

**“Wissenschaftliche Programmbegleitung und
Messprogramm
Solarthermie-2000 / 2000plus für Solaranlagen
im Freistaat Thüringen
(Projektphase 4)“**

Schlussbericht / Sachbericht

Förderkennzeichen:

0329601R

Jürgen Bühl, Matthias Müller



Kurzreferat

1994 – 2010 wurden im Programm Solarthermie 2000 / 2000plus, Teilprogramm 2 große solarthermische Anlagen initiiert und wissenschaftlich – technisch begleitet. Mit der Programmdurchführung wurde im Freistaat Thüringen die TU Ilmenau (Arbeitsgruppe Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidodynamik an der Fakultät für Maschinenbau) beauftragt. Gegenstand dieses Berichtes ist die Phase 4 (Laufzeit: 01.09.2007– 31.03.2012) und eine Kompaktbewertung zur Gesamtlaufzeit Phase 1 bis Phase 4.

Innerhalb des Programms ST2000,TP2 betreute die Projektgruppe ST-2000 / 2000plus zum Zeitpunkt der Berichterstellung 19+1 solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche von 3.426,1 m² in Thüringen und Sachsen-Anhalt.

Im Rahmen des Abschlussberichtes wird eine Beschreibung und Bewertung der begleiteten Anlagen gegeben. Dies schließt den erreichten Realisierungsstand, die Erreichung der Garantiewerte und realisierte bzw. vorgeschlagene Optimierungen und Änderungen zur Erreichung mit ein.

Schlagwörter

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

Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie 2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 4)

Autoren: Bühl, J.; Müller

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

Der **Bericht** besteht: aus Seiten Text und Anlagen.

Tag der Berichterstellung: 21.12.2012
Es wurden 5 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 Kennzeichen0329601 R 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

- 1.0 Notwendige Vorbemerkungen
- 1.1 Zusammenfassung zum erreichten Stand nach Durchlauf der Projektphasen 1 bis 3
 - 1.1.1 Verweis zum Abschlussbericht Projektphase 1: Laufzeit: 01.05.1994 bis 30.11.1999
 - 1.1.2 Verweis zum Abschlussbericht Projektphase 2: Laufzeit: 01.12.1999 bis 30.09.2003
 - 1.1.3 Verweis zum Abschlussbericht Projektphase 3: Laufzeit : 01.10.2003 bis 31.08. 2007
- 1.2 Zusammenfassungen / Teil 1
 - 1.2.1 Bearbeitungszeitraum: 01.05.1994 bis 30.11.1999 (Phase 1)
 - 1.2..2 Bearbeitungszeitraum: 01.12.1999 bis 30.09.2003 (Phase 2)
 - 1.2..3 Bearbeitungszeitraum: 01.12.2003 bis 31.08.2007 (Phase 3)
 - 1.2.4 Bearbeitungszeitraum :01.09.2007 bis 31.03.2012 (Phase 4)
- 2.0 Zusammenfassungen / Teil 2
- 2.1 zusammengefasste Arbeitsbeschreibung, Ergebnisdarstellung und -Bewertung
 - 2.1.1 Solaranlage Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena-Lobeda
 - 2.1.2 Solaranlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck
 - 2.1.3 Solaranlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
 - 2.1.4 Solaranlage Wohngebäude Leinefelde
 - 2.1.5 Solaranlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
 - 2.1.6 Solaranlage Krankenhaus Hettstedt
 - 2.1.7 Solaranlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
 - 2.1.8 Solaranlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
 - 2.1.9 Solaranlage Wohngebäude Erfurt
 - 2.1.10 Solaranlage KIEZ – Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge
 - 2.1.11 Solaranlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
 - 2.1.12 Solaranlage Wohngebäude Warschauer Straße in Weimar
 - 2.1.13 Solaranlage Wohngebäude Eiselstraße in Gera
 - 2.1.14 Solaranlage DRV Bund Reha-Klinik in Bad Frankenhausen
 - 2.1.15 Solaranlage im Staatlichen Sportgymnasium Oberhof
 - 2.1.16 Solaranlage Nationalpark – JH – Harsberg
 - 2.1.17 Solaranlage zur solargestützten Kälteerzeugung Bürogebäude Fürth
 - 2.1.18 Solaranlage Wohnanlage Siegfried-Czapski-Straße in Jena
 - 2.1.19 Solaranlage Wohnanlage Sophienhütte in Ilmenau
 - 2.1.20 Solaranlage Dessau
- 2.2 Kompakte Anlagen (-Ergebnis-) Beschreibungen
 - 2.2.1 Anlage Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena
 - 2.2.1.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.1.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.1.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
 - 2.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck
 - 2.2.2.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.2.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.2.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
 - 2.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
 - 2.2.3.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.3.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.3.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
 - 2.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
 - 2.2.4.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.4.2 Ergebnisübersicht

- 2.2.4.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
 - 2.2.5.1 Kosten / Förderung
- 2.2.4.2 Ergebnisübersicht
- 2.2.4.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt
 - 2.2.6.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.6.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.6.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
 - 2.2.7.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.7.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.7.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
 - 2.2.8.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.8.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.8.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
 - 2.2.9.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.9.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.9.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.10 Anlage KIEZ-Kinder-und Erholungszentrum Güntersberge
 - 2.2.10.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.10.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.10.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
 - 2.2.11.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.11.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.11.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
 - 2.2.12.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.12.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.12.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
 - 2.2.13.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.13.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.13.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.14 Anlage DRV Bund Reha-Klinik Bad Frankenhausen
 - 2.2.14.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.14.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.14.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
 - 2.2.15.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.15.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.15.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.16 Anlage Nationalpark-JH-Harsberg
 - 2.2.16.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.16.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.16.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.17 Anlage solargestützte Kälteerzeugung Bürogebäude Fürth
 - 2.2.17.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.17.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.17.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.18 Anlage Wohnanlage Siegfried-Czapski-Straße Jena
 - 2.2.18.1 Kosten / Förderung
 - 2.2.18.2 Ergebnisübersicht
 - 2.2.18.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.19 Anlage Wohnanlage Sophienhütte Ilmenau

- 2.2.19.1 Kosten / Förderung
- 2.2.19.2 Ergebnisübersicht
- 2.2.19.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 2.2.20 Anlage Solargestütztes Wärme- und Kälteversorgungssystem Dessau
- 2.2.20.1 Kosten / Förderung
- 2.2.20.2 Ergebnisübersicht
- 2.2.20.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status
- 3. Zusammenfassung / Ergebnisbewertung
- 3.0 Grundlagen
- 3.1 Entwicklung der solaren Systemtechnik
- 3.2 Status der Anlagen im Berichtszeitraum
- 3.3 Ergebnisse und Bewertung
- 3.3.1 Grundlage der Ergebnisgarantie
- 3.3.2 Anlagenbetrieb zum Zeitpunkt der Berichterstattung
- 3.3.3 Status im Vergleich der projektteilnehmenden Partner
- 4. Weiterentwicklung der solaren Systemtechnik
- 4.1 Komponenten und Systemtechnik – Niedertemperatur-Solarthermie
- 4.1.1 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
- 4.1.2 Pilot- und Demoanlagen
- 4.2 Wärme- und Kälteerzeugung / Anteil der Niedertemperatur
- 5. Anlagenbearbeitung
- 6. Vergleich des erreichten Arbeitsstandes mit dem vorgegebenen Arbeitsplan
- 7. Probleme bzw. Schwierigkeiten bei der Erlangung der Projektziele
- 8. Im Projektverlauf bekannt gewordene F. & E. – Ergebnisse Dritter
- 9. Quellen- und Literaturverzeichnis
- 9.1 Informationsquellen
- 9.2 Wesentliche Vorlagen zur Abfassung des Abschlussberichtes
- 9.3 Literaturverzeichnis (Phase 4) mit aktuellen Ergänzungen
- 9.4 Veröffentlichungen und Vorträge (Auszüge)

- 10. Erfolgskontrollbericht

- 11. Kurzfassung des Schlussberichtes

- 12. Ergebnis

- 13. Anlagenverzeichnis

Vorsorgliche Bemerkung:

Dieser Bericht wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt.

Trotzdem kann keine Gewähr für völlige Fehlerfreiheit übernommen werden.

1.0 Notwendige Vorbemerkungen

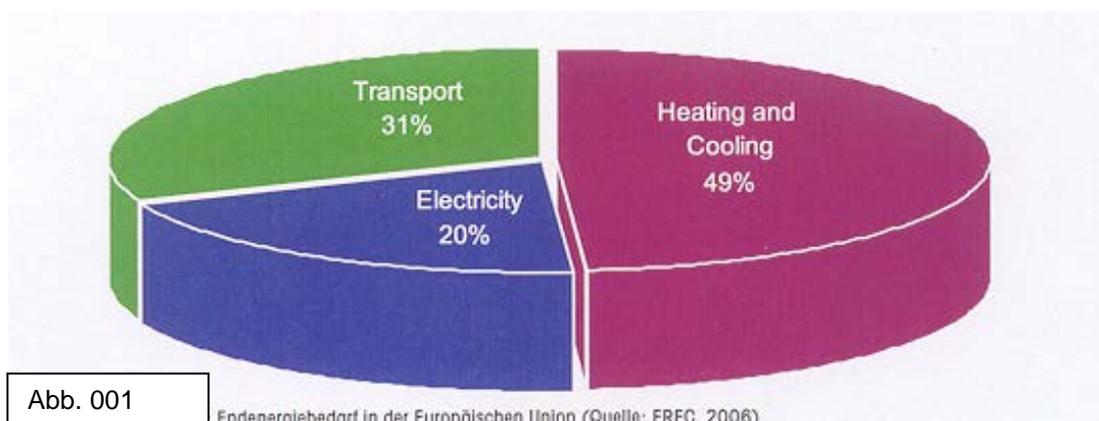
Die Weltgipfel für nachhaltige Entwicklungen mehrten sich mit dem Versuch der Fortschreibung internationaler Vereinbarungen zu nachhaltiger Entwicklung mit neuen Zeitzielen und Handlungsprioritäten zur Schaffung einer Klimakonvention, um den Anteil erneuerbarer Energien weltweit und zügig zu erhöhen.⁽⁰¹⁾

Deutschland gehört hierbei zu den treibenden Kräften in den internationalen Klimaschutzverhandlungen, wobei Deutschland gleichzeitig selbst ehrgeizige Minderungsziele verfolgt (Derzeit verursacht der Energieverbrauch in Deutschland 80 % der Treibhausemissionen).^{(02),(03)}

Die Durchsetzung der anspruchsvollen Klimaschutzziele ist unter der nunmehr zeitparallelen Bewältigung der Energiewende zu sehen und damit einer verantwortungsvollen und zügigen Umstellung der bisherigen Energieträger auf regenerative Energien und deren effiziente Nutzung!

Bei der solarthermischen Erzeugung von Wärme wird Sonnenstrahlung mittels Solarkollektoren in Wärme umgewandelt und direkt oder über Zwischenspeicher zur Brauchwassererwärmung, zur Heizungsunterstützung, für solare Prozesswärme, zur Einspeisung in Nahwärmenetze oder zur Kälteerzeugung mittels thermisch angetriebener Kältemaschinen genutzt.

Über die Hälfte (ca. 54 %) des Endenergieverbrauches in Deutschland wird heute zur Wärme- bzw. Kälteerzeugung eingesetzt.



Solarthermie kann in Kombination mit anderen erneuerbaren Energiequellen, insbesondere Biomasse, langfristig einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige, versorgungssichere und umweltgerechte Wärme- und Kälteversorgung leisten. Gegenwärtig beträgt ihr Anteil jedoch erst 0,4 % am Wärme-/Kälteverbrauch und ist zu über 90 % auf kleinen Anlagen in Ein- und Zweifamilienwohnhäusern konzentriert. Die Technologieentwicklung für Großanlagen zum Einsatz in mehrgeschossigen Wohngebäuden und Wohnsiedlungen in Verbindung mit langzeitwärmespeichern und Wärmenetzen wurde im Rahmen der bisherigen Forschungsförderung Solarthermie 2000 / 2000plus geschaffen und vielfach demonstriert. Künftig müssen Solarkollektoren großflächig in Dächer und Fassaden integriert

werden, um damit zunehmend auch bautechnische und architektonische Funktionen zu übernehmen. Wenn Niedertemperatur-Solarthermie und Energieeffizienztechniken konsequent und aufeinander abgestimmt eingesetzt werden, sind Niedrigst- bzw. Null-Energie-Häuser und Solaraktivhäuser technisch und wirtschaftlich umsetzbar.“⁽⁰⁵⁾

Im Zeitraum 1994 – 2003 wurden und werden im Bundesforschungsprogramm Solarthermie 2000 (TP 1-3) große solarthermische Anlagen wissenschaftlich-technisch begleitet. Damit wurde ein Beitrag zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung von thermischen Solaranlagen mit einer Kollektorfläche > 100 m² mit dem Ziel der Anwendungsförderung geleistet.

Am 27.02.2004 wurde auf der „Erneuerbaren Energie Tour“ in Neckarsulm durch den damaligen Bundesumweltminister Trittin das Konzept Solarthermie 2000plus vorgestellt.⁽⁰⁸⁾ Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit führte damit im Rahmen des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung die langfristig angelegten Forschungsaktivitäten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie im Niedertemperaturbereich mit neuen Schwerpunkten fort, wobei sich die Fördermaßnahmen auf erweiterte und neue Lösungen in der Solarthermie –Technik konzentrierte. Zielstellung war der Abbau von rechtlichen und organisatorischen Markteintrittsbarrieren, Leistung eines deutlich höheren Beitrags am Wärmemarkt und für einen wirksameren Klimaschutz zu leisten.⁽⁰⁹⁾

In seinem Referat anlässlich des IHK Unternehmertages am 05.11.2012 in Erfurt ermutigte Bundesumweltminister Altmaier ausdrücklich gerade im ländlichen Raum zur Energieselbsterzeugung und damit zur weitest gehenden Energieautarkie. Die intensivere Nutzung der Möglichkeiten der Solarthermie kann hierzu einen wirkungsvollen Beitrag leisten (Niedertemperaturprozesswärme / Sonnenhaustechnik / solare Klimatisierung / ...). Siehe dazu auch ⁽¹³⁾.

1.1 Zusammenfassung zum erreichten Stand nach Durchlauf der Projektphasen 1-3 (Laufzeit: 01.05.1994 – 30.08.2007) und Ausgangsbedingungen für die Durchführung der Phase 4 der wissenschaftlichen Programmbegleitung und des Messprogramms Solarthermie 2000/2000plus in Phase 4 (Laufzeit: 01.09.2007 – 31.03.2012):

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

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

Ziel des Programmes ist es u.a. im Ergebnis Hinweise für standardisierte Solaranlagenkonzeptionen für die Trinkwasservorwärmung für unterschiedliche Gebäudetypen zu geben, den Planungsaufwand zu reduzieren und die Anlagenzuverlässigkeit zu er-

höhen. Im Teilprogramm 2 sollen bis zu 100 große solarthermische Demonstrationsanlagen (Kollektorfläche > 100 m²) 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 mit dem Ende der Antragsstellung (zum 31.12.2002) 2004 aus. ⁽⁰⁸⁾

Die errichteten bzw. gegenwärtig noch in Realisierung befindlichen Anlagen wurden, 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 u.a. auch in Hessen und Niedersachsen durchgeführt.

Zur Zeit der Abfassung des Berichtes (August bis Dezember 2012 werden insgesamt 19+1 in die Förderung aufgenommene Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 3.426, m² betreut, von denen sich 19 in Betrieb und eine (Anlage Dessau) im Entscheidungsprozess zur weiteren Realisierung befinden.

Die Bearbeitung im Freistaat Thüringen innerhalb des Bundesprogrammes erfolgte (entsprechend der Förder-Zuwendungsbescheide) in vier 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

Projektphase 4 – Laufzeit: 31.09.2007 – 31.03.2012

- 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. ⁽¹⁰⁾
- 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 0329601J/6 ⁽¹¹⁾
- 1.1.3 Für die zum 31.09.2007 abgeschlossene Projektphase 3 wurde zum 07.04.2008 ein Abschlussbericht erstellt („Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie-2000/2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 3)“ Förderkennzeichen 0329601O ⁽¹²⁾

Bemerkung: In diesen Berichten sind die Arbeitsschritte:

Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes
Übersicht zur Durchführung des Arbeitsprogrammes
Detaillierte Beschreibung des Arbeitsprogrammes
Objektauswahl / Bewertung nach Ausschreibung
Installation der Systeme
erste Messphase / Systemoptimierung
zweite Messphase / Systemoptimierung
dritte Messphase / Systemoptimierung
Langzeitanalyse / Endanalyse

ausführlich beschrieben wurden, so dass diese im vorliegenden Bericht nur zusammengefasst und als aktualisierter Überblick wieder gegeben werden.

Bemerkung:

Teil 1 des vorliegenden Abschlussberichtes fasst in kompakter und übersichtlicher Form den (Gesamt-) Bearbeitungszeitraum vom 01.05.1994 – 31.08.2007 zusammen.

Grundlagen für Teil 1 sind für diesen Bericht:

der Forschungs- und Entwicklungsvertrag vom 04.08.1994 und seinen Zusatzverträgen 1 vom 15.03.1995, 2 vom 06.12.1995, 3 vom 21.05.1996, 4 vom 03.04.1997, 5 vom 29.09.1998, Änderungsbescheid zum 5. Zusatzvertrag vom 16.04.1999, 6 vom 31.09.1999;

die Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 09 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Haushaltsjahr 1999 vom 07.10.1999 und Änderungsbescheide vom 07.03.2000, 14.06.2000, 31.10.2000, 26.10.2001, 27.06.2002, 23.06.2003 und 25.06.2003;

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 Solarthermie 2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 3) vom 27.08.2003 und Änderungsbescheide vom 08.11.2005 und vom 08.08.2006.

Teil 2 des vorliegenden Abschlussberichtes fasst in kompakter und übersichtlicher Form den (Gesamt-) Bearbeitungszeitraum vom 01.09.2007 – 31.03.2012 / Ergebnisbewertung zum Gesamtzeitraum zusammen. Grundlagen für Teil 2 sind die Grundlagen bezgl. Teil 1 und für die Phase 4 für diesen Bericht:

Zuwendungsbescheid aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 16, Kapitel 1602, Titel 68321, Haushaltsjahr 2007, für das Vorhaben:

„Solarthermie2000plus:“Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000/2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 4)“ vom 13.06.2007 und Änderungsbescheide vom 04.09.2009, 20.04.2010, 14.02.2012.

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

1.2 Programmbeschreibung „Solarthermie-2000/2000plus“

Das ausgelaufene Förderprogramm Solarthermie-2000/2000plus war ein Förderprogramm mit insgesamt drei Teilprogrammen und auf eine Laufzeit von 10 Jahren ausgelegt mit der Zielstellung, die Weiterentwicklung der Systemtechnik intensiv anzuregen und damit schließlich zu Solaranlagen zu führen, die sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht werden und somit einen wichtigen Beitrag zu einer künftig verstärkten thermischen Nutzung der Sonnenenergie liefern können.

Generelles Ziel ist hierbei 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 in Vergleich zu anderen Energieträgernutzungen verbessert werden.

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

Aus diesem Grund wurde 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 erlaubten, die Integration solarer Systeme nicht nur bei Neubauten entsprechend dem neuesten Erkenntnisstand zu planen und zu realisieren. Zunehmend werden allerdings im Verlauf der Bearbeitung Neubauten als Ersatzbauten, z.B. in Krankenhäusern und neue Wohngebäude errichtet.

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

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

Das 4. Programm Energieforschung und Energieförderung (4.EPP) wurde 1996 vom damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMFT) veröffentlicht und bildete den Rahmen für die die deutsche Energieforschung für die Jahre 1996 – 2005.

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

Im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung wird der Weg zu einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energiezukunft gefordert. Innerhalb der Forschungsförderung des BMU sind in diesen Zusammenhang interessant die Pkte. 4.4 Niedertemperatur-Solarthermie einschließlich Wärmespeicherung.⁽⁰⁶⁾

Der erhebliche Beitrag hierzu, den die solarthermische Nutzung in Verbindung mit modernen Heizungssystemen (auch unter Biomassenutzung) bei der Deckung des Warmwasser/Heizungs- und Klimatisierungsbedarfs von Gebäuden und Versorgungssystemen beisteuern kann, wird durch das Programm Solarthermie-2000/2000plus mit seinen einzelnen thematisch abgegrenzten Teilprogrammen demonstriert.

1.3 Zusammenfassungen

1.3.1 Teil1:

Zusammenfassung zur Projektphase1: Laufzeit 01.05.1994 – 30.11.1999

Zusammenfassung zur Projektphase2: Laufzeit 01.12.1999 – 30.09.2003

(Abschlussberichte 0329601E und 0329601J/6)

Bemerkungen: zur Durchführung des Arbeitsprogrammes während der Projektlaufzeit. Das Messprogramm in Solarthermie2000/2000plus wurde entsprechend den Förderprojekt-Zielen so ausgelegt, dass nicht nur eine Ertragsbewertung bzw. Bestimmung der relevanten Kennwerte für das Solarsystem erfolgen soll, sondern vielmehr Aussagen zum Betriebsverhalten einzelner Systemkomponenten möglich sein sollen. Da gem. Konzeptzielsetzung (Erarbeitung von Richtlinien für die Systemgestaltung und Komponentenauslegung sowie –Weiterentwicklung im Hinblick auf die besonderen Anforderungen des Solarsystems) sehr detaillierte Einzelbetrachtungen der Komponenten notwendig sind, ist die Messtechnik sehr umfänglich und stellt hohe Anforderungen an deren Genauigkeit sowie der zeitlichen Auflösung der Messsignale.

1.3.1.1 Bearbeitungszeitraum 01.05.1994 – 30.11.1999 (Phase 1)

FKZ: 0329601E

Drittmittel / Zuwendung aus Bundesmitteln: 1.165.156,00 DM

äquivalent ► 595.734,80 €

In Projektphase 1 war wesentlicher Bestandteil des Arbeitsplanes:

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

Ergebniszusammenfassung zu Projektphase 1 (die ausführliche Berichterstattung enthält der Abschlussbericht zur Phase 1 veröffentlicht: Anfang 2000)⁽¹⁰⁾.

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

Aus diesen 43 Vorschlägen wurden nach gründlicher Prüfung 10 Anlagen nach Begutachtung durch die ZfS Hilden und Bestätigung durch den Projektträger realisiert.

Die realisierten Anlagen haben ein Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) in Höhe von (umgerechnet von DM in EURO) von 1.449.715,46 €

Am Ende der Laufzeit der Projektphase 1 befanden sich die nachfolgenden Anlagen im Messprogramm mit Übersicht zum Stand Solarer Energieertrag / System-nutzungsgrad / Garantieverfüllung (?):

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 001 – (Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: ✓ = aktueller Status

Die „Thüringer“ Anlagen in Phase 1 sind reine Anlagen zur Trinkwasservorwärmung /-erwärmung und diese wurden entsprechend der Programmvorgaben knapp ausgelegt und die Einbindung der Zirkulation überprüft.

Ausgewählte Beispiele:

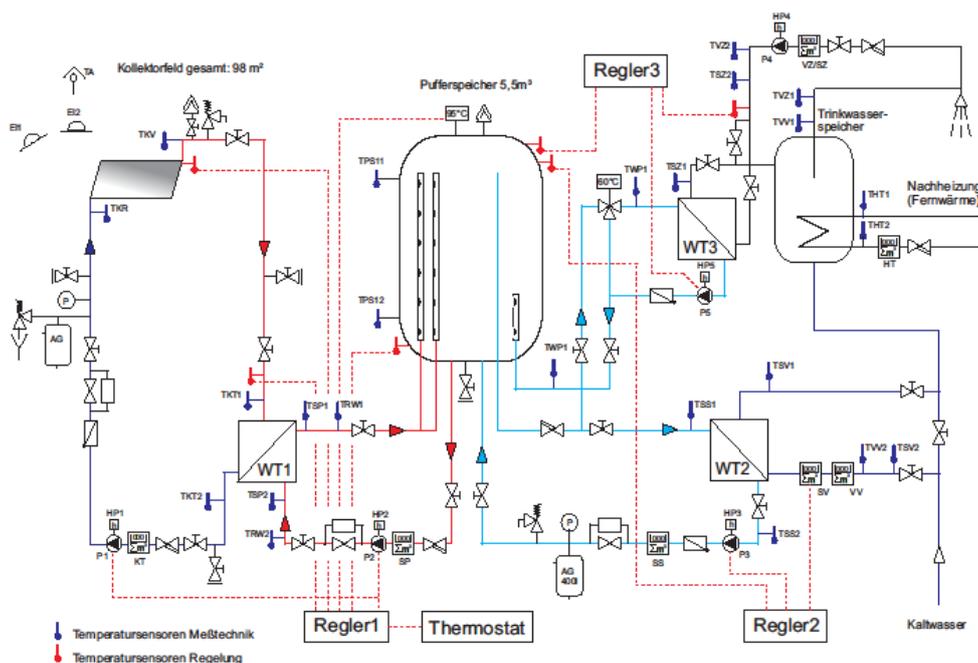


Abb. 002 Hydraulischeschema Solaranlage im Kreiskrankenhaus
 Neuhaus am Rennweg
 (Quelle: TU Ilmenau 1999)

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

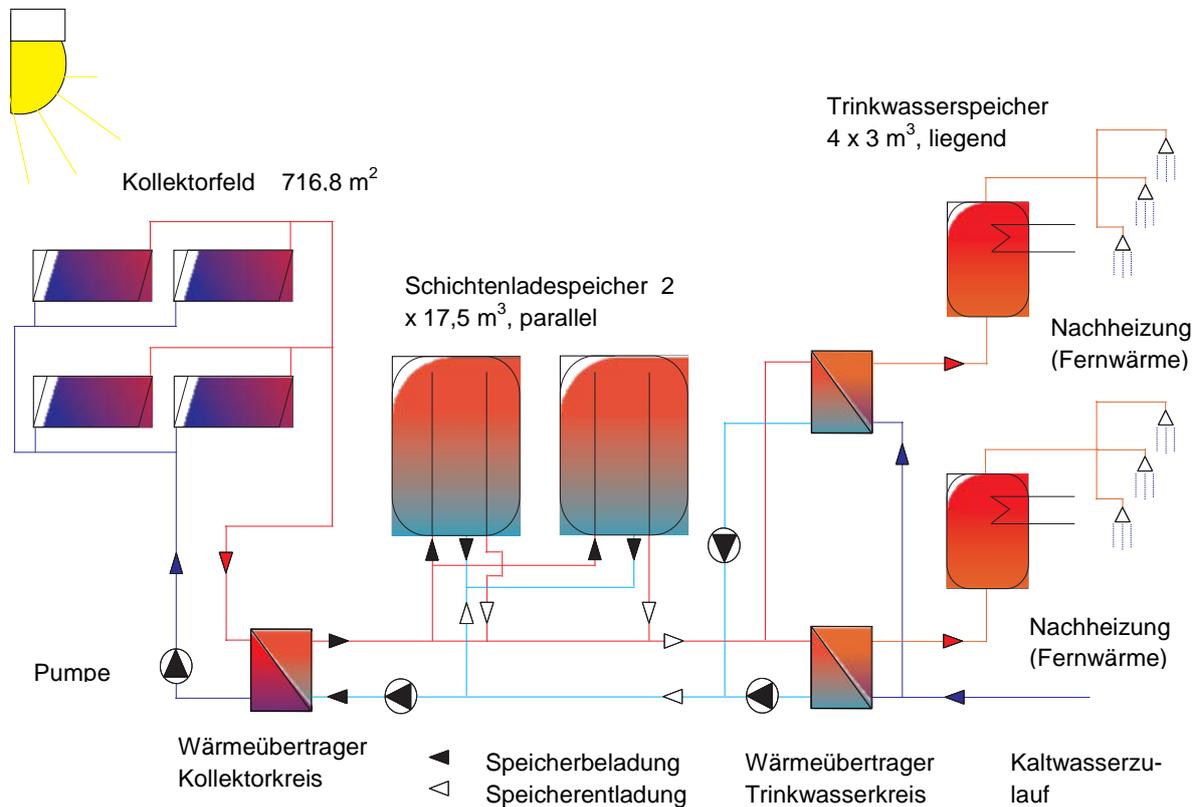


Abb. 003 Beispiel einer Standardanlage in Phase 1 (Vereinfachtes Schaltbild der
 Solaranlage im Südharzkrankenhaus Nordhausen (SHK))
 (Quelle: TU Ilmenau 1998)

1.3.1.2 Bearbeitungszeitraum 01.12.1999 – 30.09.2003 (Phase 2)

FKZ: 0329601J/6

Zuwendung aus Bundesmitteln: 860.210,00 DM
äquivalent ► 439.818,39 €

In Projektphase 2 war wesentlicher Bestandteil des Arbeitsplanes:

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

Ergebniszusammenfassung zu Projektphase 2 (die ausführliche Berichterstattung enthält der Abschlussbericht zur Phase 2 veröffentlicht: März 2004)⁽¹¹⁾:

In Auswertung der Bearbeitung von infrage kommenden Projekten und deren Überleitung in die vorläufige Aufnahme in das Programm ST2000 aus der Phase 1 wurden bereits im Vorfeld strengere Maßstäbe angelegt, so dass sich die Anzahl der dann weiter zu bearbeitenden Projekte minimierte, wobei sich aber gleichzeitig deren Chancen auf Projektaufnahme deutlich steigerten.

Von den Vorschlägen wurden nach gründlichen Prüfungen 5 Anlagen realisiert. Die realisierten Anlagen haben ein Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) in Höhe von (umgerechnet von DM in EURO) von 902.620,87 €.

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

Laufende Nr. in Thüringen/ in Solarthermie 2000	Status/Anlage	Realisierung/ Probebetrieb	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 002 – (Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: √ = aktueller Status

Die Anlagen der Phase 2 zeichnen sich aus durch die zunehmende Realisierung Einsatz) in Wohngebäuden und der zunehmenden Komplexität der Anlagen.

Ausgewählte Beispiele:

0329603 R Weißenfels Trinkwassererwärmung für 160 Wohnungen in vier Gebäuden. Das Kollektorfeld wurde realisiert als Überdachung eines Wäschetrockenplatzes vor den Gebäuden. Der drucklose Schichten-Wärmespeicher aus Glasfaser Verstärkten Kunststoffen (GFK) ist im Freien aufgestellt. Das Trinkwasser wird dezentral erwärmt und über vier Stationen an das Netz übergeben (Abb. 002)

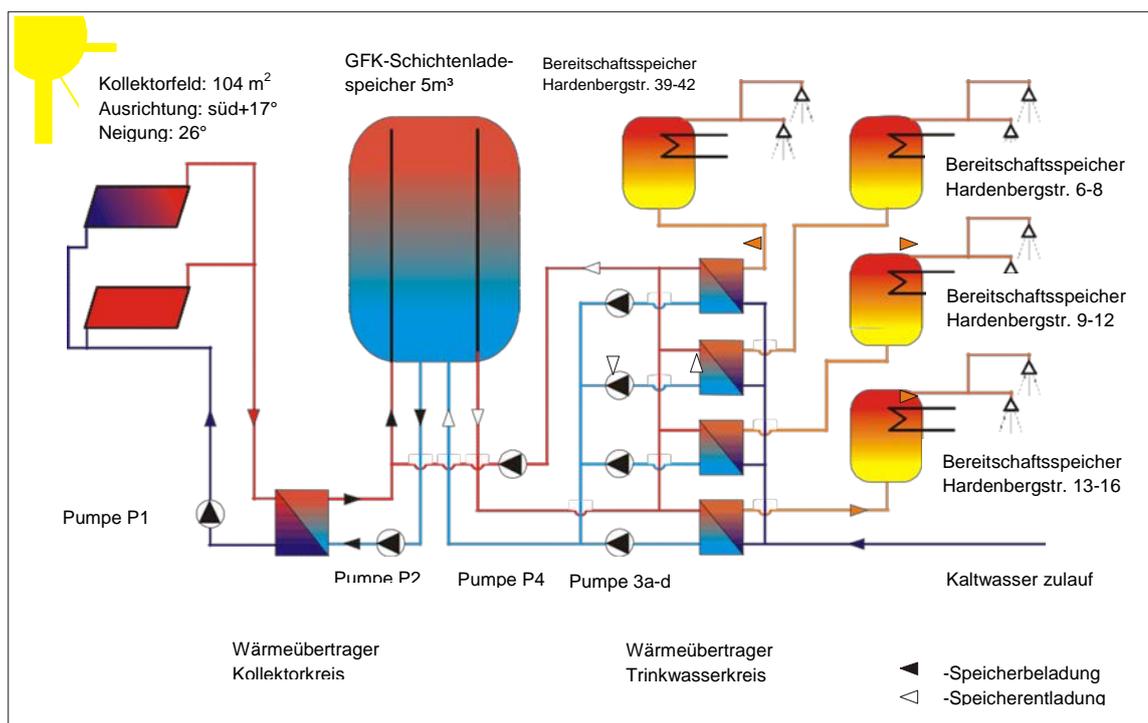


Abb. 004 Beispiel einer Standardanlage in Phase 2 (Vereinfachtes Schaltbild der Solaranlage Wohngebäude Kugelberg Weißenfels) (Quelle: TU Ilmenau 1998)

- 0329604A **Bad Frankenhausen – Reha-Klinik**
 Trinkwassererwärmung / Schwimmbeckenerwärmung / Heizungsunterstützung Die thermische Solaranlage besteht aus zwei Teilfeldern und die gesamte Solaranlage besteht aus drei Teilanlagen:
- Klassische Brauchwasservorwärmanlage
 - Schwimmbeckenwassererwärmung
 - Heizungsunterstützung

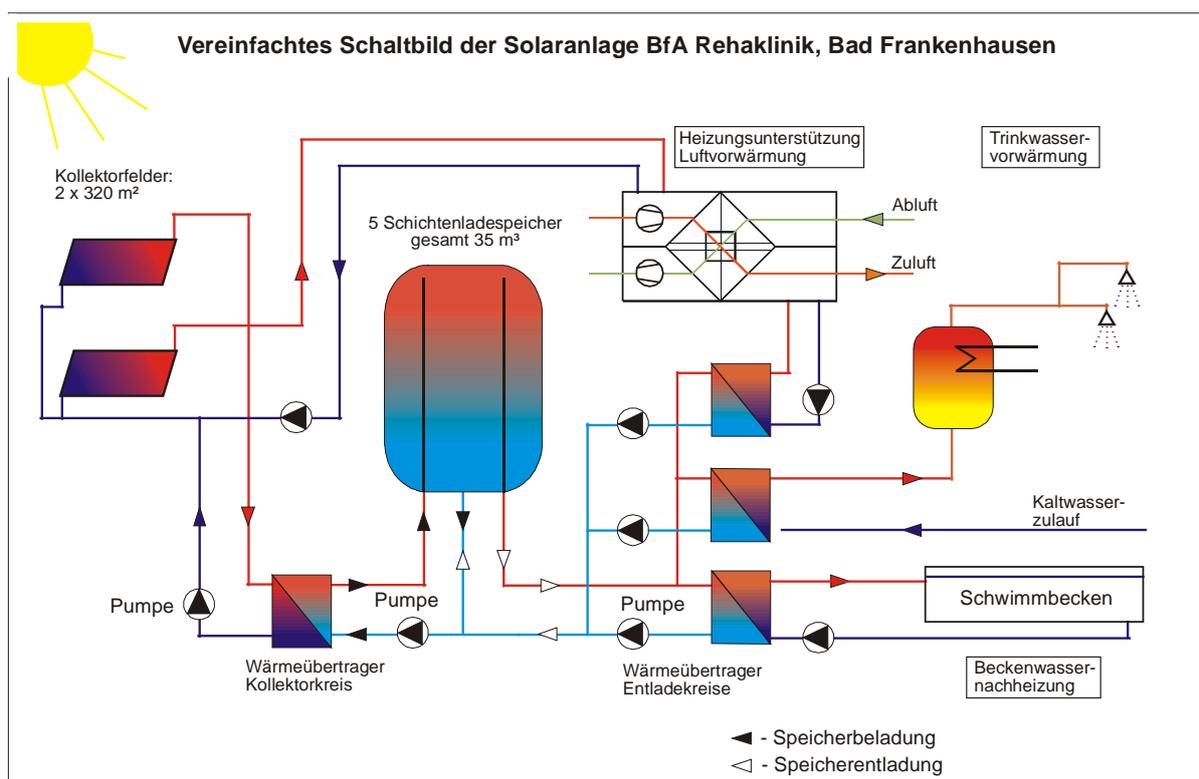


Abb. 005 Beispiel: Klassische Brauchwasservorwärmanlage & Beckenwassererwärmung & Heizungsunterstützung
 Bad Frankenhausen Deutsche Rentenversicherung Bund
 (Quelle: TU Ilmenau 2003)

Weitere Anlagen in Projekt-Phase 2:

- 0329603W **Weimar – Wohngebäude Warschauer Straße**
 Trinkwassererwärmung für 198 Wohnungen in einem Hochhaus. Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach des Hochhauses aufgeständert, quasi als „Sonnensegel“

0329603X Gera – Wohngebäude Eiselstraße
Trinkwassererwärmung für 96 Wohnungen. Das Kollektorfeld wurde quasi als Solar Roof genutzt für die Realisierung / Errichtung eines Penthouses auf dem Dach des Wohngebäudes, wobei die Trinkwassererwärmung unmittelbar an der Warmwasserbereitungsstation erfolgt.

