspeicher 2 unten
TPS31	Pufferspeicher 3 oben
TPS32	Pufferspeicher 3 unten
TPS41	Pufferspeicher 4 oben
TPS42	Pufferspeicher 4 unten
TPS51	Pufferspeicher 5 oben
TPS52	Pufferspeicher 5 unten
TZL1	Temperatur Zuluft
TZL2	Temperatur Zuluft vor Nachheizung konv.
TZL3	Temperatur Zuluft vor Nachheizung solar
TZL4	Temperatur Zuluft vor Abluftwärmerückg.
TZL5	Temperatur Zuluft Ansaugluft