0329603Y Oberhof – Staatliches Sportgymnasium
In die Gestaltung der Glasfassade des Heizhauses wurde das vertikal angeordnete Kollektorfeld integriert. Zwei bereits vorhandene Pufferspeicher mit jeweils 50 m³ Speichervolumen konnten in der Solaranlage weiter verwendet werden. Mit der Solaranlage erfolgt die Trinkwasservorwärmung und die Heizungsunterstützung.

1.3.1.3 Bearbeitungszeitraum 01.12.2003 – 31.08.2007 (Phase 3)

FKZ: 0329601O

Zuwendung aus Bundesmitteln: 1.221.655,67 DM
äquivalent ► 623.666,00 €

In Projektphase 3 war 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 Hilden und den im Programm beteiligten Hochschulen
- Betreuung der Anlage in der erweiterten Langzeitmessphase (Bestandspflege und Funktionserhalt unter zumutbarem Aufwand)
- Änderung und eventuell Neukonzipierung von Anlagenkomponenten nach Ausfällen oder ungenügender Funktion (Regelungstechnik / Messwerterfassungssysteme, etc.)
- Begleitende Forschung (Untersuchung des Einflusses von Schadstoffen auf Solarkomponenten / Weiterentwicklung thermischer Be- und Entladesysteme / Vermessung und Auswertung der innerhalb Solarthermie2000 sich in Betrieb befindlichen GFK-Wärmespeicher / Entwurf effizienter Lösungen für solargestützte Nahwärmeversorgungssysteme mit Zweileitersystemen und Wohnungsübergabestationen).

Ergebniszusammenfassung zu Projektphase 3 (die ausführliche Berichterstattung enthält der Abschlussbericht zur Phase 3 veröffentlicht: 10.04.2008)⁽¹²⁾:

In Auswertung der Bearbeitung von infrage kommenden Projekten und deren Überleitung in die vorläufige Aufnahme in das Programm Solarthermie2000 aus den Phasen 1+2 wurden bereits im Vorfeld noch strengere Maßstäbe angelegt, so dass die Anzahl der dann weiter zu bearbeitenden Projekte verringerte. Die Aufnahmechancen in das Programm aber gleichzeitig stiegen, wobei die neuen Anforderungen seitens Solarthermie2000plus (Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung / solare Klimatisierung / solare Nieder-temperatur-Prozesswärme) entsprechende Berücksichtigung fanden.

Von den Vorschlägen wurden nach gründlichen Prüfungen 5 Anlage aufgenommen und realisiert mit einem Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) von 1.245.800,00 €

Die realisierten Anlagen haben ein Gesamtvolumen (Systemkosten + Planungskosten + MWSt.) in Höhe von (umgerechnet von DM in EURO) 1.245.800,00 €

Am Ende der Laufzeit der Projektphase 3 befanden sich nachfolgende Anlagen im Messprogramm und haben die Garantiebedingungen des Programms bereits erreicht (Solarer Garantiertrag / 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 003 – (Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: √ = aktueller Status, * Realisierung, ** Probebetrieb, *** Antrag / Planungsphase (...) Jahr der Erfüllung

Die Anlage in der Phase 3 zeichnen sich durch zunehmende Komplexität der Anlagentechnik / solargestützte Wärmeversorgungen von Gebäudekomplexen / solarautarke Klimatisierungen / solargestützte Wärmeversorgung und Klimatisierung eines umgenutzten ehemaligen technischen Denkmals.

Ausgewählte Beispiele:

0329604G Jena – Heimstätten Genossenschaft Jena e.G. – Stadtvillen
 Durch die Heimstätten Genossenschaft e.G. wurden in Jena 4 Stadtvillen mit gehobener baulicher Ausstattung und innovativer Beheizung errichtet.

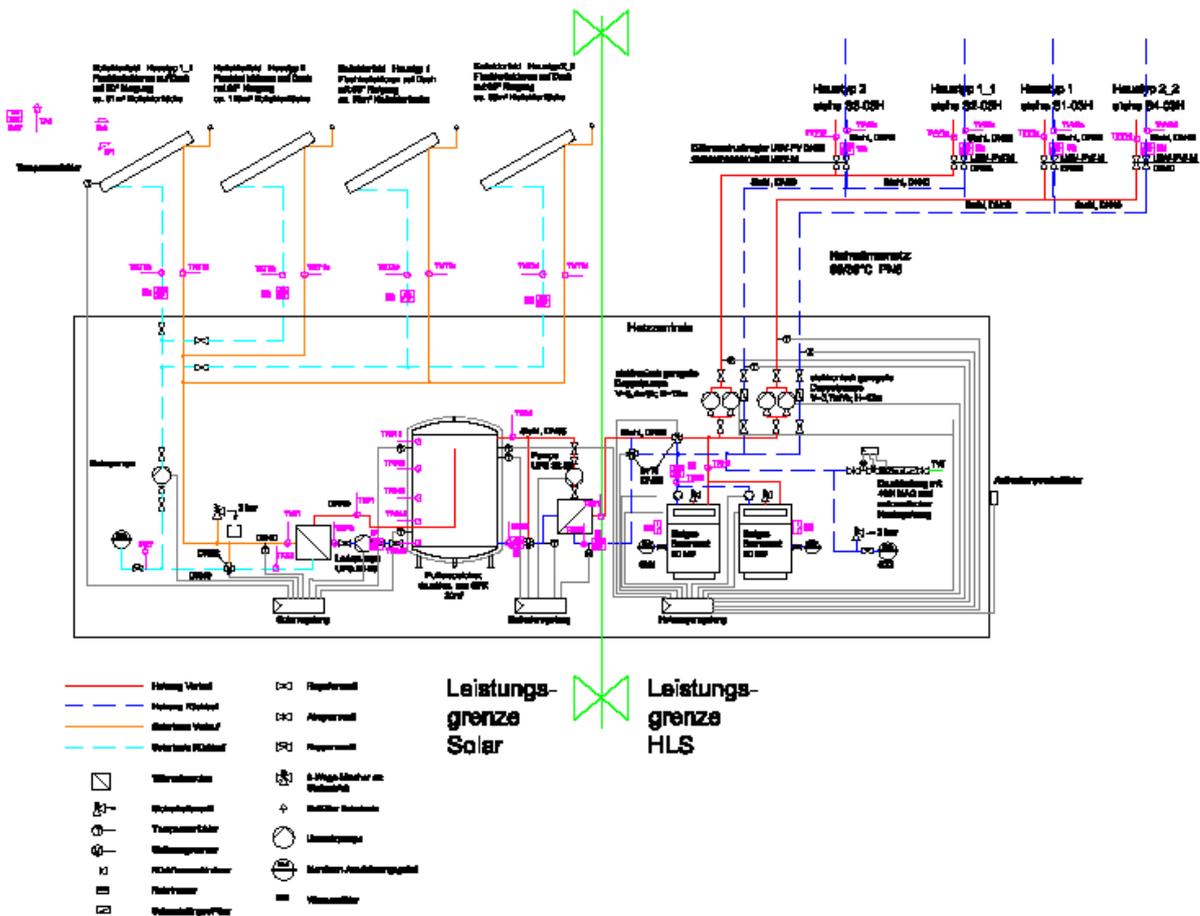


Abb. 006 Hydraulikplan – solargestützte Nahwärmeversorgung Stadtvillen Jena - Vereinfachtes Schaltbild (Quelle: AEP 2007)

0329605E Fürth – Bürogebäude der iba AG Fürth
 Bei dem Modellprojekt handelte es sich um die Implementierung und Erprobung eines Anlagensystems zur solarautarken Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in einem mittelständischen Betrieb mit Büronutzung. Dieses Konzept greift den bisher vernachlässigten Aspekt der Klimaveränderung, nämlich die Kühlungsproblematik, auf und strebt damit Nachhaltigkeit im umfassenden Sinn an.
Bemerkung / Hinweis: Betreuung und Monitoring nach der Inbetriebnahme erfolgte nicht durch die Projektgruppe der TU Ilmenau!

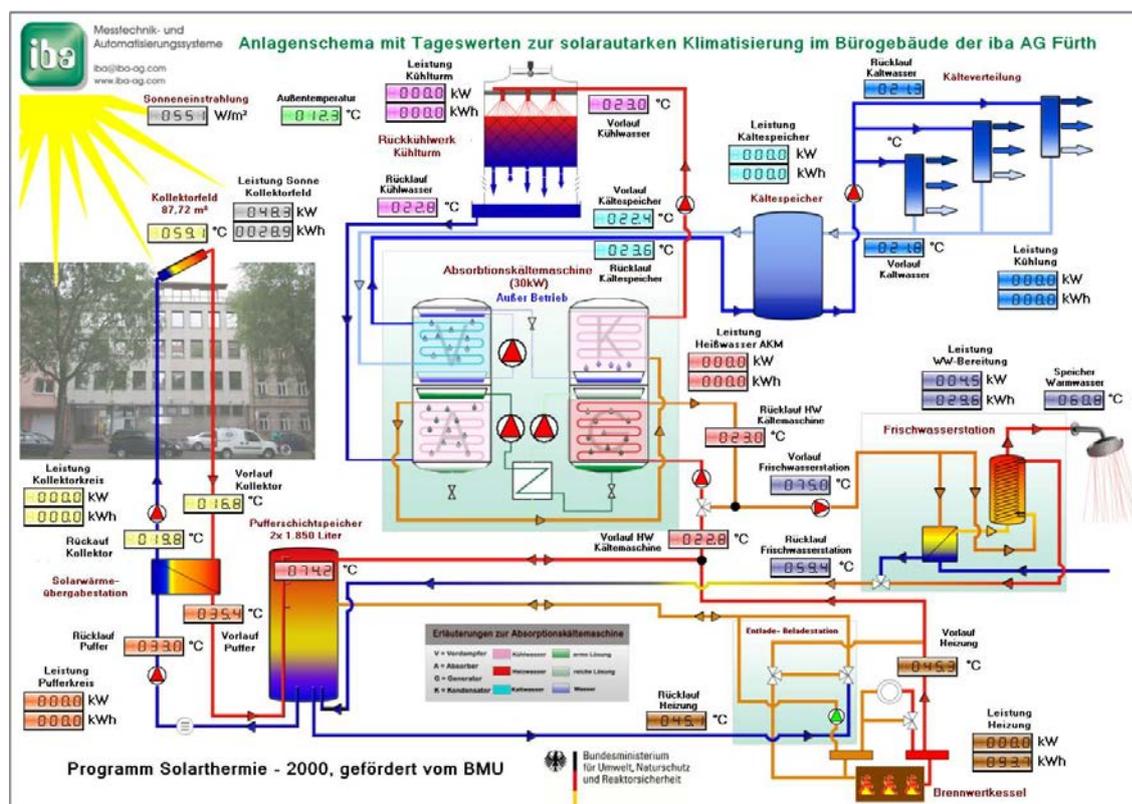


Abb. 007 Anlagenschema der solarautarke Klimatisierung des Bürogebäudes der iba AG Fürth (Quelle: iba AG 2010)

0329604D Harsberg – Jugendherberge
 Im Jahre 2004 wurde mit der kompletten Sanierung und Umbau des ehemals militärisch genutzten Objektes begonnen. Bestandteil der Sanierung war auch die Energieversorgung des Gesamtobjektes. Bei der Erstellung des Energiekonzeptes wurde von Anfang an auf eine nachhaltige und umweltschonende Wärmeversorgung geachtet. Folgerichtig wurde in 2006 eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Gesamtwärmeversorgung errichtet und in Betrieb genommen.

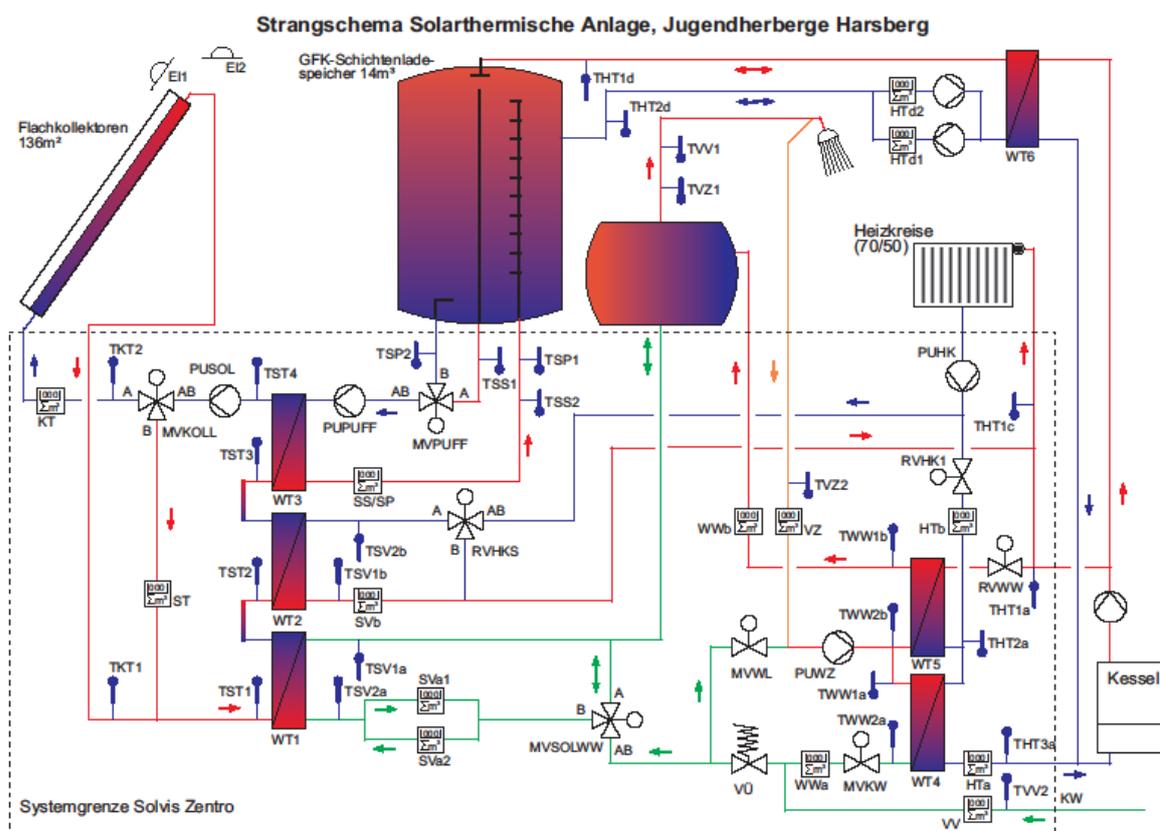


Abb. 008 Solarthermische Anlage Jugendherberge Harsberg - Anlagenschema
 (Quelle: TU Ilmenau 2008)

0329604J Ilmenau – Wohnanlage Sophienhütte

Projektziele:

- Zweileiternetz mit konstant 55°C Vorlauftemperatur, extrem geringe Zirkulation, RL-Temperatur <35°C
- Wohnungsanschlussstationen ohne Fremdenergie, dezentrale Trinkwassererwärmung in den einzelnen Wohnungen
- Niedertemperaturheizung ohne Mischventil und Umwälzpumpe, ein Plattenheizkörper in Reihenschaltung vor der Fußbodenheizung erzeugt das notwendige $\Delta T > 10K$ für die Eingangstemperatur der Fußbodenheizung
- KfW Energiesparhaus 60, d.h. < 60kWh/m²a Wohnfläche für Heizung und WW-Bereitung
- Dachintegriertes Flachkollektorfeld, auf Maß gefertigte Kollektoren, Integration von 8 Wohndachfenstern in das Kollektorfeld

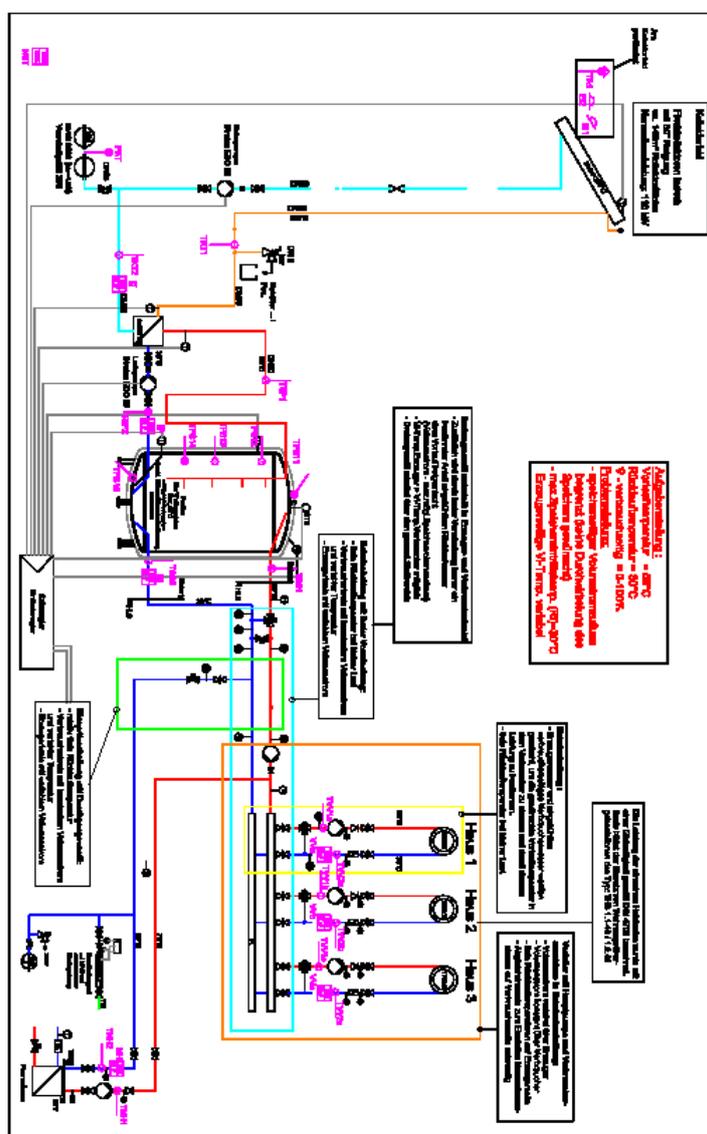


Abb. 009 Solarthermische Anlage Wohnanlage Sophienhütte Ilmenau – Anlagenschema (incl. Messstellenschema) (Quelle: TU Ilmenau 2010)

0329604K Dessau – Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung einer ehemaligen Brauerei
 Eine solarthermische Großanlage mit 500 m²-Kollektorfläche und zwei Holzpelletkesseln mit jeweils 500 kW Wärmeleistung sind das Herzstück der neuen Wärmeversorgung. Zur CO₂-freien Wärme von der Sonne kommt hier das Heizen mit Holz. Das schont die Umwelt und sichert heimische Arbeitsplätze. Im Gegensatz zur Verbrennung von fossilen Brennstoffen, z. B. Heizöl und Gas wird hier kein zusätzliches CO₂ frei gesetzt.
Bemerkung: Die Anlage ist im Wesentlichen realisiert; die Adsorptionskältetechnik ist in Betrieb.

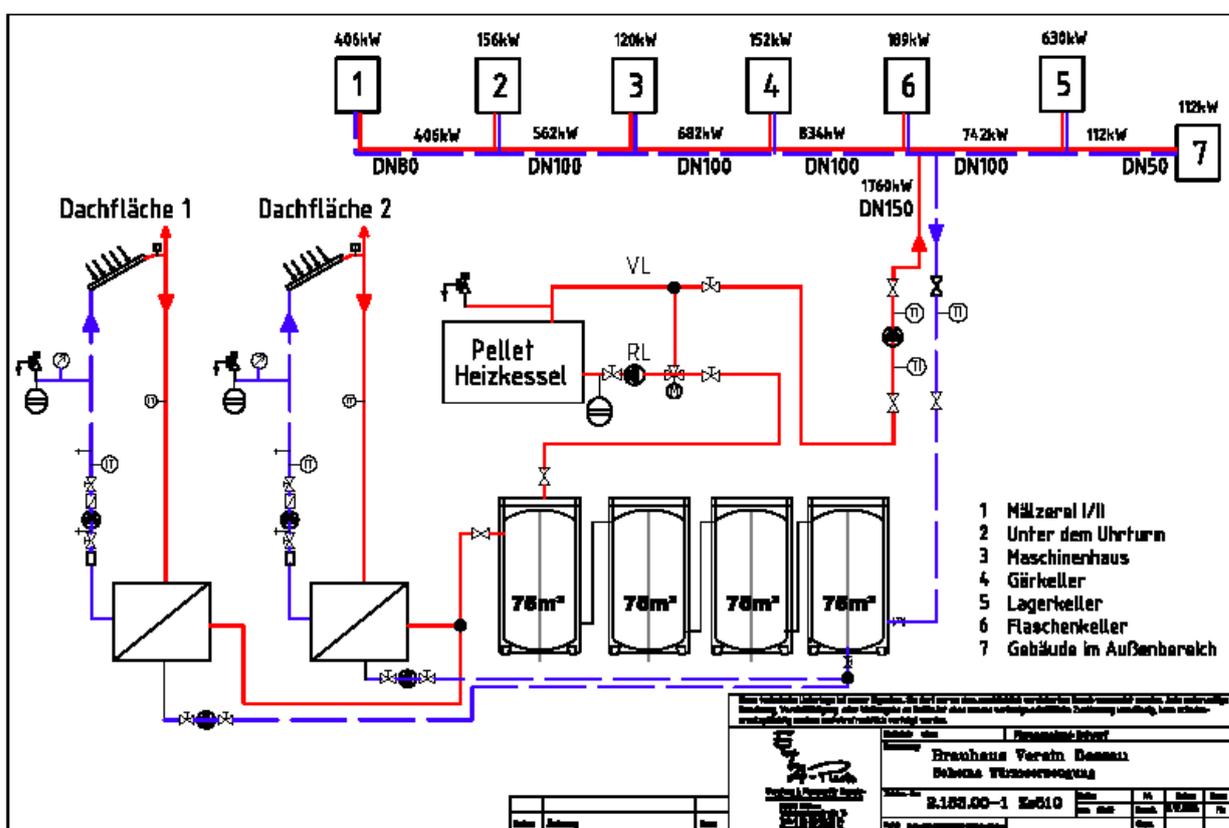


Abb. 010: Dessau - Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung / Anlagenschema
 (Quelle: eta plus 2010)

1.3.1.4 Bearbeitungszeitraum 01.09.2007 bis 31.03.2012 (Phase 4)

Die Solaranlagen zum Ende der Gesamtprojektlaufzeit sind in Ihrer Auslegung als Nahwärmeversorgungssysteme sehr komplex. Hier erfolgt die Einbindung in Gesamtversorgungssysteme in Verbindung mit biomassebasierter Fernwärme (Wohnanlage Sophienhütte Ilmenau) oder Wärmeerzeugung mittels in das System integrierter Biomassekessel (Wärmeversorgung Dessau). Ein weiterer Beitrag zur CO₂-Minderung ist der Ersatz von Kompressoranlagen zur Klimatisierung durch solargestützte Absorptions- und Adsorptionstechnik (iba Fürth / Klimatisierung Dessau). Der positive Einsatznachweis zur Erhöhung der Effizienz des Solarsystems durch die Einführung eines 2-Leitersystems mit abgesenkten Rücklauftemperaturen zur Minderung der Absorbentemperaturverluste im Solarkollektor und der Optimierung des Wärmespeichers im Gesamtsystem (Ilmenau Wohnanlage Sophienhütte) konnte mit Nachweis der Erreichung der Garantiebedingungen erbracht werden.

Bei entsprechendem Temperaturniveau im Sekundärsystem erwies sich auch die Kombination einer knapp bemessenen Solaranlage mit einem relativ großen Wärmespeicher zur Heizungsunterstützung als sinnvoll (Solaranlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof). Das erreichte Temperaturniveau im Wärmespeicher reichte zur Heizungsunterstützung der Fußbodenheizsysteme aus und Anlagenstillstände im Sommer konnten vermieden werden.

Am Ende der Gesamt- Projektlaufzeit befanden sich nachfolgende Anlagen im
Messprogramm:

Laufende Nr. in Thürin- gen/ Solar- Thermie 2000/2000+	Status/Anlage	Antragstel- lung/ Rea- lisierung/ Probebe- trieb	1. Messpe- riode (MP)	2. Messpe- riode (MP)	3. Messpe- riode (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 Fran- kenhausen	√	√	√	√	√(04)	√
15/57	03Y Oberhof**	√	√	√	√	√(11)	n
16/61	04D Harsberg**	√	√	√(11)			
17/.....	05E Fürth	√	√(09)				****
18/62	04G Jena Stadtvil- len*	√	√(11)				
19/.....	04J Ilmenau So- phienhütte	√	√(10)				√
20/.....	04K Dessau*****	√					

Tabelle 004 – aktueller Stand bei Berichtsabfassung 11/2012

(Quelle: TU Ilmenau 2008) – Erläuterung: √ = aktueller Status, * Realisierung, ** Probebetrieb,
*** Antrag / Planungsphase (...) Jahr der Erfüllung / **** Betreuung nach Inbetriebnahme und
Auswertung erfolgt nicht durch die TU Ilmenau ! / ***** bisher erfolgte keine
Anlageninbetriebnahme

2.0 Zusammenfassungen / Teil 2

2.1 Zusammengefasste Arbeitsbeschreibung, Ergebnisdarstellung und -Bewertung (Die Darstellung erfolgt in chronologischer Reihenfolge.)

2.1.1 Solaranlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena-Lobeda (FKZ 0329602C)

Inbetriebnahme:	April 1996
Kollektorfläche aktiv:	201 m ²
Pufferspeicher:	2 x 6 m ³

Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach des Versorgungstraktes aufgeständert. Die Systemtechnik ist in ebendiesem Gebäude im Heizungskeller untergebracht. Es wird das benötigte Warmwasser der Küche, der Funktionsräume sowie des Bettenhauses solar vor- bzw. erwärmt. Die Wärmeübergabe erfolgt im Durchlaufprinzip. Der die Entladeregulierung steuernde Strömungsschalter fiel wiederholt aus und verursachte Ausfallzeiten. Aus diesem Grund wird im Jahr 2001 die Anlage mit dem erstmals zur Verfügung stehenden solarthermischen Entladeregler ‚Enreg1‘ ausgerüstet.

Bei der ersten im Forschungsprogramm Solarthermie2000 in Thüringen in Betrieb genommene Anlage zeigte sich (gleich) die Notwendigkeit einer detaillierten Überwachung derart großer solarthermischer Anlagen. In der ersten Ertragssaison kam es wiederholt zu Ausfällen bzw. Störungen in der Anlage oder deren Komponenten. Durch die intensive messtechnische Überwachung konnten längere Ausfälle und damit verbundene Stillstandzeiten vermieden werden.

Der Garantieertrag des ersten Messjahres konnte dann nur erreicht werden, indem die Ausfallzeiten nicht berücksichtigt wurden. Das zweite Garantiejahr wurde bestanden und das dritte Garantiejahr nur knapp nicht bestanden.

Der Jahressystemnutzungsgrad welcher den Gesamtwirkungsgrad der Anlage repräsentiert, zeigt während der 15-jährigen Überwachung starke Schwankungen. Eine optimale Wärmeübergabe an den/die Verbraucher ist besonders in den Sommermonaten wichtig. Kommt es in dieser Zeit zu Störungen, hat das erhebliche Auswirkungen auf den Systemnutzungsgrad. Wird die Wärme nicht abgenommen geht die Anlage in den Stillstand. Der Systemnutzungsgrad wird 0. Im Falle der Anlage Jena gab es in der Betriebszeit Störungen am Strömungsschalter, am Entladewärmetauscher sowie wiederholt am Volumenzähler im Kaltwasserkreis.

Die Anlage ist aktuell in Betrieb. Es finden regelmäßige Wartungen durch eine Fachfirma statt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.2 Solaranlage Senioren - und Pflegeheim Pößneck (FKZ 0329602J)

Inbetriebnahme:	Januar 1997
Kollektorfläche aktiv:	118 m ²
Pufferspeicher:	5,8 m ³

Die Solaranlage des Pflegeheimes Pößneck wurde parallel mit der Errichtung und Fertigstellung des Gebäudes realisiert. Die relativ kleinen zur Verfügung stehenden

Dachflächen führten zu einer Aufteilung des Kollektorfeldes in drei Teilfelder. Zwei Teilfelder mit Ausrichtung Südwest und ein Teilfeld mit Ausrichtung Südost. Die Kollektoren sind klassisch „Aufdach“ montiert. Die Anlage versorgt die Hausküche und die Zimmer mit Warmwasser. Die Vorwärmung im Durchlaufprinzip wird von einem speziell parametrisierten Solvis SI Control realisiert. Die Erfassung des Warmwasserverbrauches erfolgt hier über Temperaturgradienten, welche eine Pulssteuerung der Entladepumpe bewirken. Diese Entladeregulung funktioniert jedoch keineswegs optimal.

Die Anlage hat in allen drei Garantieertragsjahren den geforderten Ertrag erbracht. Trotzdem muss festgestellt werden, dass der Systemnutzungsgrad mit knapp 30% vergleichsweise niedrig ist. Zwei Ursachen können dafür genannt werden: 1. Zusammen mit dem geringer als geplanten Warmwasserverbrauch und der flachen Neigung der Kollektoren kommt es häufiger zu sommerlichen Stillstandzeiten. 2. Die oben angesprochene Entladeregulung funktioniert nicht optimal. Damit wird weniger Wärme an das zu erwärmende Trinkwasser abgegeben.

Die Anlage ist nach aktuellem Kenntnisstand nur eingeschränkt in Betrieb. Problem ist die Entladeregulung. Diese funktioniert derzeit nur eingeschränkt oder gar nicht. Die Anlage wird nicht regelmäßig gewartet. Eine Fachfirma wird bei Bedarf hinzu gezogen. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.3 Solaranlage Kreiskrankenhaus Neuhaus

(FKZ 0329602G)

Inbetriebnahme:	August 1997
Kollektorfläche aktiv:	98 m ²
Pufferspeicher:	5,5 m ³

Das Kollektorfeld der Solaranlage Neuhaus ist auf dem Flachdach des Versorgungsbauwerkes (Küche, Gaststätte, Wäscherei) aufgeständert. Die Systemtechnik ist im Keller des angrenzenden Polyklinikgebäudes untergebracht. Die Ständerkonstruktion des Feldes wird mit Betonplatten auf dem bekiesten Flachdach verankert. Dies ist umso erstaunlicher als bekannt ist, dass Neuhaus an sehr windbelasteter Lage, direkt am Rennsteig liegt. Bisher kam es nur einmal zu einem Schaden am Kollektorfeld, der auf Sturmwindwirkung zurückzuführen ist. Wesentlich ausgeprägter als in anderen vergleichbaren Anlagen sind die winterlichen Stillstandzeiten, welche auf ein mit Schnee bedecktes Kollektorfeld zurückzuführen sind. Diese betragen in Neuhaus im Durchschnitt 8 Wochen.

Die Anlage erfüllte von Anfang an die Garantieerträge und läuft seit Inbetriebnahme weitgehend störungsfrei. Mit der solar gewonnenen Wärme kann der Warmwasserbedarf des gesamten Objektes gedeckt werden. Da abzusehen war, dass der Warmwasserbedarf des Hauses abnehmen wird (Reduzierung der Bettenzahl) wurde in Neuhaus erstmals die solare Nachheizung des Zirkulationsrücklaufes realisiert. Auch in Neuhaus wird die solare Erwärmung des Trinkwassers im Durchlaufprinzip realisiert. Ebenso wie in Pöbneck war hierfür der Einsatz des Reglers Solvis-SI-Control geplant. Der Anlagenerrichter hat aufgrund massiver Probleme bei der Entladeregulung auf ein eigens für dieses Entladekonzept zugeschnittenes Reglermodul umgerüstet. Dieses Modul ist die Grundlage für den später verfügbaren solaren Entladeregler ‚Nreg1‘, welcher in (vielen) später er-

richteten Anlagen zum Einsatz kam. Die Anlage hatte über viele Jahre einen sehr guten Systemnutzungsgrad von über 40%. In den letzten Jahren ist dieser, aufgrund des geringer werdenden Wasserverbrauches im Objekt, stark zurückgegangen. Die Anlage läuft nach aktuellem Erkenntnisstand gut. Der geringe Wasserbedarf veranlasst den Betreiber nach zusätzlichen Wärmeabnehmern für die Solaranlage zu suchen. Dazu wurde die Hilfe der TU-Ilmenau angefragt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.4 Solaranlage Wohngebäude Leinefelde (FKZ 0326902Y)

Inbetriebnahme:	März 1999
Kollektorfläche aktiv:	164 m ²
Pufferspeicher:	7 m ³

Erstmalig im Forschungsprogramm Solarthermie2000 in Thüringen ging eine große Solaranlage aus dem Programm für ein Wohngebäude in Betrieb. Die insgesamt 164 m² Kollektorfläche sind auf dem Flachdach eines sanierten Plattenbaus aufgeständert. Für die Systemtechnik stand ein Raum im Keller des Gebäudes zur Verfügung. Um den begrenzten Raum für die Hydraulik sowie den Pufferspeicher optimal nutzen zu können, wurde beschlossen einen drucklosen, Kellergeschweißten Speicher mit quadratischem Querschnitt einzusetzen. Der drucklose Betrieb des Speicherkreises machte in den folgenden Betriebsjahren immer wieder Probleme. Zumeist waren durch den erhöhten Schwebestoffanteil die Filter bzw. der Wärmetauscher zugesetzt. Des weiteren war der offene Überlaufbehälter nicht korrekt in das hydraulische System eingebunden, so dass sich die Anlage im Laufe der Zeit selbst „leerpumpte“. Die mit der Wartung beauftragte Heizungsfirma hat, nicht zuletzt mit Hilfe der TU-Ilmenau, die Problemstellen erkannt und hält die Anlage seit vielen Jahren in Betrieb. Das Warmwasser für die Bewohner des Hauses wird im Durchlaufprinzip erwärmt. Ursprünglich war für die Steuerung der Entladepumpe ein „Solvis SI-Control“ Regler eingesetzt. Auch hier erwies sich der Regler als ungeeignet. Im Sommer 2001 wird ein Entlademodul, welches auch in Neuhaus, Nordhausen und per Umrüstung in Jena zum Einsatz kam, nachgerüstet.

Die beschriebenen Umstände / Probleme führten dazu, dass die Anlage in den ersten beiden Garantiemessjahren nicht optimal betrieben werden konnte und damit der Garantieertrag nicht erreicht wurde. Im dritten Garantiemessjahr wurde der Garantieertrag dann problemlos erreicht.

Die Anlage ist nach aktuellem Kenntnisstand in Betrieb. Eine ortsansässige Heizungsfirma ist mit der Wartung der Anlage beauftragt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.5 Solaranlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (FKZ 0329602U)

Inbetriebnahme:	November 1998
Kollektorfläche aktiv:	717 m ²
Pufferspeicher:	2 x 17,5 m ³

Mit 717 m² Kollektorfläche ist die Anlage in Nordhausen eines der großen solarthermischen Systeme im Programm Solarthermie2000 und die größte Anlage in

Thüringen. Die besondere Herausforderung war die, dass keine Großkollektoren zum Einsatz gekommen sind. Das Feld besteht aus 280 aufgeständerten Kollektoren auf dem Technikgebäude und der angrenzenden Klinikapotheke. Die Systemtechnik fand im Technikgebäude Platz. Die Anlage versorgt das gesamte Objekt mit Warmwasser. Der Tagesbedarf liegt im Durchschnitt bei 40 m³/d.

Die Garantierträge wurden von Anfang an weit übererfüllt.

Auch in Nordhausen wird das Warmwasser im Durchlaufverfahren erwärmt. Da die Anlage von der gleichen Fachfirma wie in Neuhaus errichtet wurde, wurde zur Entladeregulierung das oben beschriebene Reglermodul eingesetzt.

Die Anlage ist nach aktuellem Kenntnisstand in Betrieb. Es ist nicht bekannt ob regelmäßige Wartungen durchgeführt werden. 2007 / 2008 wurde die gesamte Warmwasserbereitung erneuert. Das Solarsystem wurde dabei nicht verändert.

2.1.6 Solaranlage Krankenhaus Hettstedt

(FKZ 0329602W)

Inbetriebnahme: Dezember 1998

Kollektorfläche aktiv: 203,2 m²

Pufferspeicher: 2 x 5,5 m³

Die Anlage des Klinikums in Hettstedt wurde Ende 1999 von der TU-Ilmenau, als zu betreuendes Objekt übernommen. Zu diesem Zeitpunkt war die Installation der Anlage abgeschlossen. Zuvor wurde durch die TU-Ilmenau die Messtechnik installiert. Die gesamten 203,2 m² Kollektorfläche sind auf einem Funktionsgebäude des Klinikums aufgeständert. Die Systemtechnik incl. der beiden Pufferspeicher fand im Heizungstechnikraum Platz. Nach anfänglichen Verzögerungen durch offene Leistungen des Errichters sowie kleineren Problemen mit der Messtechnik, konnte im Februar 2000 die erste Messperiode begonnen werden.

Die Anlage hat von Anbeginn an konstant hohe und zuverlässige Erträge erbracht. Der Systemnutzungsgrad liegt auch derzeit noch bei hervorragenden 45%. Großen Anteil daran hat das Engagement des Betreibers, die Anlage optimal zu nutzen. Es konnte ein ortsansässiger Planer gewonnen werden, der die Anlage viele Jahre betreute und notwendige Reparaturen, Wartungen oder Optimierungen organisierte. Die Garantierträge der drei Messjahre wurden erreicht.

Nach aktuellem Kenntnisstand ist die Anlage in vollem Umfang in Betrieb. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.7 Solaranlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

(FKZ 0329603E)

Inbetriebnahme: Februar 2000

Kollektorfläche aktiv: 95,5 m²

Pufferspeicher: 5,5 m³

Die ursprüngliche Planung sah vor, dass das Kollektorfeld in das Steildach des Gebäudebestandes integriert wird. Aus Denkmalschutzgründen war dieses Vorhaben nicht realisierbar. Das Kollektorfeld mit 95,5 m² Absorberfläche ist nun in das Dach des Neubaus integriert.

Die Solaranlage versorgt die beiden Bettenhäuser (Alt- / Neubau) mit Warmwasser, jedoch nicht die Küche und die Wäscherei. Zusätzlich ist die Zirkulation des Neubaus in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden.

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Intensivmessjahren erreicht. Auffallend ist der mit durchschnittlich 30 % relativ niedrige Systemnutzungsgrad. Auch in diesem Objekt ist die im Verlaufe der Betriebsjahre geringer werdende Auslastung, aufgrund der Reduzierung der Bettenzahl, ein Problem. Ein Teil, der dann im Sommer überschüssigen Wärme kann die Zirkulationsverluste reduzieren. Nach heutigem Kenntnisstand ist die Anlage derzeit noch in Betrieb. Ein Wartungsvertrag für das System bestand bis zur Beendigung der messtechnischen Überwachung nicht. Die Krankenhäuser Sonneberg und Neuhaus sind verwaltungstechnisch zusammengefasst wurden. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.8 Solaranlage Kreiskrankenhaus Ilmenau (FKZ 0329602J)

Inbetriebnahme:	Januar 2001
Kollektorfläche aktiv:	168,4 m ²
Pufferspeicher:	7,85 m ³

Das Kollektorfeld der Anlage des Kreiskrankenhauses Ilmenau (heute Ilmkreis-Kliniken Arnstadt-Ilmenau) ist in die Dachfläche des Steildaches des Gebäudes der inneren Medizin integriert. Die Statik des Daches lies eine zusätzliche Lastaufbringung durch die Kollektoren nicht zu. Damit entstand das erste im Programm in Thüringen errichtete „Indach“-Kollektorfeld. Die Systemtechnik ist im Keller desselben Gebäudes untergebracht. Um den begrenzten Kellerraum optimal zu nutzen wurde ein kellergeschweißter Pufferspeicher mit quadratischem Querschnitt eingesetzt. Im Gegensatz zur Anlage in Leinefelde wird dieser nicht drucklos betrieben.

Die solar gewonnene Wärme wird zentral über eine Station an die drei Bettenhäuser verteilt. Die daraus resultierenden langen Leitungswege des vorgewärmten Wasser stellten sich als problematisch hinsichtlich der Wasserhygiene (Legionellen) heraus. Zur Abhilfe wurde eine chemische Entkeimungsanlage installiert. Die Anlage erreichte von Anfang an sehr gute Systemnutzungsgrade von durchschnittlich 43%. Daher waren auch die Garantieerträge problemlos erreichbar.

Kurz vor Beendigung der messtechnischen Überwachung standen ab dem Jahr 2009 größere bauliche Veränderungen an. Diese führten dazu, dass ein Teil der über die Anlage versorgten Gebäude abgerissen wurden, um an deren Stelle den nächsten Bauabschnitt, ein neues Bettenhaus, errichten zu können. Der TU-Ilmenau wurde auf Nachfrage versichert, dass der Neubau wieder an das Solarsystem angeschlossen wird. Umbauten am Solarsystem selbst erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.9 Solaranlage Wohngebäude Erfurt (FKZ 0329602G)

Inbetriebnahme:	Februar 2001
Kollektorfläche aktiv:	127,5 m ² (Vakuurröhren)
Pufferspeicher:	10 m ³

Eine weitere solarthermische Anlage in einem Wohngebäude ist am Gagarin-Ring in Erfurt errichtet worden. Damit hatte auch die Landeshauptstadt Thüringens eine Solarthermie2000 Forschungsanlage erhalten. Es ist die im Programm für Thüringen einzige Anlage mit Vakuumröhrenkollektoren (VKR).

Das Kollektorfeld besteht aus 180 Modulen mit je 0,7 m² Absorberfläche. Die Module wurden an den Brüstungen der oberen Balkone angebracht. Jeweils zwei Module mit je vier Röhren bilden ein Balkonmodul. Die Systemtechnik ist in einem ehemaligen Durchgang zwischen zwei Wohnblöcken untergebracht. Das Warmwasser wird mittels dreier Stationen im Durchlauf erwärmt. Auch hier kommen die Reglermodule zu Ansteuerung der Entladepumpen zum Einsatz.

Der Anlagenbetrieb ist allgemein als (recht) problematisch zu bewerten. Zum einen sorgt das sehr kalkhaltige Trinkwasser im Erfurter Stadtgebiet immer wieder zu Ausfällen bei Wärmetauschern, Ventilen, Pumpen oder Volumenzählern. Zum anderen wechselten immer wieder die zuständigen Mitarbeiter der Wohnungsgesellschaft, was zu Verzögerungen bei den notwendigen Reparaturen führte. Weiterhin erwies sich der hydraulische Abgleich eines derart umfangreichen Kollektorfeldes als problematisch. Dies führt dazu, dass einzelne Kollektoren ungenügend durchströmt werden und damit der Gesamtwirkungsgrad der Anlage sinkt. Im Ergebnis hat die Anlage nur im zweiten Messjahr den Garantieertrag erbracht.

Nach aktuellem Kenntnisstand ist die Anlage noch in Betrieb. Es muss davon ausgegangen werden, dass eine der drei Vorwärmstationen auch heute noch außer Betrieb ist. Es war nicht möglich diese während der Überwachung der Anlage bis 2010 instand zu setzen. Eine regelmäßige Wartung wurde bzw. wird nicht durchgeführt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

2.1.10 Solaranlage KIEZ – Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge (FKZ 0329603K)

Inbetriebnahme:	Juli 2000
Kollektorfläche aktiv:	216 m ²
Pufferspeicher:	12 m ³

Mit dem Objekt in Güntersberge ging erstmalig im Programm eine Solaranlage in einer Jugendherberge in Betrieb. Die für die Auslegung der Anlage notwendigen vorbereitenden Messungen des Warmwasserverbrauches wurden vom Projektpartner der FH Merseburg durchgeführt.

Das 216 m² große Kollektorfeld bedeckt die gesamte Süddachfläche eines Bettenhauses. Die Systemtechnik ist im unweit befindlichen Werkstatttrakt untergebracht. Die hydraulische Verbindung des Kollektorfeldes mit dem Speicherkreis über eine erdverlegte Kunststoffwarmwasserleitung sollte sich schon im ersten Betriebsjahr als problematisch erweisen.

Die solar gewonnene Wärme wird im Durchlaufprinzip an das Trinkwasser übergeben. Das Warmwasser wird zentral aufbereitet und dann über erdverlegte Leitungen in dem mehrere Hektar großen Areal verteilt. Dies verursacht große Leitungsverluste sowie Versorgungsengpässe in den „abgelegeneren“ Häusern bei starker Nutzung.

Problematisch bei der Versorgung derartiger Objekte mit solarer Wärme ist der mit der Belegung einhergehende stark schwankende Warmwasserverbrauch. Längere

Vollbelegungszeiten sind, über das Jahr verteilt, eher selten und treten dann aber im Sommer auf. Einerseits reicht die Kollektorfläche nicht aus, um im Sommer bei Vollbelegung eine 100%-Deckung zu erreichen, andererseits geht die Anlage bei Nicht- oder Minderbelegung in den Stillstand. Eine dieser sommerlichen Stillstandszeiten führte im ersten Betriebsjahr zur thermischen Überlastung der oben erwähnten erdverlegten Kunststoffverbindungsleitung zwischen Bettenhaus (Kollektorfeld) und Werkstatt (Speicherkreis). Die Einbindung des Zirkulationskreises in das solarthermische System könnte einen Teil des Wärmeüberschusses nutzbar machen. Eine Nachrüstung war aus Kostengründen nicht möglich.

Aufgrund der sehr geringen Auslastung der Anlage wurde der Garantieertrag während der dreijährigen Intensivmessphase nie erreicht. Der Systemnutzungsgrad liegt bei durchschnittlich 5%!

Kurz vor Ablauf der messtechnischen Betreuung sind nach Aussage des Betreibers größere Umbaumaßnahmen geplant oder sind schon realisiert. Es ist nicht bekannt, welcher Art die Umbaumaßnahmen sind und inwieweit diese die Solaranlage betreffen. Es wird dennoch davon ausgegangen, dass sich die Anlage in Betrieb befindet.

2.1.11 Solaranlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

(FKZ 0329603R)

Inbetriebnahme: September 2003

Kollektorfläche aktiv: 104 m²

Pufferspeicher: 5 m³

Mit den etwas über 100 m² Kollektorfläche wurde ein Wäschetrockenplatz des Wohngebietes Kugelberg in Weißenfels überdacht. Eine weitere Innovation besteht aus einem erstmals in Deutschland eingesetzten Druckspeicher aus Faserverbundwerkstoffen (GFK). Der Speicher hat ein Speichervolumen von 5 m³ und ist öffentlichkeitswirksam ebenfalls im Außenbereich platziert. Die Solaranlage unterstützt in drei Wohngebäuden die Erwärmung des Trinkwarmwassers. Um die Wasserhygiene nicht negativ zu beeinflussen wird die Wärme aus dem Pufferspeicher über ein kleines Nahwärmenetz an insgesamt 4 Trinkwasservorwärmstationen verteilt. Für dieses Verteilnetz konnten vorhandene, aus Vorwende-Zeiten ungenutzte, Rohrleitungen genutzt werden. Die Herausforderung dabei war und ist, sicher zustellen, dass an jeder Vorwärmstation die Wärme aus dem Pufferspeicher anliegt, zugleich aber vermieden wird, dass die Rücklauftemperatur des Wärmenetzes ansteigt und damit die Temperaturschichtung im Pufferspeicher gestört wird. Als ein großes Problem bei der Wärmeverteilung haben sich die Entladeregler erwiesen. Prinzipiell geeignet für die Ansteuerung der Entladepumpen in den vier Vorwärmstationen ist deren Zuverlässigkeit extrem schlecht. Software- bzw. EMV-Probleme führten dazu, dass mindestens ein Regler pro Woche die Funktion einstellte.

Eine Verkettung von Ereignissen führte im Sommer 2006 dazu, dass der Pufferspeicher durch Überdruck beschädigt wurde. Ein Reparaturversuch noch im Juli 2006 war nicht erfolgreich. Daraufhin wurde der Speicher 2007 durch einen neuen (Stahl-)Speicher mit gleichem Inhalt ersetzt.

Die Anlage erbrachte nur im ersten Garantiejahr den garantierten Ertrag. Das zweite Jahr wurde wegen technischer Defekte ausgesetzt und die Intensivmessphase um ein Jahr verlängert. Die Betriebszuverlässigkeit ließ jedoch weiterhin zu wünschen

übrig, so dass mit 55 bzw. 59% der Garantieertrag weit verfehlt wurde. Dementsprechend ist der Systemnutzungsgrad mit durchschnittlich 20-24% sehr niedrig.

Es ist aktuell bekannt, dass die Anlage in vollem Umfang in Betrieb ist und auch aktiv in Betrieb gehalten wird. Größere Umbaumaßnahmen, außer der Beschriebenen, wurden nicht durchgeführt und sind derzeit auch nicht geplant.

2.1.12 Solaranlage Wohngebäude Warschauer Straße 26 a-c in Weimar (FKZ 0329603W)

Inbetriebnahme:	September 2002
Kollektorfläche aktiv:	118 m ²
Pufferspeicher:	6 m ³

Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach eines Wohnhochhauses aufgeständert. Anders als in vergleichbaren Anlagen, ist das Kollektorfeld als zusammenhängende Fläche („Solarsegel“) aufgeständert. Damit sind weniger Durchdringungen der Dachhaut erforderlich und das Feld ist weithin sichtbar. Interessant war zu erfahren, wie das große frei stehende Feld den zu erwartenden Windlasten widersteht. Die großen und besonders stark wechselnden Beanspruchungen wurden deutlich, als nach ca. 3 Betriebsjahren die Befestigungen der Kollektoren überprüft wurden. Ca. 1/3 der Verschraubungen hatten sich in dieser Zeit soweit gelöst, dass eine sichere Verankerung des Einzelkollektors nicht mehr gegeben war. Die Verbindung im Verband wurde nur noch von der Verrohrung der Kollektoren untereinander gehalten. Damit sind die während der messtechnisch betreuten Betriebszeit aufgetreten Ausfälle des Kollektorkreises nachvollziehbar. In 2 Fällen war plötzlich kein Druck mehr im Kollektorkreis. Die Nachprüfung ergab, dass erhebliche Mengen Kollektorflüssigkeit fehlten, ohne dass ersichtlich war oder festgestellt werden konnte, wo der Wärmeträger ausgetreten ist. Offensichtlich traten in der Feldverrohrung durch Spannung verursachte Undichtigkeiten auf. Die Systemtechnik ist im Keller des gleichen Gebäudes untergebracht. Die Anlage unterstützt die Trinkwassererwärmung von 198 Wohnungen in 2 Gebäuden.

Der Garantieertrag wurde nur im ersten Messjahr erbracht. Während der Intensivmessphase verschlechterte sich der Systemnutzungsgrad zunehmend. Umfangreiche Maßnahmen, wie Optimierung der Entladung, Reinigung von Filtern und Wärmetauschern sowie die sorgfältige Entlüftung und hydraulische Einregulierung des Kollektorfeldes sorgten dann ab dem 4. Betriebsjahr für stabile Systemnutzungsgrade.

Nach aktuellem Stand ist die Anlage in Betrieb. Es findet eine regelmäßige Wartung der Anlage statt. Die damit beauftragte Firma ist mit den Eigenheiten der Anlage vertraut. Informationen zu durchgeführten bzw. geplanten Umbaumaßnahmen liegen nicht vor.

2.1.13 Solaranlage Wohngebäude Eiselstraße in Gera (FKZ 0329603X)

Inbetriebnahme:	September 2003
Kollektorfläche aktiv:	98,5 m ²
Pufferspeicher:	5 m ³

Die Besonderheit des Objektes in der Eiselstraße in Gera ist, dass ein 1982 errichteter Wohnplattenbau umfassend saniert und architektonisch umgebaut worden ist. Dabei wurde die Integration des Kollektorfeldes von Anfang an in den Planungen berücksichtigt. Das Kollektorfeld ist in die Schrägdachfläche sowie in die nach Süden ausgerichtete Wand eines Penthaus-Aufbaues integriert.

Aufgrund von Planungs- bzw. Ausführungsmängeln war der Systemnutzungsgrad im ersten Messjahr sehr niedrig. Der Garantieertrag wurde nicht erreicht. Nach der Realisierung der durch die TU-Ilmenau angeregten Umbaumaßnahmen, wurde der Garantieertrag problemlos erreicht.

Die Anlage läuft, verglichen mit vielen anderen Anlagen im Programm, relativ zuverlässig. Mehr Probleme gab es in Gera mit der Messtechnik. Es wird davon ausgegangen, dass ungünstige Erdungsverhältnisse vorliegen und das Wohngebiet in einer gewitterträchtigen Gegend liegt. Zu größeren Messdatenausfällen kam es trotzdem nicht.

Im letzten messtechnisch betreuten Betriebsjahr 2010 erfolgten umfangreiche Umbaumaßnahmen an der Solaranlage. Auf Nachfrage wurden Umbauten bestätigt, mit dem Ziel den Ertrag deutlich zu steigern. Welcher Art die Umbauten genau waren, wer sie angeregt bzw. geplant hat, war vom Betreiber nicht zu erfahren. Das Ergebnis der Umbauten sind in jedem Fall nicht höhere Erträge, sondern im Gegenteil ein um ca. die Hälfte zurückgegangener Ertrag. Eindrucksvoll ist die plötzliche strikte Weigerung der Wohnungsgesellschaft, Informationen zu geben oder zwecks Optimierung des Systems mit der TU-Ilmenau zu kooperieren.

Dementsprechend liegen keine Informationen vor in welchen Zustand die Anlage ist oder ob sie sich noch in Betrieb befindet.

2.1.14 Solaranlage DRV Bund Reha-Klinik Bad Frankenhausen (FKZ 0329604A)

Inbetriebnahme:	Juli 2003
Kollektorfläche aktiv:	646 m ²
Pufferspeicher:	35 m ³

Mit der Anlage in der Rehaklinik Bad Frankenhausen wurde erstmalig im Programm eine Anlage realisiert, welche nicht nur die Warmwasserbereitung sondern auch die Raumheizung unterstützt. Konkret heißt das, im Objekt wird neben der Warmwasserbereitung noch die Beheizung der Patientenbäder sowie die Beheizung des klinikeigenen Hallenbades solar unterstützt. Die Wärme hierfür wird von insgesamt 646 m² Kollektoren erzeugt. Diese realisieren gleichzeitig die komplette südseitige Dacheindeckung von zwei der vier Gebäude. Die Statik der Gebäude erlaubte es, die Systemtechnik der Anlage direkt unter einem der Kollektorfelder, im Dachraum unterzubringen. Dies ist in der Hinsicht sinnvoll, da der größte Teil der solar gewonnenen Wärme für die Luftvorwärmung in den Be- und Entlüftungsanlagen genutzt wird. Dafür stehen insgesamt 30 m³ Pufferspeichervolumen zur Verfügung. Ein weiterer 5 m³ fassender Speicher ist im Heizungskeller installiert und versorgt die Warmwasserbereitung sowie die Schwimmbadnachheizung mit solarer Wärme.

In Anbetracht der Komplexität der Anlage incl. Regelung funktionierte das Gesamtsystem von Anfang an sehr gut. Wegen ausstehender Restleistungen bzw. noch anstehender Regelungsoptimierungen war abzusehen, dass im ersten Messjahr der Garantieertrag nicht erreicht werden wird. Auf Antrag des Betreibers wurde die

Intensivmessphase um ein Jahr verlängert. Ab dem zweiten Messjahr hat die Anlage die Garantierträge erreicht.

Kurz nach Beendigung des vierten Intensivmessjahres stand eine Sanierung bzw. umfangreiche Reparatur der Solardächer an. Aufgrund erheblicher Fertigungsmängel der Kollektoren gab es immer wieder Undichtigkeiten einzelner Kollektoren. Des Weiteren entsprach die Abdichtung der Kollektoren untereinander nicht dem technischen Stand und es drangen immer wieder geringe Mengen Regenwasser in das Dach ein. Dies führte dazu, dass dann im Frühjahr / Sommer 2008 fast die Hälfte der Kollektoren ersetzt werden mussten. Nach dem großflächigen Aufnehmen der Kollektoren wurde zudem festgestellt, dass insbesondere der in das Dach eingedrungene Wärmeträger des Kollektorkreises zu starker Schädigung des Dachstuhles geführt hat. Die Anlage ist nach Abschluss der Arbeiten ohne Einschränkung wieder in Betrieb gegangen und wird bei Berichtsschluss auch so betrieben.

2.1.15 Solaranlage im Staatlichen Sportgymnasium Oberhof (FKZ 0329603Y)

Inbetriebnahme:	März 2006
Kollektorfläche aktiv:	117,3 m ²
Pufferspeicher:	50 m ³

Das Sportgymnasium Oberhof besteht seit 1980 und wurde ausschließlich über Nachtstrom beheizt. Das dadurch notwendige Wärmespeichervolumen wurde durch 5 x 50 m³ fassende Warmwasserspeicher bereitgestellt. Bei der 2004 begonnenen umfassenden Modernisierung des Objektes wurde auf Hackschnitzel- bzw. Gasheizung umgestellt. Zwei der fünf Speicher, jeweils einer für Holzessel und einer für die Solaranlage, wurden in das neue Heizsystem übernommen. Das 117 m² große Kollektorfeld wurde in die Südfassade des vollständig verglasten Heizhauses integriert.

Die Anlage hat die drei Garantiemessjahre abgeschlossen. Der Garantiertrag wurde in keinem der drei Messjahre erfüllt. Die Ursache ist einmal darin zu suchen, dass für die Garantiertragsnachrechnung eine Methode angewendet wird, die für reine Trinkwassererwärmungsanlagen realistisch ist. Bei dieser Methode wird nicht berücksichtigt, dass die Vorlauftemperaturen in das Kollektorfeld, aufgrund des allgemein höheren Temperaturniveaus in Heizkreisen, höher sind. Dann gehen heizungsunterstützte Anlagen in den Sommermonaten öfter in den Stillstand, da klimabedingt keine Heizwärme benötigt wird. Diesem Fakt wurde in Oberhof versucht, durch den Einsatz eines sehr großen Puffervolumens entgegenzuwirken. Voraussetzung für das Gelingen ist es, dass sich im Speicher eine gute thermische Schichtung ausbildet. Die zur Anwendung gekommene Schichtladeeinrichtung erfüllt diese Anforderung nicht. Das vom Kollektorfeld gelieferte Temperaturniveau wird mit dem Inhalt des Speichers gemischt. Damit wird nur selten ein Temperaturniveau erreicht, welches für die Einspeisung in die Heizkreise hoch genug ist.

Die Anlage wird von (kompetenten und motivierten) Mitarbeitern des Betreibers überwacht und befindet sich uneingeschränkt in Betrieb. Umbaumaßnahmen sind derzeit nicht geplant.

2.1.16 Solaranlage Nationalpark – JH- Harsberg (FKZ 0329604D)

Inbetriebnahme:	Dezember 2007
Kollektorfläche aktiv:	135,9 m ²
Pufferspeicher:	14 m ³

Das Kollektorfeld ist in das Schrägdach eines Gebäudeteiles der Jugendherberge Harsberg integriert. Die Systemtechnik ist im Keller des Gebäudes untergebracht. Hier befinden sich auch die Heizkessel, die Heizkreisverteiler sowie die Warmwasserbereitungsanlage. Im Objekt kommt eine so genannte Kompaktstation (Solvis) zum Einsatz. An diese sind die Wärmequellen (Holz-, Ölkessel, Kollektorfeld), der Pufferspeicher, der Trinkwasserspeicher sowie der Heizkreisverteiler angeschlossen. Die Kompaktstation steuert die Verteilung der Wärme derart, dass sowohl die Solaranlage als auch die Kessel alle Verbraucher bedienen können und der Pufferspeicher als Speicher sowohl für Solaranlage als auch für den Heizkessel genutzt wird.

Soweit die Theorie. Nach etwas über zwei Jahren Probebetrieb wird trotz massiver technischer Probleme an der Anlage, der Beginn der Messperiode auf den 01.02.2010 festgesetzt. Nach einem Jahr steht fest, dass der Garantiertrag nicht erbracht wird. Eine Optimierung des Systems ist sehr schwierig, da die Hydraulik aufwendig und die Regelung bis heute nicht dokumentiert ist.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt laufen Planungen, das komplette Wärmeverteilsystem neu aufzubauen. Die TU-Ilmenau unterstützt Planer und Bauherr in beratender Funktion.

2.1.17 Solaranlage zur solargestützten Kälteerzeugung eines Bürogebäudes in Fürth (FKZ 0329604A)

Inbetriebnahme:	29.08.2007
Kollektorfläche aktiv:	87,72 m ² ,
Pufferspeicher	3,7 m ³

Das 87,72 m² Kollektorfeld besteht aus 12 Großkollektoren, die aufgeständert auf dem Dach des Bürogebäudes der iba AG mit einem Neigungswinkel von 24° und einer Ausrichtung nach SSW 87,72 m² montiert wurden. Es wurden spezielle für den Hochtemperaturbereich optimierte Flachkollektoren eingesetzt, diese besitzen lasergeschweißte Aluminiumabsorber und sind mit Anti-Reflexglas ausgestattet.

Die Kühlleistung der zu klimatisierenden Bereiche des Bürogebäudes beträgt ca. 30kW. Als Absorptionskälteanlage kommt der Typ Wegracal-SE30 zum Einsatz. Bei einer Kühlwasser-temperatur von 27°C und einer erforderlichen Kaltwassertemperatur von ca. 17°C für eine stille Kühlung kann der Kältebedarf mit dieser Kühlmaschine mit Antriebstemperaturen von weniger als 75°C gedeckt werden. Für die Versorgung der Insgesamt ca. 1000 m² zu kühlender Fläche kommen 43 Konvektoren des Typs Frenger-Air-System zum Einsatz.

Bemerkung: Die wissenschaftliche Begleitung und die Vorgabe der erforderlichen Messtechnik für die messtechnische Begleitung erfolgte durch die TU Ilmenau. Die Auswertung der Daten und Ergebnisdarstellung erfolgt durch ISE Freiburg. Der TU Ilmenau liegen aktuell keine Ergebnisse vor.

2.1.18 Solaranlage Wohnanlage Siegfried-Czapski-Straße in Jena (FKZ 0329604G)

Inbetriebnahme:	Juni 2009
Kollektorfläche aktiv:	290 m ²
Pufferspeicher:	30 m ³

Die insgesamt 290 m² Kollektorfläche verteilen sich auf den Flachdächern der 4 zum Ensemble gehörenden Wohngebäude. Als Wärmespeicher dient ein 30 m³ fassender GFK-Speicher. Der Speicher wurde „im Stück“ in den Rohbau des Gebäudekellers eingebracht.

Die Inbetriebnahme erfolgte mit der Fertigstellung des ersten Gebäudes und war mit dem Bezug des letzten Gebäudes, Ende September abgeschlossen. Der Beginn der ersten Messperiode im März 2011 war begründet durch erhebliche Mängel in der Ausführung der Systemtechnik als auch in der Ausführung der Messtechnik. Selbst bis zum heutigen Zeitpunkt sind noch nicht alle Mängel abgestellt.

Die einzelnen Wohnungen werden aus der Technikzentrale über ein Wärmenetz mit Heizungswärme und Wärme für die Trinkwassererwärmung versorgt. Jede Wohnung verfügt über eine Wohnungsübergabestation. Das Trinkwasser wird im Durchlaufprinzip für jede Wohnung separat erwärmt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind einige der Ausführungsmängel noch nicht abgestellt. Problem ist die optimale Einstellung der Wohnungsübergabestationen, um im Wärmenetz möglichst niedrige Rücklauftemperaturen zu erreichen. Des Weiteren mangelt es an der optimalen Einbindung der Solaranlage (Pufferspeicher) in das Nahwärmenetz.

Um die beschriebenen Probleme lösen zu können, fehlt, nach Einschätzung der TU-Ilmenau, dem Betreiber kompetentes Fachpersonal, das in der Lage und eingewiesen ist, die Anlage zu überwachen und gegebenenfalls in den Anlagenbetrieb eingreifen zu können. Das Potenzial zur Erreichung der Projektziele ist vorhanden.

2.1.19 Solaranlage Wohnanlage Sophienhütte in Ilmenau (FKZ 0329604J)

Inbetriebnahme:	Oktober 2009
Kollektorfläche aktiv:	141 m ²
Pufferspeicher:	10,4 m ³

Das Kollektorfeld ist architektonisch (ansprechend) in die Dachschräge des obersten Wohngeschosses integriert. Die Wohnungen der drei Gebäudeflügel werden über ein 2-Leiter-Wärmenetz mit Wärme versorgt. Die zum sinnvollen Einsatz einer solarthermischen Anlage notwendigen niedrigen Rücklauftemperaturen im Wärmenetz werden durch den Einsatz einer Niedertemperaturheizung (Fußbodenheizung) sowie der dezentralen Trinkwassererwärmung mit Wohnungsstationen, erreicht.

Die Ertragsgarantienachrechnung ist mit TSol auf Anlagen zur reinen Trinkwasservorwärmung zugeschnitten. Die Anwendung dieser Methode in Anlagen mit Heizungsunterstützung wird immer Ergebnisse zu Ungunsten dieser Anlagen erbringen. Trotzdem hat die beschriebene Anlage im ersten Garantiemessjahr den Garantiertrag erbracht. Zu diesem Zeitpunkt bestand noch Optimierungspotential. Somit ist abzusehen, dass sich in den folgenden Betriebsjahren die Ertragssituation noch weiter verbessern wird. Die Anlage wird durch (kompetente und motivierte)

Mitarbeiter des Betreibers überwacht.

2.1.20 Solaranlage / Solares Nahwärmesystem ehm. Schultheiss Brauerei Dessau (FKZ 0329604K)

Inbetriebnahme:	noch nicht erfolgt
Kollektorfläche aktiv:	423,5 m ²
Pufferspeicher:	1 x 28,5 m ³ , 4 x 75 m ³

Solarthermische Anlage / Kollektorfelder 1+2: Die Kollektorfelder sind betriebsfertig, wobei die Wärmedämmung und die Befüllung mit Wärmeträgerflüssigkeit nach aktueller Kenntnis noch ausstehen.

Wärme(Langzeit)Speicher: Die GFK-Wärmespeicher sind kpl. installiert, wärmegeklämt und bereit zur Inbetriebnahme. Ausgeführt werden muss nach aktueller Kenntnis noch die Wärmedämmung der Verrohrung.

Biomasseheizzentrale / Pellet / Holzhackschnitzel: Die Heizkessel sind kpl. installiert und abgasseitig mit dem saniertem Schornstein verbunden. Ebenfalls installiert sind die Zuführungstechnik und die Feinstaubfilteranlage. Der Schaltschrank zur Steuerung und Regelung steht fertig installiert beim Lieferanten (12/2011). Noch offene Leistungen sind in der Zentrale die Wärmedämmung des Pufferspeichers, Wärmedämmung an Leitungen und evtl. Restleistungen zum Rohrleitungsbau (12/2011).

Brennstofflager (Pellets +Holzhackschnitzel): Zum aktuellen Stand liegen keine Informationen vor.

Gebäudewärmeübergabestationen: Die Übergabestationen sind zum Teil schon in Betrieb oder waren noch verpackt (Stand 12/2011).

Messtechnik: Ein Großteil der Komponenten ist bereits eingebaut bzw. der Einbau vorgesehen (12/2011).

Zur Terminen zur Fertigstellung und Inbetriebnahme liegen zum Zeitpunkt der Berichterstellung (11/2012) keine aktuellen Informationen vor.

2.2 Kompakte Anlagen - Beschreibungen - Ergebnisse

2.2.1 Anlage Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena (aktive Kollektorfläche 201 m² , Pufferspeicher 2x 6 m³ , FKZ 0329600C)



Abb. 011 (Quelle: Foto: TU Ilmenau 1996)

2.2.1.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:*	203.335,46 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe.:	139.978,42 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Ist:	146.471,32 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	38.481,95 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	134.353,18 EUR

*Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.1.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 005 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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

(Nutzwärmekosten* [DM / kWh] = Annuität [DM /a] / jährl. Nutzwärmeertrag [kWh / a])

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

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

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

2.2.1.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status:

Der Garantieertrag wurde im ersten und zweiten Messjahr erreicht.

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 nach aktuellem Kenntnisstand zum Berichtszeitpunkt kein Handlungsbedarf (11/2012).

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.2 Anlage Senioren- und Pflegeheim Pößneck (aktive Kollektorfläche 118,2 m², Pufferspeicher 5,54 m³, Förderkennzeichen 0329602J)



Abb. 012 - Teilansicht der Kollektorfelder (Quelle: Foto: TU Ilmenau , FG TFD 1998)

2.2.2.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	107.565,44 EUR ¹⁾
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Vergabe:	60.717,47 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)-Ist:	65.835,40 EUR
Spez. Messtechnik für ST2000:	37.921,25 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	48.131,10 EUR
Schlussrechnung vom 26.10.1999 PÖß-602J	

***Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !**

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

2.2.2.2 Ergebnisübersicht

Senioren- und Pflegeheim Pößneck	Ertrag [kWh/a]	Solargarantie - ertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs - Grad- Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)				0,23 0,1176
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)	45.500			0,2730 0,1396
1. Betriebsjahr(17.1.97-16.1.98)	40.961	96,4 ja	96,63 ja	0,3032 0,1550
2. Betriebsjahr(17.1.98-16.1.99)	37.415	94,2 ja	98,57 ja	0,3320 0,1697
3. Betriebsjahr(17.1.99-16.1.00)	36.577	88,4 nein	90,47 ja	0,3396 0,1736

Tabelle 006 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.2.3 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 (11/2012).

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus (aktive Kollektorfläche 98,2 m², Pufferspeicher 6 m³, Förderkennzeichen 0329602J)



Abb. 013 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau 1997)

2.2.3.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	125.526,57 EUR*
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	71.758,05 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	72.832,80 EUR Spez.
Messtechnik für ST 2000:	33.461,88 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	63.969,91 EUR

*** reale Kosten aus Kostenübersicht vom 26.03.1999 (NEU-602G.DOC) / Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !**

BMW i - Förderung:	
der Gesamtanlage:	77,6 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik:	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	87,8 %

2.2.3.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 007 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.3.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Das Kollektorfeld der Solaranlage Neuhaus ist auf dem Flachdach des Versorgungsgebäudes (Küche, Gaststätte, Wäscherei) aufgeständert. Die Systemtechnik ist im Keller des angrenzenden Polyklinikgebäudes untergebracht. Die Ständerkonstruktion des Feldes wird mit Betonplatten auf dem bekiesten Flachdach verankert. Dies ist umso erstaunlicher als bekannt ist, dass Neuhaus an sehr „windoponierter“ Lage, direkt am Rennsteig liegt. Bisher kam es nur einmal zu einem Schaden am Kollektorfeld, der auf Sturm einwirkung zurückzuführen ist. Wesentlich ausgeprägter als in anderen vergleichbaren Anlagen sind die winterlichen Stillstandzeiten welche auf ein mit Schnee bedecktes Kollektorfeld zurückzuführen sind. Diese betragen in Neuhaus im Durchschnitt 8 Wochen.

Die Anlage erfüllte von Anfang an die Garantieerträge und läuft seit Inbetriebnahme weitgehend störungsfrei. Mit der solar gewonnenen Wärme kann der Warmwasserbedarf des gesamten Objektes gedeckt werden. Da abzusehen war, dass der Warmwasserbedarf

des Hauses abnehmen wird (Reduzierung der Bettenzahl) wurde in Neuhaus erstmals die solare Nachheizung des Zirkulationsrücklaufes realisiert. Auch in Neuhaus wird die solare Erwärmung des Trinkwassers im Durchlaufprinzip realisiert. Ebenso wie in Pößneck war hierfür der Einsatz des Reglers Solvis-SI-Control geplant. Der Anlagenerrichter hat aufgrund massiver Probleme bei der Entladeregulung auf ein eigens für dieses Entladekonzept zugeschnittenes Reglermodul umgerüstet. Dieses Modul ist die Grundlage für den später verfügbaren solaren Entladeregler ‚Enreg1‘, welcher in vielen später errichteten Anlagen zum Einsatz kam. Die Anlage hatte über viele Jahre einen sehr guten Systemnutzungsgrad von über 40%. In den letzten Jahren ist dieser, aufgrund des geringer werdenden Wasserverbrauches im Objekt, stark zurückgegangen.

Die Anlage läuft nach derzeitigem Erkenntnisstand gut. Der geringe Wasserbedarf veranlasst den Betreiber nach zusätzlichen Wärmeabnehmern für die Solaranlage zu suchen. Dazu wurde die Hilfe der TU-Ilmenau angefragt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde (aktive Kollektorfläche 164 m², Pufferspeicher 7 m³, Förderkennzeichen 0329602Y)



Abb. 014 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau1999)

2.2.4.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	136.120,50 EUR*
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	61.238,91 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	-
Spez. Messtechnik für ST 2000:	35.029,47 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	63.969,91 EUR

* reale Kosten aus Kostenübersicht vom 26.03.1999 (NEU-602G.DOC) / Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMW - Förderung:	
der Gesamtanlage:	72,9 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik:	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	63,5 %

2.2.4.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 008 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.4.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantiertrag erst im letzten Messjahr erbracht.

Erstmals im Forschungsprogramm Solarthermie2000 in Thüringen geht eine Anlage für ein Wohngebäude in Betrieb. Die insgesamt 164m² Kollektorfläche sind auf dem Flachdach eines sanierten „Plattenbaus“ aufgeständert. Für die Systemtechnik stand ein Raum im Keller des Gebäudes zur Verfügung. Um den begrenzten Raum für die Hydraulik sowie den Pufferspeicher optimal nutzen zu können, wurde beschlossen einen drucklosen, Kellergeschweißten Speicher mit quadratischem Querschnitt einzusetzen. Der drucklose Betrieb des Speicherkreises machte in den folgenden Betriebsjahren immer wieder Probleme. Zumeist waren durch den erhöhten Schwebestoffanteil die Filter bzw. der Wärmetauscher zugesetzt. Des Weiteren war der offene Überlaufbehälter nicht korrekt in das hydraulische System eingebunden, so dass sich die Anlage im Laufe der Zeit selbst „leerpumpte“. Die mit der Wartung beauftragte Heizungsfirma hat, nicht zuletzt mit Hilfe der TU-Ilmenau, die Problemstellen erkannt und hält die Anlage seit vielen Jahren in Betrieb.

Das Warmwasser für die Bewohner des Hauses wird im Durchlaufprinzip erwärmt. Ursprünglich war für die Steuerung der Entladepumpe ein „Solvis SI-Control“ Regler eingesetzt. Auch hier erwies sich der Regler als ungeeignet. Im Sommer 2001 wird ein Entlademodul, welches auch in Neuhaus, Nordhausen und per Umrüstung in Jena zum Einsatz kommt, nachgerüstet.

Die beschriebenen Probleme führten dazu, dass die Anlage in den ersten beiden Garantiemessjahren nicht optimal betrieben werden konnte und damit der Garantiertrag nicht erreicht wurde. Im dritten Messjahr wurde der Garantiertrag problemlos erreicht.

Die Anlage ist nach heutigem Kenntnisstand in Betrieb. Eine ortsansässige Heizungsfirma wurde mit der Wartung der Anlage beauftragt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen (aktive Kollektorfläche 716,8 m², Pufferspeicher 2x 17,5 m³, Förderkennzeichen 0329602U)



Abb. 015 Ansicht der Kollektorfelder (Quelle: TU I / FG TFD mit freundlicher Genehmigung durch
Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik, Sondershausen)

2.2.5.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	521.438,15 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	501.549,70 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	66.484,64 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	57.850,76 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	324.636,47 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U.
unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMW i - Förderung:	
der Gesamtanlage:	73,4 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	70 %

2.2.5.2 Ergebnisübersicht

Südharzkrankenhaus Nordhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Ga- rantie [%] er- füllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren System- nutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]	
Bieter (Kosten auf Basis Verga- be)	329.360			0,239	0,1122
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrech- nung)	329.360			0,240	0,123
1. Betriebsjahr <small>(08.04.99-07.04.00)</small>	395.271	111,14 ja	108,19 ja	0,2000	0,1023
2. Betriebsjahr <small>(08.04.00-07.04.01)</small>	369.933	120,84 ja	117,15 ja	0,2011	0,1028
3. Betriebsjahr <small>(08.04.01-07.04.02)</small>	310.690	102,04 ja	97,63 ja	0,2545	0,1301

Tabelle 009 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.5.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht und diese wurden von Anfang an „über“erfüllt.

Mit 717 m² Kollektorfläche ist die Anlage in Nordhausen eine der großen solarthermischen Anlagen im Programm Solarthermie2000 und die größte Anlage in Thüringen. Die besondere Herausforderung war die, dass keine Großkollektoren zum Einsatz gekommen sind. Das Feld besteht aus 280 aufgeständerten Kollektoren auf dem Technikgebäude und der angrenzenden Klinikapotheke. Die Systemtechnik fand im Technikgebäude Platz. Die Anlage versorgt das gesamte Objekt mit Warmwasser. Der Tagesbedarf liegt im Durchschnitt bei 40m³/d. Die Garantierträge wurden von Anfang an weit übererfüllt.

Auch in Nordhausen wird das Warmwasser im Durchlaufverfahren erwärmt. Da die Anlage von der gleichen Fachfirma wie in Neuhaus errichtet wurde, ist zur Entladeregulung das oben beschriebene Reglermodul eingesetzt worden.

Die Anlage ist nach heutigem Kenntnisstand (11/2012) in Betrieb. Es ist nicht bekannt ob regelmäßige Wartungen durchgeführt werden. 2007 / 2008 wurde die gesamte Warmwasserbereitung erneuert. Das Solarsystem wurde dabei nicht verändert.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt

(aktive Kollektorfläche 203,2 m², Pufferspeicher 2x 5,5 m³, Förderkennzeichen 0329602W)



Abb. 016 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU I / FG TFD 2000)

2.2.6.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	190.169,90 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	134.791,81 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	51.088,28 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	110.586,10 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.6.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 010 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.6.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Messjahren erbracht.

Die Anlage des Klinikums in Hettstedt wird Ende 1999 von der TU-Ilmenau, als zu betreuendes Objekt übernommen. Zu diesem Zeitpunkt war die Installation der Anlage abgeschlossen. Zuvor wurde durch die TU-Ilmenau die Messtechnik installiert. Die gesamten 203,2m² Kollektorfläche sind auf einem Funktionsgebäude des Klinikums aufgeständert. Die Systemtechnik incl. der beiden Pufferspeicher fand im Heizungstechnikraum Platz. Nach anfänglichen Verzögerungen durch offene Leistungen des Errichters sowie kleineren Problemen mit der Messtechnik, konnte im Februar 2000 die erste Messperiode begonnen werden. Die Anlage hat von Anbeginn an konstant hohe und zuverlässige Erträge erbracht. Der Systemnutzungsgrad liegt auch derzeit noch bei hervorragenden 45%. Großen Anteil daran hat das Engagement des Betreibers, die Anlage optimal zu nutzen. Es konnte ein ortsansässiger Planer gewonnen werden, der die Anlage viele Jahre betreute und

notwendige Reparaturen, Wartungen oder Optimierungen organisierte. Die Garantierträge der drei Messjahre wurden erreicht.

Nach derzeitigem Kenntnisstand (11/2012) ist die Anlage in vollem Umfang in Betrieb. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.7 Solaranlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

(aktive Kollektorfläche 95,52 m², Pufferspeicher 5,54 m³, Förderkennzeichen 0329603E)



Abb. 017 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001)

2.2.7.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	101.192,88 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	69.295,44 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	66.484,64 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	34.708,24 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	36.126,77 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMW - Förderung:	
der Gesamtanlage:	70 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	54,3 %

2.2.7.1.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 011 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.7.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht.

Die ursprüngliche Planung sah vor, dass das Kollektorfeld in das Steildach des Gebäudebestandes integriert wird. Aus Denkmalschutzgründen war dieses Vorhaben nicht realisierbar. Das Kollektorfeld mit 95,5 m² Absorberfläche ist nun in das Dach des Neubaus integriert.

Die Solaranlage versorgt die beiden Bettenhäuser (Alt- / Neubau) mit Warmwasser, jedoch nicht die Küche und die Wäscherei. Zusätzlich ist die Zirkulation des Neubaus in den Lastzweig der Solaranlage eingebunden. Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Intensivmessjahren erreicht. Auffallend ist der mit durchschnittlich 30% relativ niedrige Systemnutzungsgrad. Auch in diesem Objekt ist die im Verlaufe der Betriebsjahre schlechter wer-

dende Auslastung, aufgrund der Reduzierung der Bettenzahl, ein Problem. Ein Teil der dann im Sommer überschüssigen Wärme kann die Zirkulationsverluste reduzieren. Nach heutigem Kenntnisstand (11/20121) ist die Anlage derzeit noch in Betrieb. Ein Wartungsvertrag für das System bestand bis zur Beendigung der messtechnischen Überwachung nicht. Die Krankenhäuser Sonneberg und Neuhaus sind verwaltungstechnisch zusammen gefasst worden. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

(aktive Kollektorfläche 168,4 m², Pufferspeicher 7,85 m³, Förderkennzeichen 0329602J)



Abb. 018 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001)

2.2.8.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	156.634,06 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	114.880,14 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	112.298,88 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	43.357,93 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	74.117,62 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.8.2 Ergebnisübersicht

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 0,1184
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)	84.649			0,2263 0,1157
1. Messjahr <small>(26.10.00-25.10.01)</small>	63.362	86,83 nein	96,57 ja	0,3092 0,1581
2. Messjahr <small>(25.10.01-24.10.02)</small>	67.152	85,18 nein	95,38 ja	0,2852 0,1458
3. Messjahr <small>(24.02.02-23.10.02)</small>	77.750	85,25 nein	95,98 ja	0,2463 0,1259

Tabelle 012 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.8.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag in allen drei Jahren erbracht.

Das Kollektorfeld der Anlage des Kreiskrankenhauses Ilmenau (heute Ilmkreis Kliniken Arnstadt-Ilmenau) ist in die Dachfläche des Steildaches des Gebäudes der inneren Medizin integriert. Die Statik des Daches lies eine zusätzliche Lastaufbringung durch die Kollektoren nicht zu. Damit entstand das erste im Programm in Thüringen errichtete Indach-Kollektorfeld. Die Systemtechnik ist im Keller desselben Gebäudes untergebracht. Um den begrenzten Kellerraum optimal zu nutzen wurde ein kellergeschweißter Pufferspeicher mit quadratischem Querschnitt eingesetzt. Im Gegensatz zur Anlage in Leinefelde wird dieser nicht drucklos betrieben.

Die solar gewonnene Wärme wird zentral über eine Station an die drei Bettenhäuser verteilt. Die daraus resultierenden langen Leitungswege des vorgewärmten Wasser stellten sich als problematisch hinsichtlich der Wasserhygiene (Legionellen) heraus. Zur Abhilfe wurde eine chemische Entkeimungsanlage installiert. Die Anlage erreichte von Anfang an sehr gute Systemnutzungsgrade von Durchschnittlich 43%. Daher waren auch die Garantieerträge problemlos erreichbar.

Kurz vor Beendigung der messtechnischen Überwachung standen ab dem Jahr 2009 größere Bauliche Veränderungen an. Diese führten dazu, dass ein Teil der über die Anlage versorgten Gebäude abgerissen wurden, um an deren Stelle den nächsten Bauabschnitt, ein neues Bettenhaus, errichten zu können. Der TU Ilmenau wurde auf Nachfrage versichert, dass der Neubau wieder an das Solarsystem angeschlossen wird. Ob dies geschehen ist und mit welchem Ergebnis, ist nicht bekannt. Umbauten am Solarsystem selbst erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.9 Anlage Wohngebäude Erfurt

(aktive Kollektorfläche 127,5 m²-Vakuum-Röhrenkollektor, Pufferspeicher 10 m³,
Förderkennzeichen 0329602 G)



Abb. 019 Frontansicht des Röhrenkollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau 2001)

2.2.9.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	221.873,43 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	178.012,45 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	112.298,88 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	43.602,87 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	101.875,01 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.9.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 013 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.9.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Der Garantieertrag wurde im zweiten Messjahr erreicht.

Es ist die im Programm für Thüringen einzige Anlage mit Vakuumröhrenkollektoren.

Das Kollektorfeld besteht aus 180 Modulen mit je 0,7m² Absorberfläche. Die Module wurden an den Brüstungen der oberen Balkone angebracht. Jeweils zwei Module mit je vier Röhren

bilden ein Balkonmodul. Die Systemtechnik ist in einem ehemaligen Durchgang zwischen zwei Wohnblöcken untergebracht. Das Warmwasser wird mittels dreier Stationen im Durchlauf erwärmt. Auch hier kommen die Reglermodule zu Ansteuerung der Entladepumpen zum Einsatz.

Der Anlagenbetrieb ist allgemein als recht problematisch zu bewerten. Zum einen sorgt das sehr kalkhaltige Trinkwasser im Erfurter Stadtgebiet immer wieder zu Ausfällen bei Wärmetauschern, Ventilen, Pumpen oder Volumenzählern. Zum anderen wechselten immer wieder die zuständigen Mitarbeiter der Wohnungsgesellschaft, was zu Verzögerungen bei den notwendigen Reparaturen führte. Weiterhin erwies sich der hydraulische Abgleich eines derart umfangreichen Kollektorfeldes als problematisch. Dies führt dazu, dass einzelne Kollektoren ungenügend durchströmt werden und damit der Gesamtwirkungsgrad der Anlage sinkt. Im Ergebnis hat die Anlage nur im zweiten Messjahr den Garantiertrag erbracht. Nach heutigem Kenntnisstand (11/2012) ist die Anlage noch in Betrieb. Es muss davon ausgegangen werden, dass eine der drei Vorwärmstationen auch heute noch außer Betrieb ist. Es war nicht möglich diese während der Überwachung der Anlage bis 2010 instand zu setzen. Eine regelmäßige Wartung wurde bzw. wird nicht durchgeführt. Größere Umbauten an der Anlage erfolgten nach der Intensivmessphase nicht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.10 Anlage KIEZ – Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge

(aktive Kollektorfläche 216 m², Pufferspeicher 12 m³, Förderkennzeichen: 0329603K)



Abb. 020 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto: TU Ilmenau 2000)

2.2.10.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	203.960,76 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	157.881,22 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	160.800,75 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	43.523,08 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	114.079,58 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMW - Förderung:	
der Gesamtanlage:	77,3 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	72,3 %

2.2.10.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 014 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.10.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat im ersten Messjahr die Garantie erfüllt.

Mit dem Objekt in Güntersberge geht erstmalig im Programm eine Solaranlage in einer Jugendherberge in Betrieb. Die für die Auslegung der Anlage notwendigen vorbereitenden Messungen des Warmwasserverbrauches wurden vom Projektpartner der FH Merseburg durchgeführt.

Das 216 m² große Kollektorfeld deckt die gesamte Süddachfläche eines Bettenhauses. Die Systemtechnik ist im unweit befindlichen Werkstatttrakt untergebracht. Die hydraulische Verbindung des Kollektorfeldes mit dem Speicherkreis über eine erdverlegte Kunststoffwarmwasserleitung sollte sich schon im ersten Betriebsjahr als problematisch erweisen. Die solar gewonnene Wärme wird im Durchlaufprinzip an das Trinkwasser übergeben. Das Warmwasser wird zentral aufbereitet und dann über erdverlegte Leitungen in dem mehrere Hektar großen Areal verteilt. Dies verursacht große Leitungsverluste sowie Versorgungsengpässe in den abgelegeneren Häusern bei starker Nutzung. Problematisch bei der Versorgung derartiger Objekte mit solarer Wärme ist der mit der Belegung einhergehende stark schwankende Warmwasserverbrauch. Längere Vollbelegungszeiten sind, über das Jahr verteilt eher selten und treten dann aber im Sommer auf. Einerseits reicht die Kollektorfläche nicht aus, um im Sommer bei Vollbelegung eine 100 %-Deckung zu erreichen, andererseits geht die Anlage bei Nicht- oder Minderbelegung in den Stillstand. Eine dieser sommerlichen Stillstandzeiten führte im ersten Betriebsjahr zur thermischen Überlastung der oben erwähnten Erdverlegten Kunststoffverbindungsleitung zwischen Bettenhaus (Kollektorfeld) und Werkstatt (Speicherkreis). Die Einbindung des Zirkulationskreises in das solarthermische System könnte einen Teil des Wärmeüberschusses nutzbar machen. Eine Nachrüstung war aus Kostengründen nicht möglich. Aufgrund der sehr geringen Auslastung der Anlage wurde der Garantiertrag während der dreijährigen Intensivmessphase nur im ersten Messjahr erreicht. Der Systemnutzungsgrad liegt bei durchschnittlich 5%!

Kurz vor Ablauf der messtechnischen Betreuung sind nach Aussage des Betreibers größere Umbaumaßnahmen geplant oder sind schon realisiert. Es ist nicht bekannt welcher Art die Umbaumaßnahmen sind und inwieweit diese die Solaranlage betreffen. Es wird dennoch davon ausgegangen (11/2012), dass sich die Anlage in Betrieb befindet.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels (aktive Kollektorfläche 104 m² , Pufferspeicher 5 m³ , FKZ 0329603R)



Abb. 021 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2002)

2.2.11.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	119.680,96 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	69.730,12 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	49.950,84 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	39.809,88 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMWi - Förderung:	
der Gesamtanlage:	75 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	57 %

2.2.11.2 Ergebnisübersicht

Wohngebäude Weißenfels	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren System- nutzungsdauer [DM / kWh] [EUR / kWh]
Bieter	47.000	- -	- -	0,1294
1. Betriebsjahr (07.11.02- 6.11.03)	49.665	90,24 ja	91,27 ja	0,1224
2. Betriebsjahr (04.11.04- 03.11.05)	29.876	54,76 nein	56,30 nein	0,249
3. Betriebsjahr (03.11.05- 02.11.06)	29.587	58,67 nein	59,90 nein	0,252

Tabelle 015 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.11.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat den Garantieertrag im ersten Jahr erreicht.

Mit den etwas über 100 m² Kollektorfläche wurde ein Wäschetrockenplatz des Wohngebietes Kugelberg in Weißenfels überdacht. Eine weitere Innovation besteht aus einem eingesetzten drucklosen Wärmespeicher aus Faserverbundwerkstoffen (GFK). Der Speicher hat ein Fassungsvermögen von 5m³ und ist im Außenbereich aufgestellt. Die Solaranlage unterstützt in drei Wohnblöcken die Erwärmung des Trinkwarmwassers. Um die Wasserhygiene nicht negativ zu beeinflussen, wird die Wärme aus dem Pufferspeicher über ein kleines Nahwärmenetz an insgesamt 4 Trinkwasservorwärmstationen verteilt. Für dieses Verteilnetz konnten vorhandene ungenutzte Rohrleitungen genutzt werden. Die Herausforderung dabei war und ist, sicherzustellen, dass an jeder Vorwärmstation die Wärme aus dem Pufferspeicher anliegt, zugleich aber vermieden wird, dass die Rücklauftemperatur des Wärmenetzes ansteigt und damit die Temperaturschichtung im Pufferspeicher gestört wird. Als ein großes Problem bei der Wärmeverteilung haben sich die Entladeregler erwiesen. Prinzipiell geeignet für die Ansteuerung der Entladepumpen in den 4 Vorwärmstationen ist deren Zuverlässigkeit extrem schlecht. Software- bzw. EMV-Probleme führten dazu, dass mindestens ein Regler pro Woche die Funktion einstellte. Eine Verkettung von Ereignissen führte im Sommer 2006 dazu, dass der Pufferspeicher durch Überdruck beschädigt wurde. Ein Reparaturversuch noch im Juli 2006 war nicht erfolgreich. Bedingt durch die schnellere Verfügbarkeit wurde der defekte Speicher 2007

durch einen Stahlspeicher mit gleichem Speichervolumen ersetzt. Die Anlage erbrachte nur im ersten Garantiejahr den garantierten Ertrag. Das zweite Jahr wurde wegen technischer Defekte ausgesetzt und die Intensivmessphase um ein Jahr verlängert. Die Betriebszuverlässigkeit ließ jedoch weiterhin zu wünschen übrig, so dass mit 55 bzw. 59% der Garantieertrag weit verfehlt wurde. Dementsprechend ist der Systemnutzungsgrad mit durchschnittlich 20-24% sehr niedrig. Es ist sicher bekannt, dass die Anlage in vollem Umfang in Betrieb ist (11/2012) und auch aktiv in Betrieb gehalten wird. Größere Umbaumaßnahmen, außer der beschriebenen, wurden nicht durchgeführt und sind auch nicht geplant.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar (aktive Kollektorfläche 118 m² , Pufferspeicher 6 m³, Förderkennzeichen: 0329603 W)

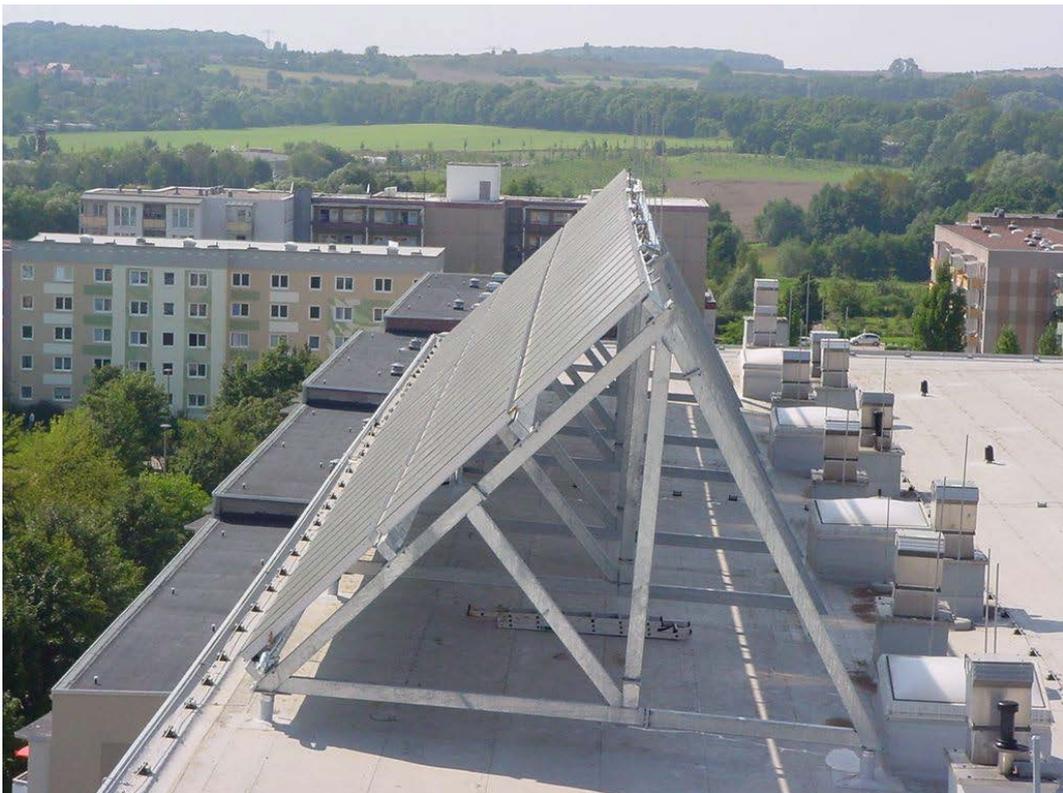


Abb. 022 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2002)

2.2.12.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	139.004,39 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	85.829,78 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	85.732,75 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	56.143,24 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	48.110,05 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.12.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 016 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.12.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat nur im ersten Jahr den Garantieertrag erreicht. Ab dem 4. Betriebsjahr wurden stabile Systemnutzungsgrade erreicht.

Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach eines Wohnhochhauses aufgeständert. Anders als in vergleichbaren Anlagen, ist das Kollektorfeld als zusammenhängende Fläche („Solarsegel“) aufgeständert. Damit sind weniger Durchdringungen der Dachhaut erforderlich und das Feld ist weithin sichtbar. Interessant war zu erfahren, wie das große frei stehende Feld den zu erwartenden Windlasten widersteht. Die großen und besonders stark wechselnden Beanspruchungen wurden deutlich, als nach ca. 3 Betriebsjahren die Befestigungen der Kollektoren überprüft wurden. Ca. 1/3 der Verschraubungen hatten sich in dieser Zeit soweit gelöst, dass eine sichere Verankerung des Einzelkollektors nicht mehr gegeben war. Die Verbindung im Verband wurde nur noch von der Verrohrung der Kollektoren untereinander gehalten. Damit sind die während der messtechnisch betreuten Betriebszeit aufgetretenen Ausfälle des Kollektorkreises nachvollziehbar. In zwei Fällen war plötzlich kein Druck mehr im Kollektorkreis. Die Nachprüfung ergab, dass erhebliche Mengen Kollektorflüssigkeit fehlten, ohne dass ersichtlich war oder festgestellt werden konnte, wo der Wärmeträger ausgetreten ist. Offensichtlich traten in der Feldverrohrung durch Spannung verursachte Undichtigkeiten auf. Die Systemtechnik ist im Keller des gleichen Gebäudes untergebracht. Die Anlage unterstützt die Trinkwassererwärmung von 198 Wohnungen in zwei Gebäuden. Der Garantieertrag wurde nur im ersten Messjahr erbracht. Während der Intensivmessphase verschlechterte sich der Systemnutzungsgrad zunehmend. Umfangreiche Maßnahmen, wie Optimierung der Entladung, Reinigung von Filtern und Wärmetauschern sowie die sorgfältige Entlüftung und hydraulische Einregulierung des Kollektorfeldes sorgten dann ab dem 4. Betriebsjahr für stabile Systemnutzungsgrade. Nach derzeitigem Erkenntnisstand (11/2012) ist die Anlage in Betrieb. Es findet eine regelmäßige Wartung der Anlage statt. Die damit beauftragte Firma ist mit den Eigenheiten der Anlage vertraut. Informationen zu durchgeführten bzw. geplanten Umbaumaßnahmen liegen nicht vor.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera

(aktive Kollektorfläche 105 m², Pufferspeicher 5 m³, Förderkennzeichen: 0329603 X)



Abb. 023 Ansicht der Kollektorfelder (Quelle: Foto: TU I 2003 mit freundlicher Genehmigung von Ing.-Büro Beutler Gera)

2.2.13.1 Kosten / Förderung

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

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMWA - Förderung:	
der Gesamtanlage:	75 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	58 %

2.2.13.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 017 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.13.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat im zweiten und dritten Messjahr den Garantieertrag erreicht.

Die Besonderheit des Objektes in der Eiselstraße in Gera ist, dass ein 1982 in Plattenbauweise errichtetes Wohngebäude umfassend saniert und architektonisch verändert (aufgewertet) wurde. Die Integration des Kollektorfeldes wurde von Anfang an in den Planungen berücksichtigt. Das Kollektorfeld ist in die Schrägdachfläche sowie in die nach Süden ausgerichtete Wand eines Penthaus-Aufbaues integriert.

Aufgrund von Planungs- bzw. Ausführungsmängeln (der Solaranlage) war der Systemnutzungsgrad im ersten Messjahr sehr niedrig. Der Garantieertrag wurde nicht erreicht. Nach der Realisierung der durch die TU-Ilmenau angeregten Umbaumaßnahmen, wurde der Garantieertrag dann problemlos erreicht.

Die Anlage läuft, verglichen mit vielen anderen Anlagen im Programm, relativ zuverlässig. Mehr Probleme gab es in Gera mit der Messtechnik. Es wird davon ausgegangen, dass ungünstige Erdungsverhältnisse vorliegen und das Wohngebiet in einer „gewitterträchtigen“

Gegend liegt. Zu größeren Messdatenausfällen kam es trotzdem nicht.
Im letzten messtechnisch betreuten Betriebsjahr 2010 erfolgten umfangreiche Umbaumaßnahmen an der Solaranlage. Auf Nachfrage wurden Umbauten bestätigt, mit dem Ziel den Ertrag deutlich zu steigern. Welcher Art die Umbauten genau waren, wer sie angeregt bzw. geplant hat, war vom Betreiber nicht zu erfahren. Das Ergebnis der Umbauten sind in jedem Fall nicht höhere Erträge, sondern im Gegenteil ein um ca. die Hälfte zurückgegangener Ertrag. Verwunderlich war die plötzliche strikte Weigerung der Wohnungsgesellschaft, Informationen zu geben bzw. zwecks Optimierung des Systems mit der TU Ilmenau zu kooperieren. Dementsprechend liegen aktuell (11/2012) keine Informationen vor, in welchen Zustand die Anlage ist und / oder ob sie sich noch in Betrieb befindet.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.14 Anlage DRV Bund Reha-Klinik Bad Frankenhausen (akt.Kollektorfläche 646,2 m² , Pufferspeicher 35 m³, Förderkennzeichen: 0329604 A)



Abb. 024 Ansicht der Kollektorfelder (Quelle: Bild Xtoday-Media Verlag 2003)

2.2.14.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	543.807,04 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	528.290,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	461.816,44 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	74.436,60 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	302.900,52 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMW - Förderung:	
der Gesamtanlage:	56 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	50 %

2.2.14.2 Ergebnisübersicht

Reha Klinik der DRV Bund in Bad Frankenhausen	Ertrag [kWh/a]	Solargarantiertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungsgrad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	298.440			0,135
Bieter (Kosten auf Basis Schlussrechnung)				
1. Betriebsjahr (01.04.04 – 31.03.05)	196.386	87,63 nein	88,39 nein	0,205
2. Betriebsjahr (31.03.05 – 30.03.06)	226.974	90,80 ja	89,96 ja	0,177
3. Betriebsjahr (30.03.06 – 29.03.07)	238.662	94,00 ja	92,02 ja	0,169
4. Betriebsjahr (28.03.07 – 27.03.08)	252.002	100,35 ja	98,56 ja	0,16

Tabelle 018 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.14.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat im zweiten und dritten Messjahr den Garantieertrag erreicht.

Mit der Anlage in der Rehaklinik Bad Frankenhausen wurde erstmalig im Programm eine Anlage realisiert, welche nicht nur die Warmwasserbereitung, sondern auch die Raumheizung unterstützt. Konkret heißt das, im Objekt wird neben der Warmwasserbereitung noch die Beheizung der Patientenbäder sowie die Beheizung des klinikeigenen Hallenbades solar unterstützt. Die Wärme hierfür wird von gesamt 646 m² Kollektoren erzeugt. Diese bilden gleichzeitig die komplette südseitige Dacheindeckung von zwei der vier Gebäude. Die Statik der Gebäude erlaubte es, die Systemtechnik der Anlage direkt unter einem der Kollektorfelder im Dachraum unterzubringen. Dies ist in der Hinsicht sinnvoll, da der größte Teil der solar gewonnenen Wärme für die Luftvorwärmung in den Be- und Entlüftungsanlagen genutzt wird. Dafür stehen insgesamt 30m³ Pufferspeichervolumen zur Verfügung. Ein weiterer 5 m³ fassender Speicher ist im Heizungskeller installiert und versorgt die Warmwasserbereitung sowie die Schwimmbadnachheizung mit solarer Wärme. In Anbetracht der Komplexität der Anlage incl. Regelung funktionierte das Gesamtsystem sehr gut. Wegen ausstehender Restleistungen bzw. noch anstehender Regelungsoptimierungen war abzusehen, dass im ersten Messjahr der Garantieertrag nicht erreicht werden wird. Auf Antrag des Betreibers wurde die Intensivmessphase um ein Jahr verlängert. Ab dem zweiten Messjahr hat die Anlage die Garantieerträge erreicht. Kurz nach Beendigung des vierten Intensivmessjahres stand eine Sanierung bzw. umfangreiche Reparatur der Solardächer an. Aufgrund erheblicher Fertigungsmängel der Kollektoren gab es immer wieder Undichtigkeiten einzelner Kollektoren. Des Weiteren entsprach die Abdichtung der Kollektoren untereinander nicht dem technischen Stand und es drangen immer wieder geringe Mengen Regenwasser in das Dach ein. Dies führte dazu, dass dann im Frühjahr/Sommer 2008 fast die Hälfte der Kollektoren ersetzt werden mussten. Nach dem großflächigem Aufnehmen der Kollektoren wurde zudem festgestellt, dass insbesondere der in das Dach eingedrungene Wärmeträger des Kollektorkreises zu starker Schädigung des Dachstuhles geführt hat. Die Anlage ist nach Abschluss der Arbeiten ohne Einschränkung wieder in Betrieb gegangen (aktuell 11/2012).

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

(akt. Kollektorfläche 117 m² , Pufferspeicher 50 m³, Förderkennzeichen: 0329603 Y)



Abbn. 025 Ansicht der Südfassade des Heizhauses mit den installierten Kollektoren
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2005)

2.2.15.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	155.190,83 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	125.766,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	99.480,67 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	52.216,00 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	116.393,12 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.15.2 Ergebnisübersicht

Staatliches Sportgymnasium Oberhof	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs-Gradgarantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Bieter	39.159			0,222
1.Messjahr (28.08.2008 -27.08.2009)	18.302	83,81 nein	75,69 nein	0,502
2.Messjahr (27.08.2009-26.08.2010)	13.267	72,99 nein	57,07 nein	0,693
3.Messjahr (26.08.2010-25.08.2011)	24.283	86,25 nein	80,10 nein	0,379

Tabelle 019 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.15.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Der Garantieertrag wurde in keinem der drei Messjahre erreicht.

Das Sportgymnasium Oberhof besteht seit 1980 und wurde als Sonderlösung ausschließlich über Nachtstrom beheizt. Das notwendige Wärmespeichervolumen wurde durch 5 x 50 m³ fassende Wasserspeicher bereitgestellt. Bei der 2004 begonnenen umfassenden Modernisierung des Objektes wurde auf Holz- Hackschnitzel- bzw. Gasheizung umgestellt. Zwei der fünf Speicher, jeweils einer für Holzkessel und einer für die Solaranlage, wurden in das neue Heizsystem übernommen. Das 117 m² große Kollektorfeld bildet die Südfassade des vollständig verglasten Heizhauses. Die Anlage hat die drei Garantiemessjahre abgeschlossen. Der Garantieertrag wurde in keinem der drei Messjahre erfüllt. Die Ursache ist einmal darin zu suchen, dass für die Garantieertragsnachrechnung eine Methode angewendet wird die für reine Trinkwassererwärmungsanlagen realistisch ist. Bei dieser Methode wird nicht berücksichtigt, dass die Vorlauftemperaturen in das Kollektorfeld, aufgrund des allgemein höheren Temperaturniveaus in Heizkreisen, höher sind. Dann gehen heizungsunterstützte Anlagen in den Sommermonaten öfter in den Stillstand, da Klimabedingt keine Heizwärme benötigt wird. Diesem Fakt wurde in Oberhof versucht, durch den Einsatz eines sehr großen

Puffervolumens entgegenzuwirken. Voraussetzung für das Gelingen ist es, dass sich im Speicher eine gute thermische Schichtung ausbildet. Die zur Anwendung gekommene Schichtladeeinrichtung erfüllt diese Anforderung nicht. Das vom Kollektorfeld gelieferte Temperaturniveau wird mit dem Inhalt des Speichers gemischt. Damit wird nur selten ein Temperaturniveau erreicht, welches für die Einspeisung in die Heizkreise hoch genug ist.

Die Anlage wird von kompetenten und motivierten Mitarbeitern des Betreibers überwacht und befindet sich uneingeschränkt in Betrieb (aktuell 11/2012). Umbaumaßnahmen sind nicht geplant.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.16 Anlage Nationalpark-JH-Harsberg (Kollektorfläche 135,9 m², Pufferspeicher 15 m³, Förderkennzeichen: 0329604D)



Abbn. 026 Ansicht des Kollektorfeldes / 15 m³-GFK Wärmespeicher (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)

2.2.16.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	288.866,79 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	157.102,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	179.439,37 EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	44.018,42 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	104.744,99 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMU - Förderung:	
der Gesamtanlage:	65 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	46 %

2.2.16.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 020 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.16.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Der Garantieertrag wurde mit der ausgeführten Variante/Planung nicht erbracht. Aktuell (11/2012) wird an einem tiefgreifenden Anlagenumbau planerisch gearbeitet!

Das Kollektorfeld ist in das Schrägdach eines Gebäudeteiles der Jugendherberge Harsberg integriert. Die Systemtechnik ist im Keller ebendieses Gebäudes untergebracht. Hier befinden sich auch die Heizkessel, die Heizkreisverteiler sowie die Warmwasserbereitungsanlage. Im Objekt kommt eine Solvis-Kompaktstation zum Einsatz. An diese sind die Wärmequellen (Holz-, Ölkessel, Kollektorfeld), der Pufferspeicher, der Trinkwasserspeicher sowie der Heizkreisverteiler angeschlossen. Die Kompaktstation steuert die Verteilung der Wärme derart, dass sowohl die Solaranlage als auch die Kessel alle Verbraucher bedienen können und der Pufferspeicher als Speicher sowohl für Solaranlage als auch für den Heizkessel genutzt wird.

Im Unterschied zur Funktionsbeschreibung zu dieser Kompaktstation konnten diese Funktionen nie sicher erreicht werden. Nach etwas über zwei Jahren Probetrieb wurde (trotz) massiver technischer Probleme an der Anlage, der Beginn der Messperiode auf den

01.02.2010 festgesetzt. Nach einem Jahr steht fest, dass der Garantiertrag nicht erbracht wird. Eine Optimierung des Systems ist sehr schwierig, da die Hydraulik aufwendig und die Regelung bis heute nicht dokumentiert ist.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt laufen Planungen, das komplette Wärmeverteilsystem neu aufzubauen. Die TU-Ilmenau unterstützt Planer und Bauherr in beratender Funktion.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.17 Anlage solargestützte Kälteversorgung Bürohaus Fürth (Kollektorfläche 87,72 m²,
Pufferspeicher 2x 1,438 m³, Förderkennzeichen: 0329604A)



Abb. 027 Ansicht des Kollektorfeldes (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2006)

2.2.17.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	231.500,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	171.500,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	60.000,00 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	55.750,00 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMU - Förderung:	
der Gesamtanlage:	50 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	24 %

2.2.17.2 Ergebnisübersicht

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

Tabelle 021 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.17.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Bei dem Modellprojekt handelte es sich um die Implementierung und Erprobung eines Anlagensystems zur solarautarken Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in einem mittelständischen Betrieb mit Büronutzung. Dieses Konzept greift den bisher vernachlässigten Aspekt der Klimaveränderung, nämlich die Kühlungsproblematik, auf und strebt damit Nachhaltigkeit im umfassenden Sinn an.

Bemerkung / Hinweis: Betreuung und Monitoring nach der Inbetriebnahme erfolgte nicht durch die Projektgruppe der TU Ilmenau!

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.18 Anlage Wohnanlage Siegfried-Czapski-Straße Jena (Kollektorfläche 300 m², Pufferspeicher 30 m³, Förderkennzeichen: 0329604G)



Abb. 028 Teilansicht eines Kollektorfeldes und eines Gebäudes
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2009)

2.2.18.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	278.984,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	215.484,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	59.500,00 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	85.572,00 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

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

2.2.18.2 Ergebnisübersicht

Solaranlage Jena, Siegfried- Czapski-Str.	Ertrag [kWh/a]	Solarga- rantie- ertrag [%] erfüllt ?	Systemnut- zungs- Gradgaran- tie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren System- nutzungsdauer [EUR / kWh]
Abschätzung	80.600			0,23
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)	118.500			0,254
1. Betriebsjahr (03.03.2011-02.03.2012)	(39.320)*	- -	- -	-
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	-

Tabelle 022 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

* Erfassung bis Ende Dezember 2012 / Garantienachrechnung liegt nicht vor.

2.2.18.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat im ersten Messjahr nach bisheriger Einschätzung die Garantiewerte nicht erreicht.

Die insgesamt 290 m² Kollektorfläche verteilt sich auf den Flachdächern der vier zum Ensemble gehörenden Wohngebäude. Als Wärmespeicher dient ein 30 m³ fassender druckloser GFK-Speicher. Der Speicher wurde kpl. in den Rohbau des Gebäudekellers bei / vor der Gebäudemontage eingebracht.

Die Inbetriebnahme erfolgte mit der Fertigstellung des ersten Gebäudes und war mit dem Bezug des letzten Gebäudes, Ende September abgeschlossen. Der Beginn der ersten Messperiode im März 2011 war begründet durch erhebliche Mängel in der Ausführung der Systemtechnik wie auch in der Ausführung der Messtechnik. Selbst bis zum heutigen Zeitpunkt sind noch nicht alle Mängel abgestellt.

Die einzelnen Wohnungen werden aus der Technikzentrale über ein Wärmenetz mit Heizungswärme und Wärme für die Trinkwassererwärmung versorgt. Jede Wohnung verfügt über eine Wohnungsübergabestation. Das Trinkwasser wird im Durchlaufprinzip für jede

Wohnung separat erwärmt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand (11/2012) sind einige der Ausführungsmängel noch nicht abgestellt. Problematisch ist noch die optimale Einstellung der Wohnungsübergabestationen, um im Wärmenetz möglichst niedrige Rücklauftemperaturen zu erreichen. Des Weiteren ist die optimale Einbindung der Solaranlage (Pufferspeicher) in das Nahwärmenetz (noch) ungenügend.

Um die beschriebenen Probleme lösen zu können, fehlt (nach Einschätzung der TU-Ilmenau) dem Betreiber entsprechend kompetentes Fachpersonal, das in der Lage und eingewiesen ist, die Anlage zu überwachen und gegebenenfalls in den Anlagenbetrieb eingreifen zu können. Das Potenzial zur Erreichung der Projektziele ist nach Einschätzung der TU Ilmenau vorhanden.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.19 Anlage Wohnanlage Sophienhütte Ilmenau (Kollektorfläche 138,5 m², Pufferspeicher 10 m³, Förderkennzeichen: 0329604J)



Abb. 029 Gesamtansicht (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2010)

2.2.19.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	177.000,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	116.000,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	57.000,00 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	59.000,00 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMU-Förderung:	
der Gesamtanlage:	60 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	33,3 %

2.2.19.2 Ergebnisübersicht

Solaranlage Wohnanlage Ilmenau	Ertrag [kWh/a]	Solarga- rantie- ertrag [%] erfüllt ?	Systemnut- zungs- Grad-Ga- rantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren System- nutzungsdauer [EUR / kWh]
Abschätzung	43.350			0,2333
Bieter (Kosten auf Basis Vergabe)				
1. Betriebsjahr	55.285	90,79 ja	76,19 nein	0,1912
2. Betriebsjahr	-	- -	- -	-
3. Betriebsjahr	-	- -	- -	-

Tabelle 023 Ergebnisübersicht

Erläuterung:

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])

2.2.19.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Die Anlage hat im ersten Garantiemessjahr den Garantieertrag erbracht.

Das Kollektorfeld ist architektonisch ansprechend in die Dachschräge des obersten Wohngeschosses integriert. Die Wohnungen der drei Gebäudeflügel werden über ein 2-Leiter-Wärmenetz mit Wärme versorgt. Die zum sinnvollen Einsatz einer solarthermischen Anlage notwendigen niedrigen Rücklauftemperaturen im Wärmenetz werden durch den Einsatz einer Niedertemperaturheizung (Fußbodenheizung) sowie der dezentralen Trinkwassererwärmung mit Wohnungsstationen, erreicht.

Die Ertragsgarantienachrechnung mit TSol ist auf Anlagen zur reinen Trinkwasservorwärmung zugeschnitten. Die Anwendung dieses Simulationsprogrammes für Anlagen mit Heizungsunterstützung wird immer Ergebnisse zu Ungunsten dieser Anlagen erbringen. Trotz dieser Umstände hat die beschriebene Anlage im ersten Garantiemessjahr den Garantieertrag auch hiermit rechnerisch erbracht, obwohl auch zu diesem Zeitpunkt noch Optimierungspotenzial bestand. Es ist somit abgesehen, dass in den folgenden Betriebsjahren die Ertragssituation noch besser wird. Die Anlage wird durch kompetente und motivierte Mitarbeiter des Betreibers überwacht.

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

2.2.20 Anlage solargestütztes Nahwärme- und Kälteversorgungssystem Dessau (Kollektorfläche 500 m², 100 m² Solarluftkollektoren, Pufferspeicher 300 m³, Förderkennzeichen: 0329604K)



Abb. 030 Detailansichten Kollektorfeld / Kältemaschinen (Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2011)

2.2.20.1 Kosten / Förderung

Gesamtkosten:	177.000,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung u. MWSt)- Vergabe:	116.000,00 EUR
Systemkosten (inkl. Planung und MWSt)-Ist:	- EUR
Spez. Messtechnik für ST 2000:	57.000,00 EUR
Zuwendung für Solaranlage:	59.000,00 EUR

Umrechnung von DM zu EUR-Äquivalent-Zu beachten ist beim Anlagenvergleich die u.U. unterschiedliche Mehrwertsteuer !

BMU-Förderung:	
der Gesamtanlage:	60 %
der speziellen zusätzlichen Messtechnik	100 %
Solaranlage inkl. Planung:	33,3 %

2.2.1.3 Zusammenfassung zum aktuellen Status

Dessau – Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung einer ehemaligen Brauerei .

Eine solarthermische Großanlage mit 500 m² -Kollektorfläche und zwei Holzpelletkesseln mit jeweils 500 kW Wärmeleistung sind das Herzstück der neuen Wärmeversorgung. Zur CO₂ -freien Wärme von der Sonne kommt hier das Heizen mit Holz. Das schont die Umwelt und sichert heimische Arbeitsplätze. Im Gegensatz zur Verbrennung von fossilen Brennstoffen, z. B. Heizöl und Gas wird hier kein zusätzliches CO₂ frei gesetzt.

Bemerkung: Die Anlage ist im Wesentlichen realisiert; die Adsorptions-kältetechnik ist in Betrieb. Entscheidungen zur Projektfortführung stehen aus (11/20121).

Eine technische Beschreibung der Solaranlage finden Sie in Anlage 1 !

Ein Hydraulikschema zur Solaranlage finden Sie in Anlage 2!

Die Garantienachrechnungen zur Solaranlage über die Messperioden finden Sie in Anlage 3!

3. Zusammenfassung / Ergebnisbewertung

(Quelle: ZfS-Rationelle Energietechnik-Abschlussbericht zum Projekt 032 9601L August 2007)

3.0 Grundlagen

Das Förderprogramm Solarthermie2000 war mit 80% zu Projektbeginn 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:

- 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 (Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg) zur Betreuung von Anlagen zur solaren Kühlung.

3.1 Entwicklung der solaren Systemtechnik

Im Berichtszeitraum Phase 1 bis Phase 4 wurden zur thermischen Solarenergienutzung nachfolgende Anlagen errichtet und wissenschaftlich –(mess)-technisch begleitet:

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

- Anlage zur Trinkwassererwärmung, Therapiebeckenbeheizung und Heizungsunterstützung (z.B.: Reha Klinik der DRV Bund Bad Frankenhausen)
- Solargestützte Wärmeversorgung (Trinkwassererwärmung und Heizwärme) in solargestützten Wärmenetzen mit (Solar-)Wärmespeichern als Tages-/Wochen-/und Monatsspeichern (z.B.: Wohnanlage Czapski-Str. Jena / Sophienhütte Ilmenau)
- In Wärmenetzen eingebundene Anlage mit Wochen bis Monats(wärme)speicher zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung (z.B.: JH Harsberg)
- In Wärmenetzen eingebundene Anlage mit Wochen bis Monats(wärme)speicher zur Trinkwassererwärmung, Raumheizung und Klimatisierung (z.B.: Anlage Dessau)
- Solarautarke Klimatisierung (z.B.: Bürohaus Fürth)

3.2 Status der Anlagen zum Berichtszeitpunkt

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Status der „Thüringer Anlagen“ zum Zeitpunkt der Berichterstellung im November / Dezember 2012.

Zu bemerken ist, dass mit der zunehmenden Komplexität der neuen Anlagen die Realisierungszeiten sich stetig verlängerten und in Auswertung der Inbetriebnahme und des ersten Probetriebes sich zunehmend sofort Optimierungsbedarf erforderlich machte. Bei der Inbetriebnahme der Anlage JH Harsberg zeigte sich, dass die hier eingesetzte Solvis – Centro für diese Anwendung nicht geeignet war. Nunmehr wird gemeinsam mit den Planer, Betreibern und der TU Ilmenau nach einer Alternativlösung gesucht, die wie jetzt absehbar ist, einen Komplettumbau des Systems erforderlich machen wird.

Anmerkung:

Im Abschnitt 2.2 „Kompakte Anlagen - Beschreibungen - Ergebnisse“ ist der aktuelle und erreichte Stand der einzelnen Anlagen zusammengefasst beschrieben.

Laufende Nr. in Thüringen/ Solar-Thermie 2000/2000+	Status/Anlage	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 Fran- * Kenhausen	√	√	√	√(04)	√
15/57	03Y Oberhof**	√	√	√	√(11)	nein
16/61	04D Harsberg****	√	√	√	√	nein
17/.....	05E Fürth	√(09)				*****
18/62	04G Jena Stadtvil- len***	√	√(12)			nein
19/.....	04J Ilmenau So- Phienhütte	√(10)	√(11)			√
20/.....	04K Dessau*****					

Tabelle 024 aktueller Anlagenstatus

√ aktueller Status

* Nach Umbau würde nach Absprache ein 4. Messjahr angehängt

** permanente Umbaumaßnahmen

*** erhebliche Mängel in der Ausführung der Systemtechnik – Optimierungsmaßnahmen nötig

**** Solvis-Kompaktstation erfüllte die erwartete Funktion nicht, deshalb keine Garantierfüllung möglich.

***** bisher erfolgte keine Anlageninbetriebnahme

***** zum Zeitpunkt der Berichterarbeitung lagen keine Informationen vor.

3.3 Ergebnisse und Bewertung

3.3.1 Grundlage Ergebnisgarantie: 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) der abgemindert (wenn Strahlung und/oder Verbrauch kleiner als in Randbed. LV) wird. Die Garantie ist erfüllt wenn entweder 90% der umgerechneten Energiegarantie vom gemessenen Solarertrag erreicht werden oder 90% des umgerechneten Systemnutzungsgrades erfüllt werden.

3.3.2 Zum Zeitpunkt der Berichterstellung wurden 20 Anlagen betreut, davon sind:

- 19 Anlagen in Betrieb, wobei sich davon
- 16 Anlagen im Langzeitmessprogramm, wobei die Anlage Fürth nicht durch die TU Ilmenau ausgewertet wird und hierzu keine Ergebnisse vorliegen.
- 2 Anlagen in der 2. Messperiode (Sophienhütte Ilmenau / Czapski Straße Jena)
- 1 Anlage befinden sich im Probetrieb (JH Harsberg) – hier ist zur Garantieerfüllung ein grundsätzlicher Umbau der Anlage nötig – die Bereitschaft seitens des Betreibers hierzu liegt vor.
- 1 Anlage ist nahezu realisiert – Entscheidungen zur evtl. Fortsetzung stehen aus (Dessau)

Bemerkung: Von den 19 Anlagen (die durch die TU Ilmenau bewertet werden) und die sich in der Intensivmessphase bzw. im Langzeitmessprogramm befinden, haben die Garantiebedingungen des Programms Solarthermie2000/2000plus bisher 16 erfüllt!

3.3.3 Status im Vergleich der projektteilnehmenden Partner
(siehe hierzu auch Anlage 6)

Im Wesentlichen gelten hier die Aussagen des Berichtes zur Phase 3 aus 2008.

Der Anteil der durch die TU Ilmenau betreuten Projekte zur Gesamtprojektanzahl beträgt ca. 25 % und der Anteil an der Gesamtkollektorfläche beträgt ca. 21 %.

4. Weiterentwicklung der solaren Systemtechnik

- 4.1 (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 (BMU), 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung 2012⁽⁰⁶⁾, Jahresbericht 2011 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien (BMU, März 2012)⁽⁰⁵⁾, Fahrplan Solarwärme – Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030, Juli 2012)⁽⁰⁷⁾).

Im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie werden mit dem Förderkonzept Solarthermie-2000plus“ 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 Nahwärme-konzepte, 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:

- **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- als 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.
- 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 CO₂ – 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" richtete 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 Betreiber-Gesellschaften für Wärmenetze, Wohnungsbaugesellschaften und Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft.

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

- 4.2 (Quelle: „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung – Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung) Forschungsförderung des BMU: ⁰⁶⁾

Niedertemperatur-Solarthermie

„Über die Hälfte (ca. 54%) des Endenergieverbrauches in Deutschland wird heute zur Wärme- bzw. Kälteerzeugung eingesetzt (siehe hierzu auch Abb.001). Solarthermie kann in Kombination mit anderen erneuerbaren Energiequellen, insbesondere Biomasse, langfristig einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige, versorgungssichere und umweltgerechte Wärme- und Kälteversorgungsleistung leisten. Gegenwärtig beträgt ihr Anteil jedoch erst 0,4 % am Wärme-/ Kälteverbrauch und ist zu über 90% auf kleine Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern konzentriert. Die Technologieentwicklung für Großanlagen zum Einsatz in mehrgeschossigen Wohngebäuden und Wohnsiedlungen in Verbindung mit Langzeitwärmespeichern und Wärmenetzen wurde im Rahmen der bisherigen Forschungsförderung Solarthermie2000/2000plus geschaffen und vielfach demonstriert. ... Künftig müssen Solarkollektoren großflächig in Dächer und Fassaden integriert werden, um damit zunehmend auch bautechnische und architektonische Funktionen zu übernehmen. ... Wenn Niedertemperatur-Solarthermie und Energieeffizienztechniken konsequent aufeinander eingesetzt werden, sind Niedrigst- bzw. Null-Energie-Häuser und Solaraktiv-Häuser technisch und wirtschaftlich umsetzbar.“

5. In Phase 4 (aktuelle Abrechnung zur Projektbearbeitung) wurden nachfolgend aufgeführte Projekte innerhalb Solarthermie2000plus nach den aktuellen Förderrichtlinien bearbeitet (Langzeitbetreuung / Intensivmessphase / Probetrieb / Optimierungsphase / Realisierungsbetreuung / Überwachung) und bis auf die Anlage in Dessau realisiert:

Laufende Nr. in Thüringen/ Solarthermie 2000/2000+	Status/Anlage		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 Fran- Kenhausen *		√	√	√	√(04)	√
15/57	03Y Oberhof**		√	√	√	√(11)	nein
16/61	04D Harsberg****		√	√	√	√	nein
17/.....	05E Fürth		√(09)				*****
18/62	04G Jena Stadtvillen***		√	√(12)			nein
19/.....	04J Ilmenau Sophienhütte		√(10)	√(11)			√
20/.....	04K Dessau*****						

Tabelle 024 aktueller Anlagenstatus

- √ aktueller Status
- * Nach Umbau würde nach Absprache ein 4. Messjahr angehängt
- ** permanente Umbaumaßnahmen
- *** erhebliche Mängel in der Ausführung der Systemtechnik – Optimierungsmaßnahmen nötig
- **** Solvis-Kompaktstation erfüllte die erwartete Funktion nicht, deshalb keine Garantierfüllung möglich.
- ***** bisher erfolgte keine Anlageninbetriebnahme
- ***** zum Zeitpunkt der Berichtserarbeitung lagen keine Informationen vor.

6. Vergleich des Arbeitsstandes mit dem bestätigten Arbeitsplan

Grundlage ist der Zuwendungsbescheid aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 16, Kapitel 1602, Titel 68321, Haushaltsjahr 2007, für das Vorhaben:

„Solarthermie2000plus:“Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000/2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 4)“ vom 13.06.2007 und Änderungsbescheide vom 04.09.2009, 20.04.2010, 14.02.2012.

Eine detaillierte Übersicht zu den erreichten Kennwerten ist in Anlage 6 dargestellt.

Der Verwendungsnachweis für die Zuwendungen auf Ausgabenbasis wurde in 10/2012 durch die TU I vorgelegt.

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 4 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 / 16
für Windows:
TRANSSOLAR, Nobelstraße 15, 70569 Stuttgart

Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über
Klimaveränderungen, Kyoto 11.Dezember 1997⁽⁰¹⁾

Bulletin der Bundesregierung Nr. 46-1 vom 26.April 2007 „Regierungserklärung des
Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Klimapolitik der
Bundesregierung“⁽⁰²⁾

WWF Deutschland / prognos AG / Öko-Institut e.V. 2009 „Modell Deutschland – Klimaschutz
bis 2050“⁽⁰³⁾

BMWi / BMU 28.September 2010 „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige
und bezahlbare Energieversorgung“⁽⁰⁴⁾

„Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2011 zur Forschungsförderung im Bereich der
erneuerbaren Energien“, März 2011 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit (BMU)⁽⁰⁵⁾

6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende,
zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ 03. August 2011 Berlin / Herausgeber:
BMWi⁽⁰⁶⁾

Fahrplan Solarwärme – Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein
beschleunigtes Marktwachstum bis 2030⁽⁰⁷⁾

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) Abschlussbericht / Zwischenbericht zur 4. Messperiode
Projekt: DRV Bund Rehaklinik Bad Frankenhausen vom 02.06.2008
- 14) Abschlussbericht / Zwischenbericht zur Messperiode 3. Messperiode
Projekt: Wohngebäude Gera vom 24.08.2008
- 15) Abschlussbericht / Zwischenbericht
Projekt: Sportgymnasium Oberhof vom 19.04.2012
- 16) Abschlussbericht / Zwischenbericht
Projekt: solarautarke Gebäudekühlung Fürth vom 23.12.2010
- 17) Abschlussbericht / Zwischenbericht
Projekt: Jugendherberge Harsberg vom 19.12.2012

- 18) **Abschlussbericht / Zwischenbericht**
Projekt: Wohnanlage Jena Czapski Straße vom 03.02.2012
- 19) **Abschlussbericht / Zwischenbericht**
Projekt: Wohnanlage Ilmenau Sophienhütte vom 16.09.2011
- 20) **Besuchsbericht**
Projekt: Solare Nahwärmeversorgung und Klimatisierung Dessau vom 15.12.2011
- 21) **Anlagenübersicht – Kennwerte zu den vorgenannten Solaranlagen – Stand 2011**
Anlage 5

9.3 Literaturverzeichnis (Phase 4) 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-Forschungsvorhaben 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 Energie-

- quellen. 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-So 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
- 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 RegionRiesa-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 / Wohnungsbau-gesellschaften / 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 ...Generations-übergreifendes 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 Wärmeversorgungssysteme“ 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-Informationenzentrum 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 Wärmeversorgungssysteme“, Zeitschrift Erneuerbare Energien, Verlag SunMedia Hannover, Heft 9 / 2001
- 55) Solarthermie 2000, Teilprogramm 2: Solarthermische Demonstrationsanlagen für öffentliche Gebäude mit Schwerpunkt in den neuen Bundesländern

Wissenschaftlich-technische Begleitung der solarthermischen Demonstrationsanlagen in den südwestlichen Bundesländern Projekt-Nr. 032 9601H: Abschlussbericht zur Laufzeit 01.01.1999 – 31.12.2001 vorgelegt durch Fachhochschule Offenburg im Juni 2002

- 56) BINE-Informationdienst profiinfo I/01: Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme, Herausgeber: Fachinformationszentrum Karlsruhe 2001
- 57) Forschungsbericht- Abschlussbericht-Verbundprojekt Solarthermie-2000, Teilprojekt 3: Solare Nahwärme-Begleitforschung: "Durchführung eines Messprogramms an dem 300 m³ GFK-Pilotspeicher und Untersuchungen zur Optimierung des 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 Nahwärmeversorgungssystem und Diskussion der Möglichkeiten der hydraulischen Einbindung" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau August 2003
- 61) Studienarbeit Hr. Stefan Rottman "Recherche zur wirtschaftlichen Lage und Entwicklung der Solarbranche in Deutschland" erarbeitet im Auftrag der AG Regenerative Energien im Fachgebiet Thermo- und Fluidodynamik an der Fakultät Maschinenbau TU Ilmenau März 2004
- 62) Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 26. August bis 4. September 2002 in Johannesburg - Dokumente - VN-Kommission für nachhaltige Entwicklung –Arbeitsprogramm 2004 - 2017- Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit September 2003
- 63) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit "Förderkonzept "Solarthermie2000plus" Februar 2004
- 66) Schlussbericht zum Forschungsvorhaben 03329606 R, Solarthermie 2000- Teilprogramm3: Solare Nahwärmebegleitforschung "Entwicklung eines neuen Fertigungsverfahrens für saisonale Wärmespeicher aus GFK-Verbundmaterialien für Nahwärmeversorgungssysteme mit einer Senkung der spezifischen Material-, Fertigungs- und Montagekosten"/Laufzeit: 01.04.1998 –31.03.2002, Prof. Knauer, B. u.a., VKA Schönbrunn GmbH
- 64) Forschungsbericht zum BMBF / BMWA-Vorhaben: "Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher" (November 1998 – Januar 2003) 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>
- 88) Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen, Kyoto 11.Dezember 1997
- 89) Bulletin der Bundesregierung Nr. 46-1 vom 26.April 2007 „Regierungserklärung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Klimapolitik der Bundesregierung“
- 90) WWF Deutschland / prognos AG / Öko-Institut e.V. 2009 „Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050“
- 91) BMWi / BMU 28.September 2010 „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“
- 92) „Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2011 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien“, März 2011 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- 93) 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ 03. August 2011 Berlin / Herausgeber: BMWi
- 94) Fahrplan Solarwärme – Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030
- 95) Berichte aus Energie- und Umweltforschung: 50 /2006 OPTISOL Messtechnisch begleitete Demonstrationsprojekte für optimierte und standardisierte Solarsysteme im Mehrfamilienwohnbau AEE – Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf im März 2006

- 96) Prüfberichte Wohnungsübergabestationen Solare Nahwärme Ackermannbogen
Bayrisches Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE Bayern), Garching im
November 2006
- 97) CSHPSS in Germany – Solarthermie-2000 and Solarthermie-2000plus
Solar- und Wärmetechnik Stuttgart 2006
- 98) Solarsysteme im Geschosswohnbau – Technik, Dimensionierung und
Qualitätsstandards , Programmleitung solarwärme AEE INTEC, Gleisdorf
Solarwärme als neuer Standard im Wohnbau, 4. Mai 2006 in Graz
- 99) Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung der Anlagen zur solar gestützten
Kälteerzeugung – Task 25 Solar Assisted Air Conditioning of Buildings
TU Berlin / Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken
- 100) Fraunhofer – Institut für Solare Energiesysteme ISE Freiburg „Jahresbericht 2009“
- 101) „Solares Heizen und Kühlen für eine nachhaltige Energiezukunft in Europa – Vision /
Potenzial / Entwicklungsplan / Strategische Forschungsagenda“
ESTTP European Solar Thermal Technology Platform
Draft, 18. August 2008
- 102) „Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien – Leitstudie 2008
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
Oktober 2008, Berlin
- 103) „Solares Heizen und Kühlen für eine nachhaltige Energiezukunft in Europa – Eine
strategische Forschungsagenda“ , Kap. 8.2 Thermische Energiespeicher
ESTTP European Solar Thermal Technology Platform
Draft, 18. August 2008
- 104) „Von der Brauerei zum Vorzeigeobjekt – CO₂ –neutrale Wärme- und Kälteversorgung
des Denkmals einer großen Brauerei in Dessau mit Sonnenwärme und Biomasse“
J. Bühl TU Ilmenau, G. Lahne ETApplus Köthen
„Erneuerbare Energien“ Juli-Ausgabe 2009, S. 62-63
Verlag und Herausgeber: Sun Media Verlags GmbH Hannover
- 105) „Große Solarwärmeeanlagen – aktueller Stand und Entwicklungsrichtung am Beispiel
Thüringer Anlagen aus dem Bundesforschungsprogramm Solarthermie2000/2000plus
J. Bühl, 01.12.2008 Vortrag an der TU Ilmenau

9.4 Veröffentlichungen und Vorträge mit aktuellen Ergänzungen (Auswahl)

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 – Wärmertank 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

Bundesforschungsprogramm Solarthermie2000plus „Solarthermie im Mehrfamilien-wohnbau an Beispielen“, DI Jürgen Bühl, TU Ilmenau, 31. Bau fachtagung des vtw, 21.03.2007 Erfurt
Vortrag und Veröffentlichung in den Tagungsunterlagen

GFK-Wärmertank 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 Möglichkeiten für die Kunststoffbranche

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
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

„BES - Ein erster Erfahrungsbericht - Weiterentwicklung und Optimierung von Be- und
Entladesystemen für Tank- und Erdbeckenspeicher“, DI Jürgen Bühl, DI Andreas Nilius,
TU Chemnitz 27. Oktober 2009

„Von der Brauerei zum Vorzeigeprojekt - CO₂-neutrale Wärme- und Kälteversorgung des
Industriedenkmal einer großen Brauerei in Dessau mit Sonnenwärme und Biomasse“
Fachzeitschrift „erneuerbare energien“ | Juli 2009 S. 62 -63

“Bundesforschungsprogramm Solarthermie2000 / 2000plus“ Auszug aus Beiträgen der
AG Regenerative Energien im FG TFD , DI Jürgen Bühl, DI Matthias Müller, DI Andreas
Nilius, TU Ilmenau 14.02.2008

“Wärme und Kälte aus der Sonne - Große Solarwärmeanlagen - CO₂- neutrale Wärme- und
Kälteversorgung des Industriedenkmal einer großen Brauerei in Dessau mit Sonnenwärme
und Biomasse“, DI Jürgen Bühl, 16. Symposium REGWA “Nutzung regenerativer
Energiequellen und Wasserstofftechnik“ Stralsund 05.-07.11.2009

“GFK – Wärmespeicher im Programm Solarthermie2000 / 2000plus“ Überblick und
Entwicklungsstand der GFK – Heißwasserspeichertechnik ein Praxisbericht -, DI Jürgen
Bühl, DI. Andreas Nilius, Dipl.-Ing. Rolf Förster, Innovationsforum Erhöhung der
Nutzungspotentiale oberflächennaher Geothermie , Abschlussveranstaltung Weimar 23.-
24.01.2008

Dipl.-Ing. Jürgen Bühl, Dipl.-Ing. M. Müller, Dipl.-Ing. Andreas Nilius, TU Ilmenau, Institut für
Thermo- und Fluidodynamik , “Bundesforschungsprogramm Solarthermie2000 /
2000plus“ Große Solarwärmeanlagen – Informationen und Bemerkungen zu aktuellen Stand
und Entwicklungsrichtung am Beispiel “Thüringer“ Anlagen aus dem Bundesforschungs-
programm Solarthermie2000/2000plus“ Hochschulprogramm der Heinrich-Böll-Stiftung –
Hochschultag an der TU Ilmenau Klima und Energie – Wege zu einer energieautarken Stadt
Ilmenau TU Ilmenau 29.04.2009

Dipl.-Ing. M. Müller, TU Ilmenau, Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Bundesforschungsprogramm Solar-thermie2000/2000plus „Solarthermische Großanlage – Ilmkreislinien Arnstadt Ilmenau, Standort Ilmenau“, Vortrag mit anschließender Möglichkeit der Besichtigung der Anlage Hochschulprogramm der Heinrich-Böll-Stiftung – Hochschultag an der TU Ilmenau Klima und Energie – Wege zu einer energieautarken Stadt Ilmenau TU Ilmenau 29.04.2009

BMU-Broschüre „Nachhaltige Wärmekonzepte“, DI Jürgen Bühl / Mitgestaltung der Praxisbeispiele, Berlin im April 2009

“Weiterentwicklung und Optimierung von Be- und Entladesystemen für Tank- und Erdbeckenspeicher – Methodik und Projektergebnisse“, Tagungsband 19. Symposium Thermische Solarenergie 06. – 08. Mai 2009 Kloster Banz, Bad Staffelstein Seiten 252 ...257, Thorsten Urbaneck, Stefan Göppert, Rolf Lohse, Ulrich Schirmer, Bernd Platzer TU Chemnitz, Jürgen Bühl, Andreas Nilius TU Ilmenau

“Von der Brauerei zum Vorzeigeobjekt – CO₂ – neutrale Wärme- und Kälteversorgung des Industriedenkmal einer großen Brauerei in Dessau mit Sonnenwärme und Biomasse“
Erneuerbare Energien – Monatsmagazin für Zukunftsenergien Heft Juli 2009 Seiten 62 -63
Jürgen Bühl TU Ilmenau Gunnar Lahne ETA-Plus Köthen GmbH

Bühl, J.: Jahresbericht 2008 zum Projekt Solarthermie 2000, Teilprogramm 2+3 / Solarthermie 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 4)
Im PT J – Jahresbericht des FIZ Karlsruhe

Bühl, J.: Jahresbericht 2008 zum Projekt Solarthermie 2000, Teilprogramm 2+3 / Solarthermie 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Projektphase 4)
Beitrag im Forschungsjahrbuch – Erneuerbare Energien 2008 PT J

DI Jürgen Bühl , Institut für Thermo-und Fluidodynamik, Bundesforschungsprogramm Solarthermie 2000/2000plus: „Solarenergienutzung und Effizienzsteigerung in und an Gebäuden: Herausforderung durch EU-Gebäuderichtlinie und Energieausweis für Gebäude (Schwerpunkt Wärmegewinnung (Solarthermie) – Wärmespeicherung – Verteilung)“
Europäische Konferenz Deutschland – Belgien – Österreich – Kalifornien – Israel
„Klimawandel und ökologischer Umbau der Industriegesellschaft“, Erfurt 22. – 23. 09.2010

DI Jürgen Bühl, Institut für Thermo-und Fluidodynamik, Bundesforschungsprogramm Solarthermie 2000/2000plus „Wärmespeicher – Tragende Säule des umfassenden Einsatzes von regenerativen Energien –Druckspeicher aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) eine neue Generation von Wärmespeichern“, 17. Symposium REGWA „Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik“, Stralsund 04.-09.11.2010

10. Erfolgskontrollbericht

Entfällt in dieser Version

11. Kurzfassung des Schlussberichtes

Im vorliegenden Bericht wird die Durchführung der Phase 4 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 2007, für das Vorhaben: "Solarthermie-2000: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000 für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 4)" vom 13.06.2007, und Änderungsbescheide vom 04.09.2009, 20.04.2010 und 14.02.2012.

In der Projektlaufzeit wurden 19 +1 Solaranlagen errichtet/ übernommen.

Die Anlagen sind nachfolgend chronologisch aufgeführt:

- (01) Senioren- und Pflegeheim Jena / FKZ: 0329 602 C
- (02) Senioren- und Pflegeheim der Volkssolidarität in Pößneck / FKZ: 0329 602 J
- (03) Kreiskrankenhaus Neuhaus / FKZ: 0329 602 G
- (04) Südharzkrankenhaus Nordhausen / FKZ: 0329 602 U
- (05) Klinikum Mansfelder Land Hettstedt / FKZ: 0329 602 W
- (06) Kreiskrankenhaus Sonneberg / FKZ: 0329 603 E
- (07) Wohngebäude Leinefelde / FKZ: 0329 602 Y
- (08) Kreiskrankenhaus Ilmenau / FKZ: 0329 602 J
- (09) Wohngebäude Erfurt / FKZ: 0329 602 G
- (10) Kinder - und Erholungszentrum (KIEZ) in Güntersberge / FKZ: 0329 603 K
- (11) Wohngebäude Weißenfels / FKZ: 0329 603 R
- (12) Wohngebäude Weimar / FKZ: 0329 603 W
- (13) Wohngebäude Gera / FKZ: 0329 603 X
- (14) Reha-Klinik der BfA in Bad Frankenhausen / FKZ: 0329 604 A
- (15) Staatliches Sportgymnasium Oberhof / FKZ: 0329 603 Y
- (16) JH Harsberg / FKZ: 0329 604 D
- (17) Bürogebäude Fürth / FKZ: 0329 604 A
- (18) Jena, Siegfried-Czapski-Straße / FKZ: 0329 604 G
- (19) Seniorenwohnanlage „Sophienhütte Ilmenau“ / FKZ: 0329 604 J
- (20) Nahwärmeversorgung Denkmal Schultheiss Brauerei Dessau / FKZ: 0329 604 K

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung sind davon

- 19 Anlagen in Betrieb, dabei sind
- 16 Anlagen im Langzeitmessprogramm (wobei die Anlage Fürth nicht durch die TU Ilmenau ausgewertet wird und hierzu keine Ergebnisse vorliegen).
- 2 Anlagen in der 2. Messperiode (Sophienhütte Ilmenau / Czapski Straße Jena)

- 2 Anlagen befinden sich im Probetrieb (JH Harsberg) – hier ist zur Garantieerfüllung ein grundsätzlicher Umbau der Anlage nötig – die Bereitschaft seitens des Betreibers hierzu vor.
- 1 Anlage ist nahezu realisiert – Entscheidungen zur evtl. Fortsetzung stehen aus (Dessau)

Bemerkung: Von den 19 Anlagen (die durch die TU Ilmenau bewertet werden) und die sich in der Intensivmessphase bzw. im Langzeitmessprogramm befinden, haben die Garantiebedingungen des Programms Solarthermie2000/2000plus bisher 16 erfüllt!

Die Ergebnisse aus der Projektphase 1,2,3 und 4 zeigen, dass solare Vorwärmanlagen mit geringerem solarem Deckungsgrad wirtschaftlich günstig 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 CO₂-neutral. Zur Erreichung der Garantiewerte sind in der Optimierungsphase noch erhebliche Änderungen nötig.

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

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

In der Seniorenwohnanlage „Sophienhütte“ Ilmenau wurde eine solar gestützte 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 soll die Wärme im Zusammenspiel einer großen Solaranlage und zwei (in Summe mit 1 MW Wärmeleistung) Holzpelletkessel CO₂-neutral erzeugt und über ein Wärmeverteilnetz über sieben Übergabestationen auf die jeweiligen Gebäude verteilt werden. Zusätzlich erfolgt mittels einer Luftkollektoranlage die Luftentfeuchtung zur Lagerung sensibler Kulturgüter. Teilbetriebnahmen sind erfolgt. Eine Entscheidung zur Weiterführung der Arbeiten steht zum Zeitpunkt der Berichterstattung aus.

Stand und Weiterentwicklung der Klima- und Schadstoffmessstation:

Die Station wurde entsprechend der finanziellen Möglichkeiten technisch gepflegt, die Nutzungsmöglichkeiten über studentische Arbeiten bei Bedarf weiter entwickelt. Die Daten sind im Internet abrufbar.

Die Projektziele wurden erreicht.

Dipl.-Ing. J. Bühl

21.12.2012

Leiter AG Regenerative Energietechnik
Projektleiter

12. Anlagenverzeichnis

<u>Anlage1</u>	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

<u>Anlage2</u>	Hydraulik schemata
2.1	Anlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena
2.2	Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck
2.3	Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
2.4	Anlage Wohngebäude Leinefelde
2.5	Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
2.6	Anlage Krankenhaus Hettstedt
2.7	Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
2.8	Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
2.9	Anlage Wohngebäude Erfurt
2.10	Anlage KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge
2.11	Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
2.12	Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
2.13	Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
2.14	Anlage Reha – Klinik DRV Bund Bad Frankenhausen
2.15	Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
2.16	Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich
2.17	Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
2.18	Anlage solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena
2.19	Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
2.20	Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

Anlage3 Leistungserbringungen / Nachweise

- 3.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena
- 3.2 Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck
- 3.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 3.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 3.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 3.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt
- 3.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 3.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 3.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 3.10 Anlage KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge
- 3.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 3.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 3.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 3.14 Anlage Reha – Klinik DRV Bund Bad Frankenhausen
- 3.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
- 3.16 Anlage JH Harsberg
- 3.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
- 3.18 Anlage solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena
- 3.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
- 3.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

Anlage4 Nomenklatur / Abkürzungen

Anlage5 Anlagenübersicht / Kennwerte

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 Anlage 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 DRV Bund 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 Wärmeversorgung Czapski Straße 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 des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 28 Solvis Großkollektoren mit je 7,4 m² Kollektorfläche. Diese sind aufgeteilt in 4 parallel verschaltete Stränge zu maximal 8 Kollektoren und ergeben eine aktive Absorberfläche von 201 m². Die Anlage ist als Low Flow-Anlage ausgelegt.

Bezogen auf den gemessenen Warmwasserbedarf von mindestens 26 m³ pro Tag hätte die Kollektorfläche nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programmes "Solarthermie 2000" (100 m² je 7 m³ Warmwasser) noch ca. 100 m² größer sein können, was aber durch Größe und Lage des Daches nicht realisierbar war.

Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben 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 4757Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt.

Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 6 m³ Volumen, die wegen der Art ihrer Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet werden. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 12 m³ 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 dichtgleich 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 Kollektorwirkungsgrade von im Jahresdurchschnitt 45%. Die Temperatur im Bereitschaftsspeicher beträgt ganzjährig 55°C. Die Zirkulation ist ganztägig in Betrieb.

Die Entladung der Puffer erfolgt über einen zweiten Regler. Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über einen Paddelschalter registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald der Paddelschalter einen Durchsatz ermittelt, schaltet er die Pufferentladepumpe P3 ein. Ein Temperaturfühler registriert am Ausgang des Wärmetauschers die Temperatur des in den Pufferspeicher zurücklaufenden Wassers. Je mehr Kaltwasser durch den Wärmetauscher fließt, desto mehr Wärme (Drehzahlregelung der Entladepumpe P3) wird aus den Pufferspeichern entnommen. Diese Funktionen werden von Regler 2 übernommen, der auf die Pumpe 3 wirkt. Der zusätzlich installierte Thermostat sorgt dafür, dass die Entladung der Speicher erst aktiviert wird, wenn die Temperatur in diesen einen Mindestwert besitzt. Dieser Wert ist einstellbar und ist in der Anlage auf 20°C eingestellt. Das Brauchwasser kann, aufgrund des Einsatzes einer 'Thermodestor' Legiokillanlage maximal bis auf 50 °C vorgewärmt werden. Die Begrenzung erfolgt am Wärmetauscher primärseitig durch ein Dreiwege thermostatventil.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems

1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	süd				
Neigung	30°				
Anzahl Kollektoren	28				
Aktive Kollektorfläche	201m²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	5m				

Hersteller, Typ..... : Solvis Solarsysteme GmbH
 Bauartzulassung..... :
 Absorbermaterial..... : Kupfer

Material Verrohrung im Kollektor.....	: Kupfer
Material Wärmedämmung, Dicke, λ	:
Material Frontabdeckung, Dicke.....	: gehärtetes Glas, 4mm
Material Kollektorkasten.....	: Aluminium
Zul. Betriebsüberdruck.....	:
Stillstandstemperatur.....	:
Konversionsfaktor η_0	:
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1	: 3,79 W/(m ² *K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2	: 0,009 W/(m ² *K ²)
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,93
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 12,5 l/m ² *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	: Mineralwolle im Stahlblechmantel/ verzinkt, 40mm, 0,035 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke	: 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.....	: Stratos P6002 Schichtenspeicher
Bauartzulassung.....	:
Volumen je Speicher.....	: 6m ³
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 ²
Material Tauscherplatten, Technologie	: Edelstahl 1.4401, geschraubt

7. Regelung Solarkreis

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

Objektbeschreibung

Das Senioren- und Pflegeheim " Käthe Kollwitz" liegt im Stadtteil Lobeda im südlichen Stadtgebiet von Jena. Eigentümer und Betreiber des Objektes ist die Stadt Jena.

Das Seniorenheim ist ein Plattenbau und wurde im Jahr 1980 fertig gestellt.

Es besteht aus einem Versorgungsbau, einem Verbindungstrakt und einem Wohngebäude. Alle Gebäude sind mit Flachdächern versehen. Das Kollektorfeld der Solaranlage befindet sich auf dem Dach des Versorgungstraktes. Die Haustechnik im Objekt wurde 1994 vollständig saniert. Bis 1997 erfolgte die Sanierung der Gebäudehülle.

Das Heim ist mit 270 Bewohnern ganzjährig voll belegt. In der hauseigenen Küche werden täglich ca. 340 Mittagessen zubereitet.

Der gesamte Warmwasserbedarf wurde gemessen. Er beträgt wochentags ca. 29 m³ sowie sonn- und feiertags ca. 26 m³.



Abb.001 Teilansicht vom Kollektorfeld der Anlage (Foto: TU Ilmenau FG TFD 1998)



Abb. 002 Solarspeicher (2 x I) 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 m² Kollektorfläche. Diese sind aufgeteilt in 2 parallel verschaltete Stränge mit je 3 Gruppen zu 4 in Reihe geschalteten Kollektoren und ergeben eine aktive Absorberfläche von 164 m². Die Anlage ist als Low-Flow - Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 11 m³ pro Tag ausgelegt.

Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (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 m³ Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird drucklos betrieben. Der Ausgleichsbehälter befindet sich in einem angrenzenden Kellerraum unter der Decke. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Solvis. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 7 m³ können ca. 65 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

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- & 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 des Solarsystems

1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Südost	Südwest			
Neigung	22 °	22 °			
Anzahl Kollektoren	5 2 x 7,5m ² 3 x 5m ²	13 10 x 7,5m ² 3 x 5m ²			18 12 x 7,5m ² 6 x 5m ²
Aktive Kollektorfläche	29,5m ²	88,7m ²			118m ²
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über NN	12m	12m			

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

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

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

Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralwolle 40mm, 0,035 W/m²K

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

5. Pufferspeicher

Anzahl.....: 1, stehend, kellergeschweißt
Hersteller.....: Sirch GmbH Kaufbeuren-Neugablonz
Typ.....:
Bauartzulassung.....:
Volumen je Speicher.....: ca. 5,8 m³
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.....: 10 m²
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. 003 Ansicht des Kollektorteilfeldes 1 (Foto: TU Ilmenau, FG TFD 1998)



Abb. 004 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 m² in 2 Strängen zu 8 Kollektoren zu einer Gesamtfläche von 98 m² verschaltet sind. Aufgrund der Tragfähigkeit der Dachfläche konnte auf eine aufwendige Aufständersunterkonstruktion verzichtet werden. Die Kollektoren sind lediglich auf jeweils 500 kg schweren Ankerplatten befestigt. Diese wiederum liegen auf der Bekiesung des Flachdaches auf. Die Anlage ist als Low Flow-Anlage ausgelegt und nach den Dimensionierungsrichtlinien des Programmes „Solarthermie 2000“ ausgelegt. Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich auf dem Dach im Rücklauf des jeweiligen Stranges. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzähler vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 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 5,5m³ fassenden Pufferspeicher drei Wärmetauscher und drei Pumpen. Der Speicher ist vor Ort geschweißt worden und wird wegen der Art seiner Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet. Die Kellerschweißung des Speichers machte sich notwendig, da ein Behälter in dieser Größenordnung nicht im Ganzen in die Kellerräume des Gebäudes eingebracht werden konnte. Die in den Kollektoren in Wärme umgesetzte Solarstrahlung wird über einen Plattenwärmetauscher an den Pufferspeicher übergeben. Der Pufferspeicher kann etwa 70% des Warmwasserbedarfs eines Tages speichern. Die Anlage ist als Vorwärmssystem ausgelegt, d.h. es gelangt solar vorgewärmtes Wasser in den Trinkwasserspeicher, das hier über Fernwärmenachheizung auf die erforderliche Bereitschaftstemperatur gebracht wird. Zusätzlich zur solaren Vorwärmung des Brauchwassers ist erstmalig in einer Anlage des 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 des Solarsystems1. Kollektoren

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

Hersteller, Typ.....: Solvis Solarsysteme GmbH 60 'Tinox'
 Bauartzulassung.....: 71 328 044
 Absorbermaterial.....: Kupfer
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ: Steinwolle mit Glasvliesauflage, 40mm +
 30 mm PUR-Schaum
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas, 4mm
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 20 bar
 Stillstandstemperatur.....: 189,4 °C
 Konversionsfaktor η_0: 0,802
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 3,79 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,009 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,93
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 12 l/m²*h

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.....: 40 m
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Aeroflex 38, 25, 25mm, 0,04 W/m²K Material
 Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralwolle 40mm, 0,04 W/m²K

3. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....: Tyforop Chemie AG
 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.....: 3,05 m²
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. 5,5 m³ 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.....: 3 m²
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.....: 1,5 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

8. Regelung Solarkreis

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

Objektbeschreibung:

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 60 l pro Bett und Tag. Durch die Tragfähigkeit des Flachdaches konnte auf eine aufwendige Aufständerkonstruktion verzichtet werden. Der Pufferspeicher wurde vor Ort, d.h., im Keller zusammengeschweißt. Die Solaranlage wurde am 27. August 1997 in Betrieb genommen.



Abb. 005 Ansicht des Kollektorfeldes (kleines Bild: Kollektormontage) (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

1.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde

Beschreibung der Anlage

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 24 Großkollektoren mit je 7 m² Kollektorfläche. Diese sind aufgeteilt in 2 parallel verschaltete Stränge mit je 3 Gruppen zu 4 in Reihe geschalteten Kollektoren und ergeben eine aktive Absorberfläche von 164 m². Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 11 m³ pro Tag ausgelegt. Um die geforderten 12 L/m²h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (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 m³ Volumen. Aufgrund der engen Platzverhältnisse ist der Speicher mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Der Pufferkreis wird drucklos betrieben. Der Ausgleichsbehälter befindet sich in einem angrenzenden Kellerraum unter der Decke. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über Schichtenladeeinrichtungen der Fa. Solvis. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 7 m³ können ca. 65 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

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- & 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 Solarsystem1. Kollektoren

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

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

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Kupfer
 Rohr Nennweite..... : DN 42
 Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 42 m
 Einfache Länge Rohrleitung innen..... :
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Mineralwolle im Alublechmantel / 30 mm. 0,035 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : 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.....: 7 m³
 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

Das Wohngebäude "Gaußstraße" besteht aus vier aneinander gereihten, in der Längsachse versetzt angeordneten, Gebäudeteilen und steht in der Südstadt. Seine 130 Wohnungen (WE) werden von etwa 400 Mietern bewohnt. Eigentümer und Betreiber ist die Wohnungsbau- und Verwaltungsgesellschaft Leinefelde. Das Gebäude ist 1970 in 5-geschossiger Plattenbauweise errichtet worden. Seine Längsachse ist genau nach Süd ausgerichtet. Fassade, Fenster und Dachhaut wurden 1996 saniert und befinden sich in einem sehr guten Zustand. Das Haus ist nach 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 10 m³/d festgelegt.



Abb. 006 Detailansicht des Kollektorfeldes und der – Aufständering
(Foto: TU Ilmenau FG TDF 2000)



Abb. 007 Ansicht der im Freien aufgestellten Anzeigetafel (energieautark über PV-Modul + Funk-Datenübertragung)(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)



Abb. 008 Details der Solartechnik im Keller (Wärmetauscher) (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

1.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

Beschreibung des technischen Systems

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 708,4 m². Die Anlage ist als Low Flow Anlage ausgelegt. Um bei den unterschiedlich großen Teilfeldern und Strängen im gesamten Feld einen definierten Durchfluss zu erreichen ist jeder Strang mit einem Regulierventil ausgestattet. Die Rohrleitungen der Teilfelder werden getrennt in den Haustechnikraum geführt und dort auf zwei Sammler aufgeschaltet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen geschraubten Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt. Der Pufferkreis enthält zwei Pufferspeicher von jeweils 17,4 m³ Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m³ können ca. 60 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Beide Speicher werden über eine Tichelmannschaltung parallel betrieben. In jedem Speicher befinden sich 3 parallel angeströmte Schichtenladevorrichtungen für den Kollektorkreisvorlauf und je 3 für den 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 Primärseite 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°C wird über die Motormischer Mma und MMb ein Bypassweg geöffnet. Damit wird die Wassertemperatur auf max. 60°C begrenzt. Die Mischventile werden über das DDC-System angesteuert.

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

Einstellwerte

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

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 vom 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 pulsweiten-

moduliertes 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 ganzjährig 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 ²	332,8m ²			
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	10m	10m			

Hersteller, Typ.....: Sunset Energietechnik GmbH
 Bauartzulassung.....: 02-328-024
 Absorbermaterial.....: Kupfer
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Stahl ST37 Material
 Wärmedämmung, Dicke, λ:
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck.....:
 Stillstandstemperatur.....:
 Konversionsfaktor η_0:
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 3,78 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,01 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,92
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 12 l/m²*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, λ: Mineralwolle im Alu-Blechmantel,
50, 38mm, 0,04 W/(m*K)
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralwolle PVCkaschiert, 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 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4301, geschraubt

5. Pufferspeicher

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

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser

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

7. Regelung Solarkreis

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

Objektbeschreibung

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 erteilt. 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.



Abb. 009 Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der Technischen Versorgung und der Apotheke (Foto: TU Ilmenau 2000 / Abb. 009 mit freundlicher Genehmigung durch Ing.-Büro für Licht- und Solartechnik Sondershausen)



Abb. 010 Ansicht der isolierten Solar-Pufferspeicher im Technikraum der Technischen Versorgung (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)

1.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld mit einer Gesamtabsoberfläche von 203,2 m² ist in zwei Teilfelder unterteilt. Beide Felder haben die gleiche Ausrichtung. Das Kollektorfeld auf dem Westdach besteht aus 20 Kollektoren mit einer Absorberfläche von 153 m² und auf dem Ostdach aus 8 Kollektoren mit einer Absorberfläche von 50,2 m². 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 5,5 m³ Volumen. Mit dem Gesamtspeichervolumen von 34,8 m³ können ca. 80 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Speicher sind nach Tichelmann parallel geschaltet, um eine gleichmäßige Entladung beider Speicher zu gewährleisten, sind in den Vorlaufleitungen der Entladekreise 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 Probebetriebes 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 ² Kollektorfläche	12	l/m ² *h
Kollektorfeldgröße Absorber Netto	203,2	m ²
Durchsatz Wärmeträger Kollektorfeld ges.	2.600	l/h
Durchsatz Wärmeträger Pufferbeladekreis	2.400	l/h
Durchsatz Wärmeträger Pufferentladekreis max.	2.200	l/h
Temperaturdifferenz Kollektorfeld-Puffer unten	8 (5-8)	K
Temperaturdifferenz Kollektorkreis-Puffer unten	4 (4-6)	K
Abschalttemperatur Puffer oben	95	°C
Entladetemperaturbegrenzung (über MMA / MMb)	60	°C
Systemdruck im Solarkreis	2,6	bar
Systemdruck im Pufferkreis	0,5	bar

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 Entladeregulierung erfolgt eine Begrenzung der Entladetemperatur durch ein thermostatisches Dreiwegeventil.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems1. 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 ²		
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, λ: Mineralwolle + PU Schaum, 30+30
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: Sicherheitsglas PROTEXIT M, 4mm
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar
 Stillstandstemperatur.....: 189 °C
 Konversionsfaktor η_0: 0,7893
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 2,88 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,018 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,93
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 12 l/m²*h

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, λ: Armaflex HAT, 0,035 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: 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 m²
 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 m³
 Material Behälter..... : Stahl ST37-2
 Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 140mm
 Wärmeleitfähigkeit Dämmung..... : 0,04 W/(m*K) 6. Wärmetauscher

6. Speicherentladekreis/Trinkwasser (Vorwärmung)

Hersteller..... : ALFA-LAVAL, Glinde
 Typ : 76-141
 Ausführungsart nach DIN 1988..... : gelötet
 Fläche..... : 12,9 m²
 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 m²
 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.....: $TR21 < TR22 + 1,6K$ $TR33 > 95^{\circ}C$
 Bemerkungen.....: keine

Pufferentladekreis (P3) Vorwärmung

Hersteller.....: Solar- & Energiespartechnik,
 Neuhaus, Hr. Meßer

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.....: $TR41 > TR42 + 4K$

Ausschaltkriterien.....: $TR41 < TR42 + 1,6K$

Bemerkungen.....: keine

Temperaturbegrenzer

Thermostatisches Dreiwegeventil zur Begrenzung der Entladetemperaturen an WT2 und WT3 (Verkalkung) auf $60^{\circ}C$.

Sicherheitstemperaturbegrenzer (STB) in beiden Speichern oben zur Begrenzung der Speichertemperaturen auf $95^{\circ}C$. P1 und P2 werden abgeschaltet.

Objektbeschreibung

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 zurzeit 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 5.500 l Inhalt installiert.



Abb. 011 Ansicht des West-Daches mit 153 m² Kollektorfläche
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2000)



Abb. 012 Ansicht in der Technikzentrale (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 m². Es ist baulich bedingt in drei Teilfelder aufgeteilt. Das Kleinste, westlich der Gaube Gelegene, besteht aus 4, das Größte, östlich der Gaube montierte besteht aus 12 und das östlich der Brandschutzmauer gelegene besteht aus 6 Kollektoren. Das Kollektorfeld ist in 4 parallelgeschaltete Stränge unterteilt. Der hydraulische Abgleich der einzelnen Stränge erfolgt durch Strangreguliertventile. Kollektorkreispumpe, Wärmetauscher und Volumenstromzähler sind im Keller neben dem Pufferspeicher installiert. Der Kollektorkreis ist mit einer Rückschlagklappe und einem Partikelfilter zum Schutz des Volumenstromzählers vor Verschmutzung ausgestattet. Die in den Kollektoren gewonnene Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Speicherladekreis übergeben. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist, die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Zum Schutz der Membran des Ausgleichsbehälters vor den hohen Wärmeträgertemperaturen ist zwischen Kollektorkreis und Ausdehnungsbehälter ein Abkühlstrecke (Rohrschlange) eingefügt. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt. Der Pufferkreis enthält neben dem 5.540 Liter fassenden Pufferspeicher drei Wärmetauscher und drei Pumpen. Der Speicher ist vor Ort geschweißt worden und wird wegen der Art seiner Beladung als Schichtenladespeicher bezeichnet. Die Kellerschweißung des Speichers machte sich notwendig, da ein Behälter in dieser Größenordnung nicht im Ganzen in die Kellerräume des Gebäudes eingebracht werden konnte. Die in den Kollektoren in Wärme umgesetzte Solarstrahlung wird über einen Plattenwärmetauscher (WT1) an den Pufferspeicher übergeben. Der Pufferspeicher kann etwa 70% des Warmwasserbedarfs eines Tages speichern. Die Anlage ist als 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 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:

Technische Universität Ilmenau, Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidodynamik, AG Regenerative Energie, PF 100565, D-98684 Ilmenau, Tel./Fax 03677 – 69 1827, e-mail: juergen.buehl@tu-ilmenau.de

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 Dreiwegmischventil 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 des Solarsystems1. 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, λ : Glasfasermatte PURSchaum alukaschiert
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas, 4mm
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium eloxiert
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
 Stillstandstemperatur.....: °C
 Konversionsfaktor η_0: 0,779
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 4,21 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,0085
 W/(m²*K²)Winkelkorrekturfaktor.....: 0,86
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*h

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, λ: Aeroflex 25mm, 0,04 W/m²K
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralwolle 35mm, 0,035 W/m²K

3. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....: Metasol Chemie
 GmbHMarkenname.....: 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
 ThüsolarTyp.....:
 Bauartzulassung.....:
 Volumen je Speicher.....: 5,54m³
 Material Behälter.....: Stahl, St37
 Material Dämmung, Dicke.....: Mineralwolle, 150mm Wärmeleitzahl
 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,
 EL1Hersteller.....: Resol
 Nr. Typ: R1, EL1
 Hersteller.....: Meßer
 Nr. Typ: R2, PRB2
 Hersteller.....: Resol
 Nr. Typ: R3, E1/D

Objektbeschreibung

Das Kreiskrankenhaus 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. 013 Ansicht des östlichen Teilfeldes auf dem Schrägdach des Neubaus (Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



Abb. 014 Ansicht Speicher / Solartechnik (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. 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. 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°C . Die Zirkulation ist in den Häusern ganztägig in Betrieb. Die Entladung der Puffer erfolgt über den Regler 2 (Meßer). Entsprechend des Kaltwasserdurchflusses wird über den in der Kaltwasserleitung installierten Volumenzähler SV registriert, ob Kaltwasser entnommen wird. Sobald Durchsatz ermittelt wird, schaltet der Regler die Pufferentladepumpe P3 zu. Der Regler wertet die Impulsfolgefrequenz des Volumenzählers SV aus und erzeugt ein pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung der Entladepumpe. Durch die beschriebene Ansteuerung der Entladepumpe ist gewährleistet, dass auf der Primär- und der Sekundärseite des Entladewärmetauschers gleich große Volumenströme auftreten. Eine gute Auskühlung des Wärmeträgers aus dem Pufferspeicher und damit verbundene niedrige Wassertemperaturen

im Pufferspeicher unten sind gewährleistet. Nach der Vorwärmung des Trinkwassers erfolgt die Verteilung in die einzelnen Häuser.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems

1. Kollektoren

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

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

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, λ: Mineralwolle im Alublechmantel, 100%, 0,04 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: 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.....: 7,85m³
Material Behälter.....: Stahl ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....: Lanatherm, 200mm
Wärmeleitzaahl Dämmung.....: 0,04 w/(m*K)

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser

Hersteller.....: FeroGelsenkirchen
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. 015 Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach der inneren Medizin
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



Abb. 016 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 m² Kollektorfläche. Es sind jeweils 2 Module zu einem Balkonmodul verbunden. Die Röhren in den Modulen sind vom Hersteller um 45° gedreht montiert worden, um eine optimale Ausrichtung der Absorber bei senkrechter Montage zu erreichen. Das gesamte Feld ist in 15 parallelgeschaltete Stränge aufgeteilt. Jeder Strang enthält je nach Balkonzeile 4 bis 6 in Reihe geschaltete Module. Die Stränge 4 und 11 enthalten jeweils die doppelte Anzahl in Reihe geschaltete Module (je zwei parallel). Die Anzahl der von oben ausgehend bestückten Balkonbrüstungen nimmt von rechts nach links zu, da die Fassade in den Morgenstunden von anderen Hochhäusern abgeschattet wird. Das Kollektorfeld hat eine Gesamtabsoberfläche von 119 m². Die Anlage ist als Low-Flow-Anlage für einen Gesamtwarmwasserbedarf von 14 m³ pro Tag ausgelegt. Um die geforderten 15 l/m²·h Volumenstrom in den Kollektoren einstellen zu können, ist jeder Strang mit einem Regulierventil (Tacco Setter) ausgerüstet. Diese befinden sich im Drempeel 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 5 m³ Speicher durch einen 10m³ großen Speicher zu ersetzen. Der Kollektorkreis der Anlage ist nach DIN 4757 Teil 1 eigensicher ausgeführt in der Art, dass im Falle eines Stillstands der Anlage und dem damit verbundenen Verdampfen des Wärmeträgers in den Kollektoren der Ausgleichsbehälter in der Lage ist die gesamte Kollektorflüssigkeit aufzunehmen. Nach dem Abkühlen der Kollektoren werden diese automatisch wieder mit Wärmeträger befüllt. Der Pufferkreis enthält einen Pufferspeicher von 10 m³ Volumen. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten weicht der Speicher von dem üblichen Höhen-Durchmesser Verhältnis ab. Der Speicher hat bei einer Bauhöhe von 3,9 m einen Durchmesser von 1,9 m (beide Maße ohne Isolation). Mit dem Speichervolumen von 10m³ können ca. 70 % des täglichen Warmwasserbedarfes gespeichert werden. Die Entladung des Speichers erfolgt über einen zweiten Wärmetauscher WT2.

Das Regelungssystem der Anlage inklusive Entladung besteht aus 6 unabhängigen Reglern. Die Regelungstechnik ist aus Kostengründen erstmalig im Programm mit in den Messtechnikschaltschrank eingebaut worden. Die Bedien- und Kontrollelemente befinden sich in der rechten Tür des Standschaltchranks. Die Regler und die Elektroinstallation wurden ganz unten in den Schrank installiert. Es wurde konsequent darauf geachtet, dass Netz- und Fühlerleitungen räumlich getrennt im Schrank verlegt wurden. Die Regelung des Kollektor- und des Speicherladekreises erfolgt von R1 (Resol ESF25). Der Regler erfasst mit einer Solarzelle CS10 die Strahlungsintensität. Bei Überschreiten des Schwellwertes von 150W/m² wird die Kollektorkreispumpe P1 eingeschaltet. Die Pumpe des Speicherladekreises (P2) wird zugeschaltet wenn der Regler zwischen den Temperaturmessstellen Kollektorkreisvorlauf (TR11) und Pufferspeicher unten (TR12) eine Differenz größer 8K feststellt. Zum Schutz des Pufferspeichers gegen Übertemperatur ist im oberen Bereich ein Sicherheitsthermostat (STB) installiert. Die Pumpen P1 und P2 werden bei einer Temperatur im Speicher oben von 95°C abgeschaltet.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Low-Flow-Anlagen erfordern, um gute Kollektorwirkungsgrade und damit hohe Erträge erzielen zu können, niedrige Kollektorvorlaufttemperaturen. Dazu ist es erforderlich, den Pufferspeicher bei der Entladung weit herunter zu kühlen. Bei der hier beschriebenen als Vorwärmssystem ausgeführten Anlage werden die Bedingungen dazu gut erfüllt. Die Solarwärme wird über einen in die Kaltwasserzuleitung der Bereitschaftsspeicher eingesetzten Plattenwärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben (Durchlauferhitzerprinzip). Wichtig bei der Umsetzung des Vorwärmssystems ist eine korrekte Auslegung des Plattenwärmetauschers für eine mittlere logarithmische Temperaturdifferenz $>5K$ bei den maximal zu erwartenden Zapfverbrauchsspitzen, und eine für den Einsatzfall angepasste Entladeregulung. 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 $60^{\circ}C$ begrenzt. Dazu sind die Entladestränge mit Dreiwegemischventilen ausgerüstet.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	Feld 5
Ausrichtung	Süd -20°				
Neigung	45°				
Anzahl Kollektoren	170				
Aktive Kollektorfläche	$127,5 \text{ m}^2$				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	40 m				

- Hersteller, Typ.....: SUNDA Solartechnik GmbH
 Bauartzulassung.....: 901-328-108
 Absorbermaterial.....: Aluminium
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ: Vakuum
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas
 Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....: Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck.....:
 Stillstandstemperatur.....:
 Konversionsfaktor η_0: 0,813
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 2,09 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,0001 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,92 / 1,05
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*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, λ: Aeroflex / Mineralfaser in
 Balkonverkleidung integriert, 100%, 0,04 / 0,035 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralwolle alukaschiert, 100%,
 0,035 W/(m*K)
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.....: 10 m³
 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 7. Regelung
Solarkreis

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 14m³/d festgelegt und ergibt sich aus dem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 25 Litern/d bei ca. 560 Bewohnern.



Abb. 017 Teilansicht des Kollektorfeldes (in den roten Verkleidungen ist die Verrohrung der Kollektoren untergebracht. Die Sammelleitungen der Stränge sind unter der Fassadenisolation nach oben in den DrempeI geführt)
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2001)



Abb. 018 Teilansicht eines montierten Balkonmoduls. Die Verkleidungen sind teilweise entfernt.
(Foto: TU Ilmenau 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 240 m² bei einer Gesamtdachfläche von 300 m². Das Kollektorfeld besteht aus 30 Großkollektormodulen mit je 8m² 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 10 m³ 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 unterbrachten 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 $90^{\circ}C$ 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 Wärmetauscher 1 sekundärseitig ein Sicherheitstemperaturbegrenzer installiert. Dieser übernimmt damit auch die Sicherheitsabschaltung des Systems bei Störung. Eine regelungstechnisch realisierte Übertemperaturabschaltung für den Pufferspeicher ist in Punkt 1. beschrieben.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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 Weitläufigkeit des Objektes und 2. die Höhenunterschiede der einzelnen Verbraucher (bis 20m). Um die Versorgung der höhergelegenen Zapfstellen besonders in verbrauchsstarken

Zeiten sicherzustellen, wurde im hochgelegenen Heizhaus eine Warmwassernachspeisung installiert (TANON). Die Nachspeisung erfolgt abhängig vom Druck im Trinkwassersystem. Die Zirkulation wird ausschließlich von der WWB im Werkstatttrakt betrieben. Nach Inbetriebnahme der Solaranlage stellte sich heraus, dass der TANON nicht wie vorgesehen nur die Lastspitzen abfing, sondern bis zu 50% des Gesamtbedarfes nachspeiste und dies unabhängig von der Verbrauchssituation. Nach einer probeweisen Abschaltung des TANON stellte sich weiterhin heraus, dass die oberen Teile des versorgten Gebietes von der Zirkulation nicht erreicht wurden. Das Wasser wurde kalt. Hydraulik und Leitungsführung konnten nicht nachvollzogen werden, da keine aktuellen Revisionsunterlagen existieren.

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

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

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	216 m ²				
Wärmeträgerinhalt					
Höhe über Grund	5 m				

Hersteller, Typ.....: Sonnenkraft IMK8
 Bauartzulassung.....: 02-328-083
 Absorbermaterial.....: Cu / selektive Beschichtung
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Cu
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ:

- Material Frontabdeckung, Dicke.....:
 Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....:
 Zul. Betriebsüberdruck.....:
 Stillstandstemperatur.....:
 Konversionsfaktor η_0:
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1:
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2:
 Winkelkorrekturfaktor.....:
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l / m² • h
2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher
 Material Rohr, DIN.....: Cu
 Rohr Nennweite.....: DN 22, DN 28, DN 35, DN40
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....: 0m
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....: 40m
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ: -
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: 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.....: 10,0 m³
 Material Behälter.....: Stahl, RSt37-2 Material
 Dämmung, Dicke.....: Mineralwolle, 150mm
 Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,035 W / m K
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: nicht 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 m² wurde fast vollständig mit insgesamt 30 Großkollektoren zu je 8 m² Fläche belegt. Die Gesamtabsorberfläche (aktive Kollektorfläche) beträgt 216 m². Die vorbereitenden Untersuchungen und Messungen, die durch die FH Merseburg als hochschulbegleitende Einrichtung durchgeführt wurden, ergaben einen Auslegungsverbrauch von 14,8 m³/d. Seit Dezember 1999 wird die Anlage durch die TU Ilmenau betreut.



Abb. 019 Gesamtansicht des Kollektorfeldes auf dem Dach des Bettenhauses 1 (aus südwestlicher Richtung) (Foto: KIEZ Güntersberge)



Abb. 020 Vorwärmetauscher. Darüber befinden sich die Wärmetauscher für die Nachheizung. (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 6,5 m² 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 dass es zu nachweisbaren Störungen in der Temperaturschichtung des Pufferspeichers kommt. Die Warmwasserbereitungsstationen sind ebenfalls (hydraulisch) identisch ausgeführt. Sie enthalten jeweils einen 500 Liter Speicher, eine Trinkwasseraufbereitungsanlage (hoher Kalkgehalt des Wassers) und den Nachheizkreis über Fernwärme. Das gesamte Heizungs- und Warmwasserbereitungssystem wird über eine Gebäudeleittechnik der Fa. Riedel Automatisierungstechnik, Berlin gesteuert.

Beschreibung 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 Wassers aus dem Speicher erfolgt. P3 wird trotz anliegender Verbrauchsimpulse nicht angesteuert, wenn die Warmwassertemperatur am Ausgang von WT2 (TR21) einen einstellbaren Wert übersteigt (60°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°C überschreitet. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat (STW) installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von 95°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 ²				
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, λ..... : 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 η_0: 0,779
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 4,21 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,085 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,86
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*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, λ: k.A., 35 mm, k.A. W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: 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 m²
 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 m³
 Material Behälter.....: Glas Faserverstärkter Kunststoff (GFK)
 Material Dämmung, Dicke... : Liaver Blähglasgranulat, 170 mm
 Wärmeleitzahl 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 m²
 Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

7. Regelung Solarkreis / Belade- / Entladekreise / Solarkreis

Hersteller.....: Dr. Riedel Automatisierungstechnik

Nr. Typ: MRE

Beladekreis (Entladekreis)

Hersteller.....: Dr. Riedel Automatisierungstechnik

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 5 m³. Das Trinkwasser wird dezentral direkt an den 4 Stationen vorgewärmt (siehe Strangschemata im Anhang). Die Anlage ist für einen Warmwasserverbrauch von 7 m³/d ausgelegt. Die ausgeführte Absorberfläche (aktive Kollektorfläche) beträgt 104 m².



Abb. 21 Ansicht des Kollektorfeldes aus südöstlicher Richtung. Im Hintergrund ist ein der am System angeschlossenen Wohngebäude zu sehen. (Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)



Abb. 022 Ansicht des im freien aufgestellten GFK-Wärme-Pufferspeichers
(Foto: TU Ilmenau FG TFD 2002)

1.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld besteht aus 18 Großkollektoren zu je 6,5m² Absorberfläche und ist in 6 parallel geschaltete Stränge zu je 3 Kollektoren unterteilt. Die Kollektoren werden von einer Stahlkonstruktion getragen (siehe Abbildung). Die Verbindung der Kollektoren mit dem Pufferspeicher erfolgt über eine durch das Treppenhaus des Blockes C verlegte Leitung. Für den Pufferspeicher sowie die Ausdehnungsgefäße für Kollektor- und Speicherkreis und den Kollektorkreiswärmetauscher steht ein separater Kellerraum im Gebäude zur Verfügung. Der kombinierte Regelungs- / Messtechnikschaltschrank und die Vorwärmstation für Gebäude C sind im Haustechnikraum für die Warmwasserbereitung direkt neben dem Speicherraum angeordnet. Die Trinkwasservorwärmung in der Warschauer Str. 26c erfolgt im ca. 120m entfernten Haustechnikraum.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

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 Entladeregler 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 Wassers 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

1. Kollektoren

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

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

- Winkelkorrekturfaktor.....: 0,87
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*h
2. 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, λ:
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Mineralfaser, 50mm, 0,04 /m²K im Gebäude
 Material Rohr, DIN.....: Stahl, DIN2448
 Rohr Nennweite.....: DN 42
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....:
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....: 60m
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ: Mineralfaser, 50mm, 0,04 /m²K
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ:
3. Wärmeträger Solarkreis
 Hersteller.....: Metasol Chemie GmbH
 Markenname.....: Tyfocor L
 Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40 % / k.a.
 Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol
4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)
 Hersteller.....: Funke
 Typ: GPL 6-65/2-Weg
 Ausführungsart nach DIN 1988.....: -
 Fläche.....: 3,72 m²
 Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet
5. Pufferspeicher
 Anzahl.....: 1, stehend
 Hersteller.....: Thüsolar, Rudolstadt
 Typ.....: k.A.
 Bauartzulassung.....: k.A.
 Volumen je Speicher.....: 6,0 m³ Material
 Behälter.....: Stahl, ST37-2
 Material Dämmung, Dicke.....: Weichschaum, 100mm
 Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,4 W/(m*K)
6. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2a)
 Hersteller.....: Funke
 Typ: GPL 7-60 L 2-Weg
 Ausführungsart nach DIN 1988.....: k.A.
 Fläche.....: 6,89 m² Material
 Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

7. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser (WT2b)

Hersteller.....: Funke
 Typ: GPL 60-90
 Ausführungsart nach DIN 1988.....: k.A.
 Fläche.....: 5,19 m² Material
 Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl 1.4401, gelötet

8. 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 einhält 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 8 m³ ausgelegt. Das Kollektorfeld ist auf dem Flachdach des westlichen Gebäudes aufgeständert. Es wurde so installiert das es von der Straße gut zu sehen ist (siehe Abb. 1). Die Anlagentechnik sowie der 6m³ fassende Stahlspeicher befinden sich in zwei Kellerräumen direkt unter dem Kollektorfeld. Die Trinkwasservorwärmung erfolgt unmittelbar an den beiden Warmwasserbereitungsstationen in den Aufgängen Warschauer Str. a/b und c. Die ausgeführte Absorberfläche beträgt 118 m².



Abb. 023 Ansicht des Kollektorfeldes (-Segels) auf dem Dach des Wohngebäudes Warschauer Straße 26 (Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)



Abb. 024 Aufständering der Kollektoren (Stahlkonstruktion) auf dem Flachdach. Die Neigung beträgt 45° (Foto: J. Bühl Ilmenau 2002)

1.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld wurde mit 29 Flachkollektoren zu je 2,69 m² (Bruttofläche) dachintegriert mit einer Neigung von 30° und 10 Kollektoren in Vorwandinstallation mit 90° Neigung realisiert. Die aktive Kollektorfläche beträgt 98,5 m². 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/m²*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 m³, 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 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 Haustechnikschaltkasten 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 m³/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/ Glykologemisch und reinem Wasser nur ca.1,3 m³/h. Die Pufferbeladepumpe darf nur laufen, wenn auch die Kollektorkreispumpe eingeschaltet ist.

Pufferentladekreis

Funktionsprinzip der Trinkwasservorwärmung: Um bei der Entladung der Pufferspeicher möglichst geringe Rücklauftemperaturen 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.

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. Die im 5.000 l 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 Entladeregulierung. Als praktikable Lösung hat sich die Nutzung der Impulse des im Rahmen der Messtechnik verwendeten Volumenstromzählers in der Kaltwasserleitung für die Steuerung der Entladepumpe P2 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 Dreiwegmischventil ausgerüstet.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten

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 ²	25,3m ²			
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, λ: 40 mm Mineralwolle
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: gehärtetes Glas, 4 mm
 Material Kollektorkasten Sammlerkasten.....: Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar
 Stillstandstemperatur.....: 210 °C
 Konversionsfaktor η_0: 80,8%
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 3,518 W/(m²*K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,012 W/(m²*K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,96
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*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, λ: Armaflex, 25mm, 0,045 W/(m*K)
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ: Armaflex, 25 mm, 0,045W/(m*K)
3. Wärmeträger Solarkreis
- Hersteller.....: Metasol Chemie GmbH
 Markenname.....: Tyfocor LS
 Konzentration / Frostfestigkeit.....: 40%/60 %
 Basisstoff.....: 1,2 Propylenglykol
4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis
- Hersteller.....: WTT GmbH
 Typ: 55,2 kW
 Ausführungsart nach DIN 1988.....: k. A.
 Fläche.....: 3,54 m²
 Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl gelötet
5. Pufferspeicher
- Anzahl.....: 1
 Hersteller.....: Sirch Behältertechnik GmbH
 Typ.....: kellergeschweißt
 Bauartzulassung.....: k. A.
 Volumen je Speicher.....: 5 m³
 Material Behälter.....: Stahl ST37-2
 Material Dämmung, Dicke.....: Weichschaum, 100mm
 Wärmeleitzahl Dämmung.....: 0,05 W/(m*K)

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis/Trinkwasser

Anzahl.....: 2 Stück parallel
Hersteller.....: WTT GmbH
Typ: WP5-U40 (30 kW) Ausführungsart
nach DIN 1988.....: k. A.
Fläche.....: 2,3 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: Edelstahl gelötet

7. Regelung Solarkreis

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

1.14 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 das 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 5m³ und wird über zwei Beladekreise aus den beiden 15m³ Speichergruppen der Solarsysteme beladen. Den beiden Systemen steht jeweils ein Speichervolumen von 15m³ 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 646,2 m² bestehen aus jeweils 32 Großkollektoren zu je 10 m² 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 Lufterwärmung bzw. Nachheizung. Je nach Außentemperatur (Ansaugluft) und zur Verfügung stehenden 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 5 m³ 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 (5 m³) 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 5m³ 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 Luftvorwärmbetriebes zu verhindern, wird mittels eines Dreiwegeventils eine Bypassschaltung aktiviert. Bei Lufttemperaturen ab ca. 9°C erfolgt, wie oben beschrieben, keine Luftvorwärmung mehr. Stattdessen 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 $12 \text{ l/m}^2\text{h}$ 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^3/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 $< 8^\circ\text{C}$ und die Differenz Kollektortemperatur zu Außenlufttemperatur $> 10 \text{ K}$ 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 Vorwärmsystems 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 Luft Solltemperatur \geq z.B. 3 K 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 Rücklauftemperaturen 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 soweit 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 $10^\circ C$ unterschreitet. Das Dreiwegeventil am Wärmetauschereingang begrenzt die Temperatur primär auf max. $60^\circ C$ (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 Führungsgrößengeber 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 ($28 - 30^\circ C$, dann Entladung nur, wenn Pufferspeicher $46^\circ C$ hat) und wenn die Beckenumwälzpumpe läuft. Das Dreiwegeventil begrenzt die Beckenwasserbeheizung auf die Solltemperatur (z.B. $38^\circ C$).

Pufferspeicherumladung

Die Speicherbeladepumpen (O / P) für den im Keller stehenden $5 m^3$ -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 $\geq 6K$ ist.

Übertemperaturbegrenzung

Ein Reglerfühler im Pufferspeicher oben schaltet den Kollektorkreis und die Pufferbeladung ab, wenn dort die Temperatur $95^\circ C$ überschreitet wird. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme ist am Pufferspeicher oben ein Übertemperaturthermostat (STB) installiert, welches die gleiche Aufgabe bei Erreichen von $95^\circ C$ erfüllt.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd +20°	Süd -20°			
Neigung	22°	22°			
Anzahl Kollektoren	32	32			
Aktive Kollektorfläche	323 m ²	323 m ²			646 m ²
Wärmeträgerinhalt	k.A.	k.A.			
Höhe über Grund	20 m	20 m			

Hersteller, Typ.....: SCHÜCO, GK.2-10 AI
 Bauartzulassung.....: k.a.
 Absorbermaterial.....: Kupfer
 Beschichtung: Sunselect
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ: PU-Hartschaum, 40mm
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: Solarglas, gehärtet, 4mm
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium, natur
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar
 Stillstandstemperatur.....: 209°C
 Konversionsfaktor η_0: 0,787
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 3,74 W/(m²K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,0122 W/(m²K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,90
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*h

3. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN.....:
 Rohr Nennweite.....:
 Einfache Länge Rohrleitung außen.....:
 Einfache Länge Rohrleitung innen.....:
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ :
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ :

3. Wärmeträger Solarkreis

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

4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT2, WT4)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH
Typ: VT10 CDS-16
Ausführungsart nach DIN 1988.....:
Fläche.....: 5,41 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

5. Pufferspeicher

Anzahl.....: 5, stehend
Hersteller.....: Thüsolar-GmbH, Rudolstadt
Typ.....: Stahl-Standspeicher
Bauartzulassung.....:
Volumen je Speicher.....: 4 x 7,5 m³; 1 x 5 m³
Material Behälter.....: ST37-2
Material Dämmung, Dicke.....:
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....:

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Lüfterwärmung (WT1, WT3)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH
Typ: VT10 CDS-16
Ausführungsart nach DIN 1988.....:
Fläche.....: 5,98 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

7. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwasser (WT5)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH
Typ: VT04 CD-16
Ausführungsart nach DIN 1988.....:
Fläche.....: 9,36 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt / geklebt

8. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Schwimmbadnachheizung (WT6)

Hersteller.....: GEA Ecoflex GmbH
Typ: VT20 CDS-10
Ausführungsart nach DIN 1988.....:
Fläche.....: 2,85 m²
Material Tauscherplatten, Technologie.....: 1.4401, geschraubt

9. 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 m² 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 Probebetrieb 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. 026 Gesamtansicht des Objektes (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



Abb. 027 Teilansicht des Westfeldes mit Firstkonstruktion (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



Abb. 028 Teilansicht mit Konstruktionsdetail Strahlungsmessung in der
Kollektorebene (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)

1.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld ist in die Gasfassade 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 Firma Thüsolar, Rudolstadt, www.thuesolar.de) belegt. Es sind jeweils 3 * 10 und 2 * 8 Kollektoren in Reihe geschaltet. Die aktive Kollektorfläche beträgt 117,30 m². Die Feldneigung horizontal beträgt 90°. Das Feld ist nach Süd +20° ausgerichtet.

Entsprechend des Standes der Technik, den Erfahrungen des Planers sowie des Projektträgers PTJ aus dem bisherigen Verlauf des Programms "Solarthermie 2000" wurde die Solaranlage als "LOW FLOW"- System realisiert. Dies führt durch einen geringeren Verrohrungs-aufwand (Senkung der Rohrdurchmesser und damit der Dämmschichtdicken, unkompliziertere Reihenschaltung der Kollektoren) zu einer deutlichen Senkung der Investitionskosten gegenüber einem konventionellen System.

Der Kollektorkreis wird mit einem Ausdehnungsgefäß und einem Überdruckventil abgesichert. Das Ausdehnungsgefäß wird so ausgelegt, dass es zusätzlich zur durch Wärmeausdehnung bedingten Volumenzunahme des Wärmeträgers das gesamte Kollektorfeldvolumen aufnehmen kann. Dadurch wird erreicht, dass auch bei Pumpenausfall im Hochsommer keine Flüssigkeit aus dem Sicherheitsventil austreten kann (Eigensicherheit der Anlage).

Mittels der Solarkreispumpe (P1) wird das Wärmeträgermedium (Wasser- Frostschutzmittelgemisch) durch den Kollektorkreislauf gepumpt. Die Regelung des Solarkreislaufes erfolgt mittels einer Temperaturdifferenzregelung (Temperaturmessung mittels Messfühler am Kollektorfeld (TKoll) und am Pufferspeicher (unten) (T1)). Bei Überschreitung eines (einstellbaren) Schwellwertes dieser Temperaturdifferenz wird die Pumpe eingeschaltet und die thermische Energie vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher WT 1 transportiert. Bei Unterschreitung eines weiteren Schwellwertes der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor- und Speicher-temperatur wird die Pumpe wieder abgeschaltet.

Bei Überschreitung eines einstellbaren Schwellwertes zwischen der Kollektortemperatur und der unteren Temperatur im Solarspeicher (TS3) wird die Solarkreispumpe P17 zugeschaltet.

Die von den Solarkollektoren gewonnene Wärmeenergie wird über den Wärmetauscher vom Solarkreis an den Pufferkreis übergeben. Bei Überschreitung eines einstellbaren Schwellwertes zwischen dem Fühler TSR (Rücklauf vom Wärmetauscher zu den Solarkollektoren) und TS3 wird die Pufferladepumpe P7 zugeschaltet. Die auf diesem Wege erreichte Zeitverzögerung zwischen dem Zuschalten von P17 und P7 sichert, dass die Pufferbeladung erst dann beginnt, wenn die Primärseite des Solarkreiswärmetauschers wärmer als der Rücklauf des Pufferladekreises ist. Dies verhindert eine Auskühlung des Puffers in der Anlaufphase der Speicherladung. Die Speicherung der Solarwärme erfolgt im Normalbetrieb in einen (der bei-den großen) Pufferspeicher (Volumen: jeweils 50.000 Liter). Zur Minimierung der Wärmeverluste sind die Pufferspeicher allseits mit Mineralwolle (18 cm stark) wärmegeämmt. Der direkt vom Wärmetauscher beladene Speicher (Speicher 1 = Arbeitsspeicher) wurde mit einer internen Schichtbeladevorrichtung (Ratiotherm Dollstein)

zur Sicherung einer geschichteten Be- und Entladung des Speichers nachgerüstet. Der zweite Speicher wird zur Überbrückung der sommerlichen Schließzeit des Gebäudes eingesetzt. Dazu werden sommerliche Überschüsse aus dem Arbeitsspeicher in den Speicher (Speicher 2) umgeladen und nach Ende der Schließzeit in den Heizkreis eingespeist.

In den Sommerferien ist Speicher 1 nach ca. 4 bis 5 Tagen zu mehr als 50 % geladen (sommerliche Witterung vorausgesetzt).

Bei Speicherbeladung wird dann kaltes Wasser aus dem Heizungspuffer -Speicher 2- (unten) entnommen und über den Solarwärmetauscher erwärmt und mittels der Schichtbelade-vorrichtung in Speicher 1 temperaturgerecht eingeschichtet. Der Speicher 2 (Heizungspuffer) wird von oben nach unten aus dem Arbeitsspeicher der Solaranlage durchgeladen. Die in Speicher 2 umgeschichtete Wärmelieferung der Solaranlage wird nach dem Ende der Schließzeit dem Heizungsverteiler zugeführt und in der Heizungsanlage genutzt.

Alle Niedertemperaturheizkreise werden von einem separaten Verteiler (Verteiler 2; Vorlauf-temperatur maximal 45 °C) versorgt. Dieser Verteiler (gehört zum Leistungsumfang des Gewerkes „Heizung“) befindet sich im Zentralgebäude in unmittelbarer Nähe der Niedertemperaturverbraucher. Sobald ein Niedertemperaturverbraucher (Fußbodenheizung oder Trinkwassererwärmung) Wärmebedarf meldet, wird der Speicher 1 direkt auf den Niedertemperaturverteiler entladen. Soweit vom Solarpufferspeicher die Solltemperatur des Niedertemperaturverteilers von maximal ca. 45°C nicht erreicht wird, wird die dem Fußbodenheizkreis fehlenden Energie über den Nachheizwärmetauscher direkt in den Vorlauf der Fußbodenheizung geliefert. Der Rücklauf der Fußbodenheizung geht ständig über den Solarpufferspeicher. Vom Niedertemperaturverteiler werden alle Fußbodenheizkreise und sonstigen Nieder-temperaturheizkreise mit Wärme versorgt. Gleichfalls werden von diesem Verteiler die Trinkwarmwasserbereiter versorgt.

Zur Sicherung einer optimalen Temperaturschichtung im Speicher 1 erfolgt die Einspeisung des Rücklaufs des Entladekreises wieder über die interne Schichtbeladevorrichtung, die auf den Volumenstrom der Beladung des Verteilers 1 ausgelegt ist.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Ursprünglich war vorgesehen nur das Zentralgebäude mit einer solar unterstützten Trinkwassererwärmung auszustatten. Da sich die Fertigstellung des Zentralgebäudes erheblich verzögerte, die Solaranlage aber schon in Betrieb und damit ohne Wärmelast war, ist kurzfristig die Warmwasserbereitung des Jungeninternates an die Solaranlage angeschlossen worden. Dazu musste eine zusätzliche Versorgungsleitung zwischen dem Niedertemperaturverteiler im Zentralgebäude und dem Haustechnikraum des Internates verlegt werden.

Die solar gewonnene Wärme wird vom Heizhaus zum, im Keller des Zentralgebäudes untergebrachten, Niedertemperaturverteiler übergeben. Von diesem aus werden alle Verbraucher versorgt. Die solare Trinkwassererwärmung erfolgt im Durchlaufprinzip. Die Entladepumpe wird mit einem Entladeregler Typ: Enreg1 (Fa. ConSens) angesteuert.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Heizungsunterstützung

Zentralgebäude und Schulräume sind auf die Belange der solarthermischen Einbindung zur Heizungsunterstützung (niedriges Temperaturniveau) hin mit Fußbodenheizungen ausgestattet. Die solare Wärme wird aus dem Niedertemperaturverteiler entnommen und über einen Plattenwärmetauscher in den Rücklauf des zentralen Fußbodenheizkreises eingespeist. Reicht die zur Verfügung stehende Wärme nicht aus, um die Vorlauftemperatur im Heizkreis zu erreichen, erfolgt eine Nachheizung über das konventionelle Heizsystem.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd +20°				
Neigung	90°				
Anzahl Kollektoren	46				
Aktive Kollektorfläche	117,3 m ²				117,3 m ²
Wärmeträgerinhalt	k.A.				
Höhe über Grund	5 m				

Hersteller, Typ.....: THÜSOLAR, Thüsol 2.8
 Bauartzulassung.....: k.A.
 Absorbermaterial.....: Kupfer
 Beschichtung:.....: Sunselect
 Material Verrohrung im Kollektor.....: Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke,: PUHartschaum, 40mm
 Material Frontabdeckung, Dicke.....: Solarglas, gehärtet, 4mm
 Material Kollektorkasten.....: Aluminium, natur
 Zul. Betriebsüberdruck.....: 10 bar
 Stillstandstemperatur.....: k.A.
 Konversionsfaktor η_0: 0,806
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1: 4,07 W/(m²K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2: 0,0069 W/(m²K²)
 Winkelkorrekturfaktor.....: 0,83,2
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....: 15 l/m²*h

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Cu
 Rohr Nennweite..... : DN 40
 Einfache Länge Rohrleitung außen..... :
 Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 15 m

Material Wärmedämmung außen, Dicke, η :
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, η : Mineralwolle, 40mm

3. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Elbechemie GmbH
 Markenname..... : Tyfocor L
 Konzentration / Frostfestigkeit..... : 45 % / -25°
 Basisstoff..... : 1.2 Propylenglykol

4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller..... : Alfa Laval
 Typ : CB 52-80L
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :
 Fläche..... : 5,41 m²
 Material Tauscherplatten, Technologie..... : 1.4401, geschraubt / geklebt

5. Pufferspeicher

Anzahl..... : 1, stehend
 Hersteller..... : vorhanden / TÜV-geprüft
 Typ..... : Stahl-Standspeicher
 Bauartzulassung..... :
 Volumen je Speicher..... : 1 x 50 m³
 Material Behälter..... : Stahl
 Material Dämmung, Dicke..... : Mineralwolle, 18 cm
 Wärmeleitzahl Dämmung..... :

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwassererwärmung Zentralbau - Küche (WT2)

Hersteller..... : k.A.
 Typ : k.A.
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :
 Fläche..... : k.A.
 Material Tauscherplatten, Technologie..... :

7. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwassererwärmung / Internat (WT3)

Hersteller..... : k.A.
 Typ : k.A.
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :
 Fläche..... :
 Material Tauscherplatten, Technologie..... :

8. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Fußbodenheizung / Zentralbau-Schule (WT4)

Hersteller..... : k.A.
 Typ : k.A.
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :

Fläche :
 Material Tauscherplatten, Technologie..... :

9. Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise

Solarkreis / Beladekreis

Hersteller..... : k.A.

Nr. Typ : DDC Gebäudeleittechnik

Entladekreise

Hersteller..... : k.A. / ConSens

Nr. Typ..... : DDC Gebäudeleittechnik / Enreg1

Objektbeschreibung

Das Staatliche Sportgymnasium Oberhof ist ein Zentrum zur Vorbereitung auf den Leistungssport und wurde 1980 mit einer beheizten Fläche von ca. 11.200 m² errichtet und hat ca. 300 Schüler. 190 Schüler sind in den angrenzenden Internatsgebäuden untergebracht. Die Schüler haben ganzjährig neben dem Unterricht entsprechende Trainingszeiten.

Im Zeitraum 2004 bis 2008 wurde das gesamte Objekt durchgreifend modernisiert und teilweise neu bzw. umgebaut. Dabei wurden alle beheizten Gebäude auf den energetischen Standard der Energiesparverordnung (Stand: ENEC 2002) gebracht.

Neu ist auch die Wärmeversorgung und Trinkwassererwärmung. Diese erfolgte bisher komplett elektrisch mit Nachtstrom (Kesselleistung: 3,56 MWel) über fünf großen Wärmespeichern (a 50 m³).

Aus ökologischen- und Kostengründen wurde auch die Wärmeversorgung umgestellt. Das neue Heizhaus beinhaltet einen solarunterstützten Holzackschnitzel - Heizkessel mit einer Leistung von 440 kW und einen Spitzenlast-Erdgaskessel mit einer Leistung von 280 kW. In die verglaste Südfassade des Heizhauses sind 130 m² Flachkollektoren zur Gewinnung von Solarwärme integriert, die ihre Wärme in einen 50 m³ fassenden Solarspeicher mit einer speziell entwickelten thermischen Schichtenladevorrichtung abgeben.

Ein zweiter Wärmespeicher mit ebenfalls 50 m³ Fassungsvermögen wird durch die Biomasse-heizung und die Solaranlage gemeinsam genutzt, um eine effektive und möglichst CO₂ – neutrale Wärmeerzeugung zu gewährleisten.

Abgestimmt auf die Belange des Heizens mit Solarwärme (Temperaturniveau) wurden 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.

Bedingt durch bauseitige Verzögerungen wurde zusätzlich die Trinkwasservorwärmung eines Internatsgebäudes 2007 realisiert.



Abb. 029 Ansicht der Südfassade des Heizhauses mit den installierten Kollektoren
(Quelle: Foto J. Bühl Ilmenau 2005)



Abb. 030 Ansicht des Heizhauses von oben mit den installierten Kollektoren
in der Süd-Fassade (Quelle: Foto Homepage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
2006)

1.16 Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld ist in das nach Süd ausgerichtete Schrägdach des Südflügels des Hauptgebäudes integriert. Die insgesamt 18 Großkollektoren der Fa. Solvis sind in 3 parallelen Strängen zu je 6 Kollektoren in Reihe verschaltet. Die aktive Kollektorfläche beträgt 136 m². Die Feldneigung horizontal beträgt 40°. Das Feld ist 8° nach Osten ausgerichtet. Der Kollektorkreis ist nach DIN EN 4757 eigensicher ausgeführt.

Aufbau und Funktion der Kompaktstation Solvis Zentro sind sehr komplex. Nachfolgend wird versucht, Aufbau und vermutete Funktionsweise der Zentro- Module zu beschreiben. Eine Trennung in Solarsystem, Speicherlade- oder Entladekreis ist kaum möglich, da die Module bzw. Komponenten verschiedene Funktionen gleichzeitig erfüllen sollen.

Verkaufsargument für den Einsatz einer Solvis Zentro ist laut Fa. Solvis die Vereinfachung und Vereinheitlichung der Gesamtwärmeversorgung, z.Bsp. von Wohngebäuden. In der Tat brauchen an eine Kompaktstation Zentro nur Heizkessel, Heizkreise, Trinkwasserspeicher incl. Zirkulationsrücklauf sowie Pufferspeicher (z.B. bei Einsatz eines Holzkessels) und falls gewünscht eine solarthermische Anlage (Kollektorkreis) angeschlossen werden. Für den Betreiber stellt sich die Zentro dann wie eine Blackbox dar. Die Abläufe im Inneren dieser Box können vom Betreiber oder dessen Wartungs- oder Betriebsfirmen nicht nachvollzogen werden. Eine detaillierte Aufbau und Funktionsbeschreibung (Regelung) liegt bis zum heutigen Tage trotz mehrmaliger Aufforderung an Solvis nicht vor.

Vorab kann vermutet werden, dass eine Reihe von konstruktiven Teillösungen der Solvis Zentro den effektiven Betrieb einer solarthermischen Anlage (ausschließen) behindern. Darauf angesprochen, verweist die Fa. Solvis auf bundesweit über 100 in Betrieb befindliche derartige Systeme, welche tadellos funktionieren sollen. Detaillierte Auswertungen des Betriebes z.B. für einige dieser Anlagen konnten von Solvis (bisher) nicht vorgelegt werden. Wahrscheinlich ist, dass solche Auswertungen aufgrund fehlender Messtechnik nur sehr eingeschränkt möglich wären. Damit ist die „tadellose Funktion“ der in Betrieb befindlichen Zentro so nicht ohne weiteres nachweis- und nachvollziehbar.

Beschreibung des Solarsystems

Das Modul „Solarstation“ der Kompaktstation SolvisZentro hat die Aufgabe den Kollektorkreis hydraulisch von der restlichen Anlage zu trennen (Frostschutz), die solar erzeugte Wärme an den Pufferspeicher zu übergeben und die Verbraucher mit solarer Wärme zu versorgen. Dabei kann die solar erzeugte Wärme direkt aus dem Kollektorkreis an die Verbraucher abgegeben werden oder aus dem Pufferspeicher entnommen werden. Die drei in diesem Modul enthaltenen Wärmetauscher werden primärseitig immer vom Wärmeträger des Kollektorkreises durchströmt. Ist das Kollektorfeld in Betrieb, steht das Ventil MVKOLL in Stellung AB-A. Je nach Anlagenkonstellation wird die Wärme nacheinander an das Trinkwasser (WT1) an den Heizkreis (WT2) oder an den Pufferspeicher (WT3) abgegeben. Dabei steht das Ventil MVPUFF in Stellung AB-B. Die Entladung des Pufferspeicher erfolgt dadurch, dass MVKOLL in Stellung AB-B und MVPUFF in Stellung AB-A steht. Das heißt am Speicher wird von der Belade auf die Entladelanze umgestellt und das Kollektorfeld wird per Bypass umgangen.

Die beschriebene hydraulische Lösung hat mehrere Nachteile:

- a.) Die Speicherentladung erfolgt über zwei Wärmetauscher. Damit treten zweimal Temperaturdifferenzen von mindestens 5K auf. Für eine solarthermische Anlage zur Heizungs-unterstützung äußerst ungünstig.
- b.) Speicherbeladung bzw. Betrieb des Kollektorfeldes und Speicherentladung sind nicht gleichzeitig möglich. Vorstellbar wäre eine Betriebskonstellation in der im Speicher oben eine Temperatur zur Verfügung steht mit der der Heizkreis versorgt werden kann, während das Kollektorfeld eine niedrigere Temperatur liefert die in den unteren bzw. mittleren Bereich des Speichers eingeschichtet wird.
- c.) Die Regelung, nur für dieses Modul, ist komplex und damit Störanfällig. So muss die Entscheidung getroffen werden ob von Beladen auf Entladen umgeschaltet wird. Dabei müssen die Temperatur am Kollektor, die Speichertemperatur oben und unten sowie die Wärmeanforderung durch die Verbraucher berücksichtigt werden.
- d.) Der Volumenstrom im Kollektorkreis und an den Wärmetauschern primärseitig ist fest vorgegeben und kann damit nicht an die Lastverhältnisse (Trinkwassererwärmung, Heizungsunterstützung) angepasst werden. Damit kann das Speicherwasser nicht optimal ausgekühlt werden, es bildet sich keine oder nur eine geringe thermische Schichtung im Speicher aus.

Beschreibung des Systems zur Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt über das Modul „Warmwasserbereitung“ der Solvis Zentro. Im Normalbetrieb steht das Ventil MVSOLWW in Stellung AB-B und das Ventil MVKW ist geschlossen. Bei Warmwasserzapfung nachfließendes Kaltwasser strömt über das Überströmventil VÜ durch den Wärmetauscher WT2 (Gleichstrom!), wird vorgewärmt und gelangt in den Trinkwasserspeicher. Die Trinkwasserspeicherbeladung erfolgt in dem das Ventil MVWL öffnet. Damit erzeugt die Zirkulationspumpe PUWZ einen Volumenstrom durch den Tauscher WT2 (nun Gegenstrom). Der Zirkulationsrücklauf und der Volumenstrom der Speichererwärmung fließen generell über den Wärmetauscher WT5 im Modul „Warmwasserbereitung“. Hier erfolgt die Nachheizung des Trinkwassers auf Solltemperatur. Die Wärme wird direkt dem Kesselmodul entnommen. Die Funktion des Wärmetauscher WT4 ist nicht bekannt.

Problematisch an dieser Lösung der Trinkwassererwärmung sind:

- a.) Die Volumenstrom, primär an WT1 bei der Trinkwasservorwärmung kann nicht dem Verbrauchsprofil angepasst werden. Mit der Pumpe PUSOL wird ein fest vorgegebener Volumenstrom erzeugt. Eine optimale und gleichmäßige Auskühlung des Pufferspeicherwassers ist so nicht möglich.
- b.) WT1 wird im Vorwärmbetrieb im Gleichstrom betrieben. Dies erhöht die log. Temperaturdifferenz am WT erheblich und verschlechtert die Auskühlung des Pufferwassers zusätzlich.
- c.) Wie erfolgt die Regelung der Pumpen PUSOL und PUPUFF bzw. MVPUFF wenn eine Wärmeanforderung für die Trinkwasservorwärmung vorliegt (Zapfverbrauch)? Wie wird diese erfasst? Wird das eventuell in Betrieb befindliche Kollektorfeld abgeschaltet und auf

Pufferentladung umgeschaltet? Wenn ja, dürfte die hydraulische Trägheit des Systems eine rechtzeitige Wärmelieferung an WT2 verhindern. Aufgrund einer detaillierten Beschreibung des Systems und deren Regelung können diese Fragen nicht beantwortet werden.

d.) Im Sommer treten in solarthermischen Anlagen zur Heizungsunterstützung, aufgrund der geringen Wärmelast, regelmäßig hohe Temperaturen bis über 90° auf. In der Solvis Zentro wird der sekundärseitig mit Trinkwasser beaufschlagte Wärmetauscher WT1 direkt mit den hohen Temperaturen des Kollektorkreises betrieben. Folge ist ein Ausfall des Wärmetauschers durch Verkalkung, je nach Wasserqualität, schon nach wenigen Tagen. Dies ist in der Anlage Harsberg schon mehrfach geschehen. Die hohen Temperaturen am WT1 können nur durch Abschaltung der Anlage bei einer Vorlauftemperatur im Kollektorkreis von 60–65°C verhindert werden und verringert damit den möglichen Ertrag.

e.) Die Wärme für die Trinkwasservorwärmung bzw. Erwärmung muss zwei Plattenwärmetauscher überwinden. Günstigstenfalls treten hier 10K Temperaturverlust statt nur 5K auf. Im Falle der Trinkwasservorwärmung beträgt die Temperaturdifferenz sogar bis zu 20K, da WT2 im Gleichstrom betrieben wird.

Beschreibung des Systems zur Heizungsunterstützung

Das Objekt wird mit einem Holzhackschnitzelkessel sowie einem Ölkessel, für die Lastspitzen, beheizt. Für den Holzkessel steht im Solarpufferspeicher ein Puffervolumen von 3m³ zur Verfügung. Dieser Bereitschaftsteil des Speichers kann separat be- bzw entladen werden. Die Wärme wird im Modul „Kesselanschluss“ der Solvis Zentro an die Heizkreise des Objektes sowie an den Wärmetauscher WT5 übergeben. Über das Modul „solares Heizen“ kann Wärme auch parallel aus dem Pufferspeicher an die Heizkreise übergeben werden. Das Mischventil RVHKS begrenzt die Vorlauftemperatur in den Heizkreis. Über diese hydraulische Lösung ist folgendes zu bemerken:

a.) für die Einbindung der Gebäudeheizung in das Solarsystem gilt das gleiche wie für die Trinkwassererwärmung, Abschnitt e.). Das im Solarspeicher zur Verfügung stehende Temperaturniveau vermindert sich zweimal um den Temperaturhub über den Wärmetauschern (WT2 & WT3). Damit steigt auch das mittlere Temperaturniveau des Kollektorkreises und der Wirkungsgrad verschlechtert sich.

b.) Das Solarsystem ist parallel, gleichberechtigt neben der Kesselwärmeversorgung an das Gebäudeheizsystem angeschlossen. Damit muss, bei nicht ausreichend zur Verfügung stehender solarer Wärme, Wärme aus dem Kesselkreis zugemischt werden (Regelventil RVHK1). Dieser Anteil des Volumenstromes kann dann nicht mehr solar nachgeheizt werden. Besser wäre es, die solare Heizungseinbindung in den Rücklauf des Heizkreises zu realisieren (Rücklaufanhebung).

Beschreibung des Regelsystems

Eine Beschreibung des Regelsystems liegt bisher nicht vor. Diese ist seit der Fertigstellung der Anlage, im Herbst 2006, von Solvis wiederholt angefordert worden.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems1. Kollektoren

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4	gesamt
Ausrichtung	Süd -8°				
Neigung	40°				
Anzahl Kollektoren	18				
Aktive Kollektorfläche	135,9 m ²				
Wärmeträgerinhalt	k.A.				
Höhe über Grund	5 m				

Hersteller, Typ..... : SOLVIS, F80L-S
 Bauartzulassung..... : 71-328-044
 Absorbermaterial..... : Aluminium
 Material Verrohrung im Kollektor..... : keine Angabe
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ :
 Material Frontabdeckung, Dicke..... :
 Material Kollektorkasten..... :
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
 Stillstandstemperatur..... : keine Angabe
 Konversionsfaktor η_0 : 0,806
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 4,07 W/(m²K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,0069 W/(m²K²)
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,83,2
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 15 l/m²*h

2. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Tyforop
 Markenname..... : Tyfocor LS
 Konzentration / Frostfestigkeit..... : 38% / -25°
 Basisstoff..... : 1.2 Propylenglykol

3. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller..... : SWEP
 Typ : B 25-50
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :
 Fläche..... : k.A.
 Material Tauscherplatten, Technologie..... : 1.4401, gelötet

4. Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend
Hersteller.....	: Haase Tank-
Typ.....	: GFK -Standspeicher
Bauartzulassung.....	:
Volumen je Speicher.....	: 14 m ³
Material Behälter.....	: GFK
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle, 20cm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	:

5. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwassererwärmung

Hersteller.....	: SWEP
Typ	: B25-50
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	:
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: 1.441, gelötet

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Heizungsunterstützung

Hersteller.....	: SWEP
Typ	: B25-60
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	:
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: 1.441 gelötet

7. Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise**Solarkreis / Beladekreis**

Hersteller.....	: Riedel Automation, Berlin
Nr, Typ	: Riecon R36 (DDC)

Entladekreise

Hersteller.....	: Riedel Automation, Berlin
Nr, Typ	: Riecon R36 (DDC)

Objektbeschreibung

Das ehemals von den Grenztruppen der DDR genutzte Gelände befindet sich, allseits umgeben vom Laubwald des „Hainich“ und der Kulturlandschaft des Werratales, am westlichen Rande des Nationalparks „Hainich“. Die ersten Gebäude wurden in den 20er Jahren des 20sten Jahrhunderts für eine Segelfliegerschule errichtet. Aus dieser Zeit stammt noch der unter Denkmalschutz stehende Flugzeughangar. Heute wird das Objekt, nach umfangreichen Sanierungs- und Erweiterungsmaßnahmen, vom Deutschen Jugendherbergswerk LV Thüringen als Jugendherberge und Bildungszentrum betrieben. Zum Objekt gehören: das 3-teilige Hauptgebäude (Bestand), die Ranger-Station (Bestand), der Hangar (Bestand), das Camp-Forum (Neubau) sowie 3 Wohngebäude (Neubau). Camp-Forum und die 3 Wohngebäude sind Bestandteil des letzten Bauabschnittes und werden zukünftig noch realisiert. Das Hauptgebäude untergliedert sich

in drei Nutzungsbereiche: Speisesaal mit Küche, Unterkünfte und Mehrzwecksaal. Der Südflügel mit Küche und Speisesaal ist unterkellert. In diesem Keller ist die Technikzentrale und die Gemeinschaftssanitärräume untergebracht. Auf diesem Gebäudeteil ist auch das Kollektorfeld aufgebracht.



Abb. 031 Ansicht des Südflügels mit dem in die Dachhaut ("indach") integriertem Kollektorfeld. Im hinteren Teil des Gebäudes (links) ist im Keller die Technikzentrale untergebracht. (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



Abb. 032 Ansicht des drucklosen Solarpufferspeicher aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Es stehen 14 m³ Volumen zur Verfügung (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)



Abb. 033 Ansicht der Kompaktstation Solvis Zentro. Die liegenden Trinkwasserspeicher sind über der Station angeordnet. Am linken Bildrand sind, aufsteigend, die Leitungen zum Kollektorfeld, in Bildmitte die Leitungen zum Kessel und rechts die Leitungen zu den Heizkreisen zu sehen (Foto: TU Ilmenau 2007)



Abb. 034

Speicheranschlussarbeiten am GFK-Wärmespeicher (Foto: J. Bühl Ilmenau 2006)

1.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

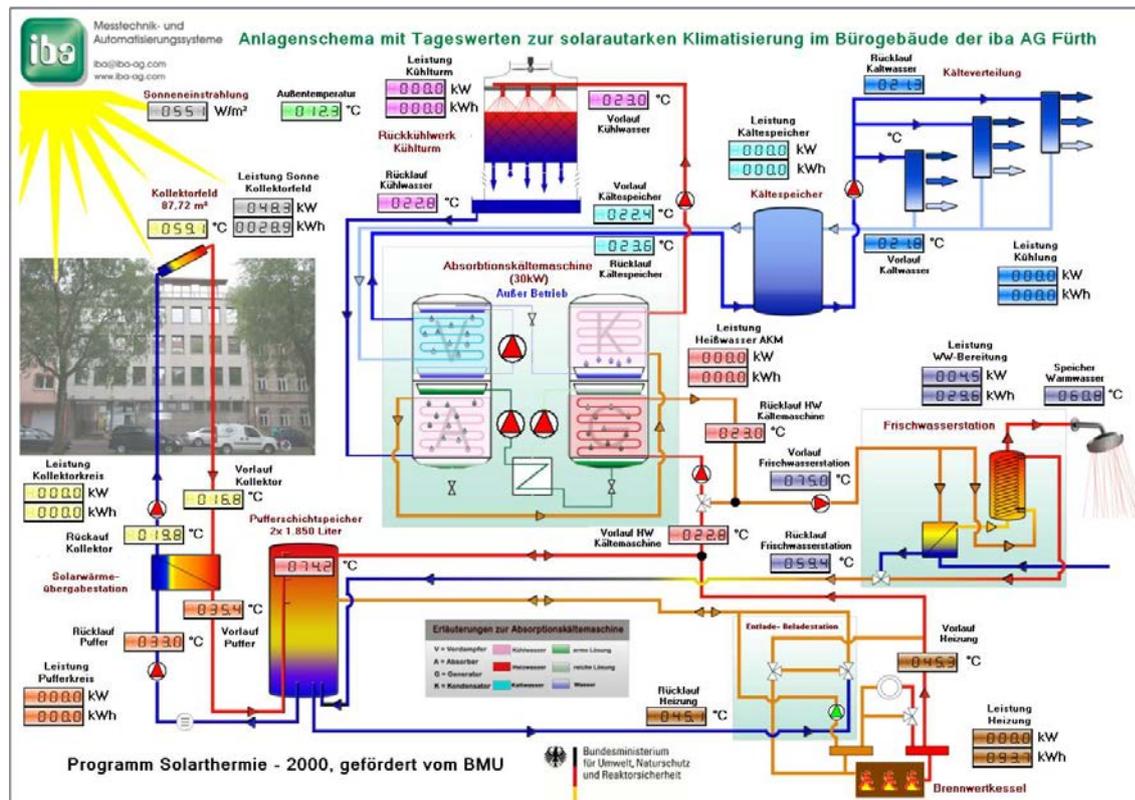


Abb. 035 Anlagenschema solarautarke Klimatisierung Bürogebäude iba AG Fürth
(Quelle: iba Fürth)

Das 87,72 m² Kollektorfeld besteht aus 12 Großkollektoren, die aufgeständert auf dem Dach des Bürogebäudes der iba AG mit einem Neigungswinkel von 24° und einer Ausrichtung nach SSW 87,72 m² montiert wurden. Zur Ausführung kommen 4 parallele Kollektorreihen bestehend aus jeweils 3 Kollektoren (2x F-802D, 1x F-652D) auf dem Dach des Vorderhauses (Süddach). Die Aussparung in der unteren Kollektorreihe für das Rückkühlwerk entfällt wegen anderweitiger Aufstellung des Rückkühlwerks auf einer Stahlkonstruktion über dem Hintergebäude. Eine Verrohrung der Kollektoren nach Tichelmann ist nicht erforderlich da der Druckverlust in den Kollektoren (ca. 350 mbar) mindestens um den Faktor 10 höher ist als in der Rohrleitung. Das Anbringen der Kollektoren erfolgt mit den Standardkomponenten von Solvis. Der Flachdachständer von Solvis kommt zum Einsatz. Es erfolgt eine Neueindeckung des Dachs. Der Durchmesser der Dachdurchführungen beträgt etwa 100-120mm pro Leitung inklusive Isolation. Die Dachdurchführungen werden an der Westseite des Dachs ausgeführt. Bei einem Bedarf von 2600l/h Wasser für die AKM und einem Vorlauf / Rücklauf von 86° / 73° Celsius wird eine grobe Schätzung des Volumenstroms von 4000l/h Solarflüssigkeit durch das Kollektorfeld angenommen. Es darf ein Temperaturhub von ca. 20° im Maximalfall nicht überschritten werden. Diese Werte können über die vier parallelen Kollektorreihen und einer regelbaren Solarpumpe gewährleistet werden.

Es werden spezielle für den Hochtemperaturbereich optimierte Flachkollektoren eingesetzt, diese besitzen lasergeschweißte Aluminiumabsorber und sind mit Anti-Reflexglas ausgestattet. Dadurch soll der Wirkungsgrad und die Ansprechgeschwindigkeit verbessert werden. Der Kollektorkreis ist konventionell aufgebaut, besteht aus einer elektronisch geregelten Kollektorkreispumpe A6, einem Plattenwärmetauscher zur Ankopplung an den Speicherladekreis, dem Membranausdehnungsgefäß und dem 6bar Überdruckventil mit Auffangbehälter. Die vom Kollektorkreis zur Verfügung gestellte Wärme wird über die Speicherbeladepumpe A7 und in Vorrangschaltung über ein 3-Wegeventil entweder direkt der Kältemaschine EAW Wegracal SE 30 oder den beiden in Reihe geschalteten Solarpufferspeichern mit je 1850l Volumen zugeführt. Die beiden Speicher sind mit SOLVIS Schichtenladern ausgestattet. An den Speichern waren keine zusätzlichen Messanschlüsse für Tauchfühler vorhanden, deshalb mussten für die Ermittlung der Speichertemperatur Pt100 Anlegefühler TPS11 und TPS12 angebracht werden.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Warmwasserbereitung

Für den nur begrenzt vorhandenen Warmwasserbedarf wird eine Frischwasserstation der Fa. Solvis vom Typ FWS-36 eingesetzt. Die während der Projektplanung vorgesehene Warmwasserversorgung eines im Nachbargebäude untergebrachten Kurbades konnte nicht realisiert werden.

Beschreibung des konventionellen Systems zur Heizungsunterstützung

Die Heizungsunterstützung wird über eine modifizierte Entlade-Beladestation EBS von Solvis realisiert. Vom Heizungsverteiler werden entgegen der Planung (das Hintergebäude wurde erweitert und in die Nutzung einbezogen, die Versorgung des Kurbades mit WW wurde nicht realisiert) 2 Heizkreise versorgt, die auch getrennt gemessen werden. Heizkreis 1 Vordergebäude und Heizkreis 2 Hintergebäude.

Beschreibung des solarautarken Gebäudekühlsystems

Die Kühlleistung für die betroffenen Bereiche des Bürogebäudes beträgt ca. 30kW. Als Absorptionskälteanlage kommt der Typ Wegracal-SE30 zum Einsatz. Bei einer Kühlwassertemperatur von 27°C und einer erforderlichen Kaltwassertemperatur von ca. 17°C für eine stille Kühlung kann der Kältebedarf mit dieser Kühlmaschine mit Antriebstemperaturen von weniger als 75°C gedeckt werden.

Beschreibung der Raumkühlelemente

Aus den ursprünglich unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Optionen zur Raumkühlung, fiel die Auswahl auf die neuartigen lüfterlosen Konvektoren der Firma FRENGER SYSTEMEN. Für die Versorgung der insgesamt ca. 1000 m² zu kühlender Fläche kommen 43 Konvektoren des Typs Frenger-Air-System zum Einsatz. Im Rahmen einer Begehung der Räumlichkeiten 04.06.2007 durch Herrn Koppe und der Firma FRENGER-SYSTEMEN, wurden Position und Dimension der Konvektoren festgelegt.

Beschreibung des Regelsystems

Es wurde eine zentrale automatisierte Anlagesteuerung entworfen und zu Beginn der Sommersaison 2009 umgesetzt. Übertragung und Konzentration der einzelnen Komponenten-Steuerungen (SOLVIS u. A.) in das zentrale PC-basierte Steuerungs- und Automatisierungssystem ibaLogic-V4 (iba AG). Alle ehemaligen Steuerungs-Komponenten wurden im Rahmen dieser Umstellung ersetzt, die wesentlichen sind nachfolgend genannt:

- Steuerung der Kollektorkreispumpe
- Steuerung der Speicherbeladepumpe
- Steuerung der Warmwasseranforderung durch die Absorptionskältemaschine
- Ansteuerung des Heizkessels
- Regelung der Heizkreispumpen und –mischer
- Steuerung der Warmwasserzirkulation
- Regelung der Ent- und Beladestation
- Regelung der Frischwasserbereitung

Durch den Neuentwurf des Steuerungskonzepts durch die iba AG ist ein autarker Betrieb der Anlage erreicht worden. Die manuelle Zuschaltung und Inbetriebnahme einzelner benötigter Komponenten ist nicht mehr notwendig. Das Zusammenspiel und die Interaktion innerhalb der Anlage konnte somit drastisch erhöht und optimiert werden.

Zuschaltzeitpunkte werden mathematisch präzise errechnet und umgesetzt. Durch die Flexibilität des PC-basierten Systems ist es nun auch möglich durch beispielsweise abgefragte Wetterprognosedaten aus dem Internet automatisiert den Tagesverlauf der Ansteuerung positiv zu beeinflussen. Durch eine Anwesenheitserfassung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen kann eine intelligente Ansteuerung der Kühlwasserventile erfolgen.

Zur Verhinderung von Störungen bzw. deren frühestmöglicher Erkennung wurden zusätzliche Sensoren in die Anlage integriert. Eine sofortige Benachrichtigung im Störfall durch ein von der Steuerung versendete E-Mail ist ein großer Vorteil, der so vor zusätzlichen Kosten schützen kann.

Basisstoff.....: 1.2 Propylenglykol

4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller..... : Alfa Laval
 Typ: CB52-60H
 Material Tauscherplatten, Technologie..... : 1.4401, Cu hartgelötet

5. Solarpufferspeicher

Anzahl.....: 2, stehend in Reihe
 Hersteller.....: Solvis / TÜV-geprüft
 Typ.....: SR-1856
 Bauartzulassung..... :
 Volumen je Speicher.....: 1850l
 Material Behälter.....: ST37-2, grundiert, innen roh
 Material Dämmung, Dicke.....: Schaumstoff, 110mm
 Wärmeverlust Speicher.....: 4,52 W/K

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Trinkwassererwärmung

Hersteller..... : Solvis
 Typ : FWS-36
 Fläche..... : k.A..
 Material Tauscherplatten, Technologie..... : k.A

7. Kältepufferspeicher

Hersteller :
 Typ : Stahl
 Volumen : 1000l

8. Kältemaschine

Hersteller : EAW Energieanlagenbau
 Westenfeld
 Typ : WEGRACAL SE 30
 Kälteleistung : 30kW
 Heizleistung : 40kW
 Rückkühlleistung : 70 kW

9. Kühlturm

Hersteller : AXIMA Refrigeration Suez
 Typ : Escher Wyss Vollkunststoff-
 Kühlturm : EWK 064/09
 Gesamte Wärmeübertragerleistung : 75kW
 Gesamter Wasserdurchsatz : 13m³/h
 Wasservorlauftemperatur : 32°C
 Wasserrücklauftemperatur : 27°C

Kühlgrenztemperatur	: 21°C
Zusatzwasserbedarf	: 0,11m³/h
Motorleistung/Ventilator	: 1x 0,55kW

10. Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise

Solarkreis / Speicherladekreis/Kältekreis

Hersteller..... : iba AG Fürth

Nr. Typ: iba Gebäudeleittechnik

Objektbeschreibung

Bei dem Modellprojekt handelt es sich um die Implementierung und Erprobung eines Anlagensystems zur solarautarken Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in einem mittelständischen Betrieb mit Büronutzung. Dieses Konzept greift den bisher vernachlässigten Aspekt der Klimaveränderung, nämlich die Kühlungsproblematik, auf und strebt damit Nachhaltigkeit im umfassenden Sinn an.

Die Leistung des technischen Systems im Bereich von 30 KW mit einer Dimension um 1000 m² zu beheizender bzw. zu kühlender Nutzfläche ist für einen mittelständischen Betrieb zugeschnitten. Insofern kommen hier exemplarische und wegweisende Maßnahmen zur Anwendung. Das Kühlsystem stellt daher einen Prototypen dar, der später nicht nur im Gewerbe, sondern auch in der Wohnungswirtschaft bei Mehrfamilienhäusern Anwendung finden könnte. .

Mit den zu erwartenden positiven Ergebnissen des Modellprojektes soll ein Fallbeispiel als "best-practice" geschaffen werden, welches es erlaubt, das Arrangement der technischen Komponenten weiterzuempfehlen und anschließend in die serielle Anwendung zu gehen. Eine Vervielfachung dieses Konzepts (breitere Anwendung und damit kostengünstigeres Bauen) kann schon aufgrund der vorhandenen Masse vergleichbarer Objekte und potentieller Nutzer angenommen werden.

Eine Besonderheit stellt die aktive und fachkundige Beteiligung des durchführenden Betriebes und seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Projektentwicklung und Umsetzung dar; dieses ganzheitliche Vorgehen soll eine optimale Rückkoppelung an die Nutzerseite ermöglichen und damit eine hohe Akzeptanz und Planungssicherheit für den langfristigen Betrieb und das Handling der Anlage garantieren.

Im Rahmen des Solarthermie2000plus Programms wurde dieses Vorhaben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert.

Der Gebäudekomplex der iba AG ist typisch für ein innerstädtisches Mischgebiet. Es besteht aus Hauptgebäude, Seitenbau und Rückgebäude, die miteinander verbunden sind. Es wurde 1958 errichtet und ist 2001 anlässlich des Erwerbs durch den jetzigen Eigentümer nach den damaligen Standards umfangreich umgebaut und modernisiert worden.

Die Gebäude und der Innenhof sind unterkellert. Der Keller ist als Lagerraum niedrig beheizt, die Gebäude sind mit Büronutzung normal beheizt. Die zu beheizenden Flächen sind der Keller mit 700 m² und die Büroräume mit 1.100 m². Für 900 m² ist die Nachrüstung einer solarautarken Kühlung realisiert worden. Dies bedeutet, dass der gesamte Gebäudekomplex mit diesem innovativen System klimatisch verbessert worden ist.

In der ersten Modernisierungsphase konnte damals noch nicht auf die Besonderheiten des Produktionsprozesses (Projektentwicklungen im Bereich der PC-gestützten Mess- und Automatisierungstechnik) eingegangen werden.

Am Bürogebäude wurden seit dem Bezug im Jahre 2001 zusätzliche Einzelmaßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs durchgeführt. Hierzu zählen z.B.:

- Außenwanddämmung hof- und straßenseitig Thermohaut 10 cm mit einem U-Wert von 0,32 W/(m²K).
- Einsatz einer Einzelraumregelung mit Temperaturgradientenerfassung zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste bei geöffnetem Fenster.

Im Jahr 2003 wurde außerdem ein neuer Gas-Brennwertkessel mit einer Heizleistung von 128 kW installiert.

Der jährliche Heizwärmebedarf und die CO₂-Emissionen hatten sich daher bereits durch diese "konventionellen" Energiesparmaßnahmen seit 2001 um 17% witterungsbereinigt reduziert.

Nach den extremen Erfahrungen des heißen Sommers 2003 wurde im Jahr 2004 zur Verminderung der Sonneneinstrahlung auf die Südfassade ein außenliegender Sonnenschutz mittels vorgeschalteter Stoffbahnen installiert. Diese Maßnahme war bereits deshalb erforderlich, da durch die hohen Temperaturen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Entwicklungsabteilungen besonders beeinträchtigt waren.

Ziel des Einsatzes der thermischen Solaranlage ist es, den Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung weiter zu senken und in den Haupterntezeiten damit das Kühlsystem zu betreiben. Die dafür vorgesehene Kollektorfläche beträgt ca. 100 m² und ist als Aufdachmontage auf die nach Süden orientierte Sparrendachkonstruktion gesetzt worden. Da im Sommer der Wärmebedarf auf die Warmwasserbereitung beschränkt ist, wird mit der überschüssigen Energie der Solarkollektoren Kälte erzeugt. Hierzu kommt eine Absorptionskälteanlage (siehe Abb. 3) zum Einsatz.

- Besondere Umweltverträglichkeit gegenüber herkömmlichen Kompressionskälteanlagen, die in der Regel halogenierte Kältemittel mit einem hohen Treibhauspotential verwenden.
- Das Lösungsmittel im geschlossenen Absorptionskälte-Kreislauf ist eine Wasser/Lithiumbromidlösung, die kein Treibhauspotential aufweist und dazu weder ätzend noch giftig oder gar entflammbar ist.
- Verbesserung der Raumluftkonditionen im Sommer bei gleichzeitig verminderten CO₂-Emissionen gegenüber einer konventionellen Kältebereitstellung aus Kompressionskälteanlagen.
- Verringerung der Materialbelastung des Kollektorfeldes und des Wärmeträgers durch Verringerung der Stillstandszeiten.
- Verlängerung der Nutzungszeit der Kollektoren und damit Erhöhung der Energieeffizienz

Die Kühlleistung für die betroffenen Bereiche unter den oben genannten Vorgaben beträgt ca. 30 kW. Als Absorptionskälteanlage kommt der kürzlich entwickelte Typ Wegracal-SE30 zum Einsatz (siehe Abb.3). Bei einer Kühlwassertemperatur von 27°C und einer erforderlichen Kaltwassertemperatur von ca. 17°C für eine stille Kühlung (Kühlkonvektoren ohne Lüfter) kann der Kältebedarf mit dieser Kühlmaschine mit Antriebstemperaturen von

weniger als 75°C gedeckt werden. Diese vergleichsweise geringe Heizwassertemperatur ermöglicht den Einsatz von leistungsoptimierten Flachkollektoren (Antireflexglas).



Abb. 036 Ansicht des Kollektorfeldes
iba Fürth (Foto: J. Bühl Ilmenau
2006)

1.18 Anlage Solargestützte Nahwärmeversorgung Czapski Straße Jena

Beschreibung der technischen Systeme

Das Nahwärmenetz versorgt insgesamt vier unterschiedlich große Wohngebäude mit Wärme. Jedes der vier Flachdächer ist mit der maximal möglichen Anzahl von Flachkollektoren bestückt. Insgesamt sind im Objekt 117 Einzelkollektoren der Fa. Schüco mit einer Gesamtabsorberfläche von 290 m² installiert. Die Kollektoren sind 60° geneigt um in den Übergangszeiten einen höheren Ertrag zu erzielen. Der Kollektorkreis ist nach DIN EN 4757 eigensicher ausgeführt.

Die hydraulische Schaltung des Gesamtsystems ist einfach und übersichtlich gehalten.

Das Nahwärmenetz wird von zwei Gasbrennwertkesseln, Vitodens 200W, der Fa. Vissmann mit Wärme versorgt. Der Rücklauf des Nahwärmenetzes wird solar aus dem Pufferspeicher nachgeheizt. Wird die Sollvorlauftemperatur des Wärmenetzes nicht erreicht, heizen die Gaskessel nach. Da die Gaskessel ein sehr geringes Kesselvolumen besitzen (12 l / 100 kW) arbeiten diese auf eine hydraulische Weiche. Um kurzzeitige Lastschwankungen abfangen zu können, ist im Vorlauf des Wärmenetzes ein 1 m³ fassender Wärmepuffer installiert. Entscheidend für einen hohen Kollektorwirkungsgrad ist es, die Rücklauftemperatur aus dem Wärmenetz, Sommer wie Winter, nicht wesentlich über 30° steigen zu lassen. Mit den im Objekt im Einsatz befindlichen Wohnungsstationen der Fa. Pewo sollte dies möglich sein. Die Wohnungsstationen wurden vom ZAE Bayern für diesen Einsatzzweck geprüft und für geeignet befunden.

Beschreibung des Solarsystems

Die einzelnen Kollektorfelder sind parallelgeschaltet und zum Zwecke der Einstellung der korrekten Volumenströme mit Strangreguliertventilen ausgerüstet. Die Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den 30 m³ fassenden Solarpufferspeicher abgegeben.

Beschreibung des Systems zur Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt im Durchlaufprinzip über die in jeder Wohnung befindlichen Wohnungsübergabestationen. Die Wärmeentnahme aus dem Wärmenetz wird dabei über ein Proportionalventil, welches den Zapfvolumenstrom erfasst, eingestellt. Idealerweise sind so auf beiden Seiten des Plattenwärmetauschers gleiche Volumenströme

realisierbar. Dies führt zu einer optimalen ($< 30^{\circ}\text{C}$) Auskühlung des Wassers aus dem Wärmenetz.

Voraussetzung dafür ist es in den Sommermonaten, bei niedrigem Heizwärmebedarf, dafür zu sorgen dass einerseits stets warmes Wasser an der „letzten“ Wohnungsstation anliegt aber andererseits die Rücklaufemperatur im Wärmenetz nicht ansteigt. Dies soll durch geregelte Bypässe in jeder „letzten“ Wohnungsstation eines Stranges gewährleistet werden. Nach derzeitigem Erkenntnisstand werden beide Forderungen nur unzureichend erfüllt. D.h. die Rücklaufemperaturen der Wärmenetze sind zu hoch (Sommer bis 50°C) und die Mieter klagen über nicht ausreichende Wassertemperaturen.

Beschreibung des Systems zur Heizungsunterstützung

Die Versorgung der Wohnungen mit Heizungswärme erfolgt ebenfalls über die Wohnungsübergabestationen. Wärmenetz und Wohnungsheizkreise sind hydraulisch nicht getrennt. Sämtliche Wohnungen werden ausschließlich per Fußbodenheizung beheizt. Dies gewährleistet eine ganzjährige niedrige ($<30^{\circ}\text{C}$) Rücklaufemperatur.

Beschreibung des Regelsystems

Das gesamte Heizungssystem incl. Solarsystem wird von einer DDC der Fa. Siemens Building Automation geregelt. Angaben zu den Regelstrategien bzw. den eingestellten Parametern können nicht gemacht werden, da die Revisionsunterlagen des Anlagenerrichters noch nicht vorliegen.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten Solarsystem

1. Kollektoren

	Feld 1 Nr. 4	Feld 2 Nr. 6	Feld 3 Nr. 8	Feld 4 Nr. 10	gesamt
Ausrichtung	Süd/ -20°	Süd/ -20°	Süd/ -20°	Süd/ -20°	Süd/ -20°
Neigung	60°	60°	60°	60°	60°
Anzahl Kollektoren	34	23	19	41	117
Aktive Kollektorfläche	84,4 m ²	57,0 m ²	47,0 m ²	101,6 m ²	290 m ²
Wärmeträgerinhalt	77 l	51 l	43 l	93 l	264 l
Höhe über Grund	15 m	15 m	15 m	15 m	15 m

Hersteller, Typ..... : Schüco, SchücoSol.2
 Bauartzulassung..... :
 Absorbermaterial..... : Kupfer
 Material Verrohrung im Kollektor..... : Kupfer
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Mineralwolle, 40mm
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : Glas Eisenarm, 4mm
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium Eloxal Silber
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar

Stillstandstemperatur.....	: k.A.
Konversionsfaktor η_0	: 0,787
Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1	: 3,74 W/(m ² K)
Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2	: 0,012 W/(m ² K ²)
Winkelkorrekturfaktor.....	: 0,90
Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld.....	: 15 l/m ² *h

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN.....	: Cu
Rohr Nennweite.....	: DN 40
Einfache Länge Rohrleitung außen.....	: 15 / 80 / 160m
Einfache Länge Rohrleitung innen.....	:
Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ	:
Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ	: Mineralwolle, 40 mm

3. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller.....	:
Markenname.....	:
Konzentration / Frostfestigkeit.....	:
Basisstoff.....	:

4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller.....	:
Typ	:
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	:
Material Tauscherplatten, Technologie.....	:

5. Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend
Hersteller.....	: Haase Tank
Typ.....	: GFK -Standspeicher
Bauartzulassung.....	:
Volumen je Speicher.....	: 30 m ³
Material Behälter.....	: GFK
Material Dämmung, Dicke.....	: Boden 100mm PU Hartschaum Deckel 200mm Glaswolle Wand 100mm Glaswolle + 100mm PE Schaum
Wärmeleitfähigkeit Dämmung.....	:

6. Wärmetauscher Speicherentladekreis / Wärmenetz

Hersteller..... :
 Typ :
 Ausführungsart nach DIN 1988..... :
 Fläche..... :
 Material Tauscherplatten, Technologie..... :

7. Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise

Solarkreis / Beladekreis

Hersteller..... : Siemens Building Automation
 Nr, Typ: PXC64-U (DDC)

Entladekreise

Hersteller..... : Siemens Building Automation
 Nr, Typ: PXC64-U (DDC)

Objektbeschreibung

Das neuerrichtete Häuserensemble in der Siegfried Czapskie-Straße 4-10 befindet sich in unmittelbarer Nähe des Zeiss Betriebsgeländes (Gewerbepark Tatzendpromenade) aber trotzdem in außergewöhnlich ruhiger Wohnlage. Die Fachhochschule ist zu Fuß in 6-8min zu erreichen. Stadtzentrum und Universität sind per Bus in ca. 5min erreichbar. Die vier Gebäude sind nach dem KfW-Energiesparhaus 40-Standard errichtet worden. Die Gebäude werden über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt. Die Heizzentrale befindet sich im Haustechnikraum des Hauses Czapskie-Strasse 6. Das Nahwärmenetz wird durch die auf den Dächern aller vier Gebäude installierten Kollektoren solar unterstützt. Die Übergabe der Wärme in den einzelnen Wohnungen erfolgt durch Wohnungswärmeübergabestationen. Zusätzlich sind in den Wohnungen Anlagen zur Wärmerückgewinnung installiert (Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmetauscher).



Abb. 037 Teilgebäudeansicht
 (Foto: J. Bühl Ilmenau 2009)



Abbn. 038 / 039 Ansichten Kollektorfelder

(Foto: J. Bühl Ilmenau 2009)

1.19 Anlage Solargestützte Nahwärmeversorgung Sophienhütte Ilmenau

Beschreibung der technischen Systeme

Beschreibung des Solarsystems

Das Kollektorfeld ist in 7 parallel geschaltete Teilfelder von 15 bis 27,5 m² unterteilt, die unterschiedlichen Druckverluste werden durch jeweils 1 Taco Setter abgeglichen und das Gesamtfeld als Low-Flow-System mit 12...15 l/m²h betrieben.

Die Sammelleitungen inkl. der Tacosetter befinden sich oberhalb der Kollektoren gedämmt unter einer Blechverkleidung, aber durch Klappen zugänglich.

Von dort laufen die Zuleitungen horizontal über das Dach und senkrecht im Gebäude bis auf Fundamenthöhe, von dort als gedämmtes Edelstahlwellrohr bis in den Technikraum an der Nordseite des Hauses 2. Hier befindet sich die konventionell aufgebaute Solarstation mit Mischventil, Solarpumpe, Ausdehnungsgefäß (MAG S600 und 200l Vorschaltgefäß), einem 6 bar Überdruckventil und dem Solar-Plattenwärmetauscher. Der Kollektorkreis ist mit 40% Frotschutz Tyfocor L befüllt.

Über den Wärmetauscher erfolgt mit einer Beladepumpe die Beladung des 10,4 m³ Stahlpufferspeichers ausgerüstet mit einem von der TU Ilmenau dimensionierten Schichtenlader.

Der Volumenstrom wird über die eingestellte Pumpenstufe und zusätzlich durch 1 Strangregulierungsventil bestimmt.

Die Regelung erfolgt nach Parameterangaben der TU Ilmenau mit Hilfe einer DDC Regelung der Fa. Kieback&Peter. Die notwendigen Pt100 Regelungs-Temperaturfühler sind am Kollektorfeld, im Solarkreis, am Niedertemperaturverteiler und im Speicher platziert.

Beschreibung des Systems zur Warmwasserbereitung

Das Ziel der Reduzierung von Zirkulationsverlusten führte zum **2-Leitersystem** mit konstanter VL-Temperatur von 55°C für Heizung und WW-Bereitung.

Dies konnte nur mit dezentraler WW-Bereitung mit Hilfe von Wohnungsanschlussstationen erfolgen. Hierzu war eine Vergrößerung der standardmäßig verwendeten Plattenwärmetauscher notwendig. Es war zum Realisierungstermin nur 1 Hersteller in der

Lage die Forderungen nach hilfsenergiefreien WÜ-Stationen mit WT-Leistungen von 50kW und Prüfzertifikat des ZAE Bayern/Garching zu erfüllen. Es kann eine WW-Temperatur zw.45°C und 50°C gewährleistet werden. Zur Vermeidung der Legionellenproblematik wurden die Leitungslängen mit deutlicher Unterschreitung der 3-Liter-Regel geplant und ausgeführt, dies ist bei dezentraler WW-Bereitung und <60°C WW-Temperatur Voraussetzung.

Beschreibung des Systems zur Heizungsunterstützung

Das Objekt wird mit Fernwärme aus einem Biomasseheizkraftwerk versorgt. Der geplante solarthermische Anteil von 23% am Gesamtenergieverbrauch des Hauses ist nur durch niedrige Vorlauf- und Rücklauftemperaturen erreichbar. Die Vorlauftemperatur wird konstant auf 55°C gehalten, die Rücklauftemperatur soll bei <35°C, im Heizbetrieb teilweise bis 26°C. Das System wird ohne Zirkulation betreiben, d.h. es gibt nur an den letzten Stationen der Steigestränge thermostatisch geregelte Bypässe, die auf 45°C eingestellt sind und nur die Leitungsverluste ausgleichen. Alle Wohnungsübergabestationen sind mit WMR (Wärmemengenrechner) auf Ultraschallbasis und MBUS ausgestattet, dies ermöglicht einen zunächst aufwendigen, aber sehr wichtigen Abgleich der einzelnen Stationen, der mögliche Erfolg ist in Abbildung 14 zu sehen, der Volumenstrom reduziert sich bis auf 26l/h (12 WE+1 Gewerbe) und die minimale RL-Temperatur liegt bei 26°C. In den Phasen höherer RL-Temperaturen wird wenig Leistung umgesetzt, d.h. der Solarpufferspeicher bleibt im unteren Bereich bei niedriger Temperatur. Im Winterbetrieb ist es problemlos möglich niedrige RL-Temperaturen zu erreichen.

Regelsystem

Für das eingesetzte Regelsystem, DDC4200 von Kieback&Peter, liegen umfangreiche Revisionsunterlagen vor.

Durch Parameteranpassung konnte das System inzwischen optimiert werden. Fehler gab es bei den Nachlaufzeiten des Kollektorfeldes, die ist inzwischen behoben. Die Fa. Kieback& Peter hat einen Onlinezugriff auf den Regler und Änderungen konnten in kurzer Zeit realisiert werden.

Verbrauchsmessung über MBUS-System

Das installierte WMR-System (Elster F96) mit MBUS Anschluss erlaubt eine genaue Wärmebilanz jeder WE und ist aus unserer Sicht für Systeme mit dezentraler WW-Bereitung mit Frischwassermodulen unbedingt erforderlich!

Hier konnten wir dank der Unterstützung der ZAE-Bayern, in Person des Herrn Dallmayer, auf einen großen Erfahrungsschatz aus dem Projekt Ackermannbogen München zurückgreifen.

Technisches Datenblatt der Hauptkomponenten des Solarsystems1. Kollektoren

	Feld 1
Ausrichtung	Süd +10°
Neigung	60°
Anzahl Kollektoren	23
Aktive Kollektorfläche	141m ²
Wärmeträgerinhalt	k.A
Höhe über Grund	12 m

Hersteller, Typ..... : Thüsolar, FK Thüsol S
 Prüfung..... : 09COL776
 Absorbermaterial..... : Cu
 Material Verrohrung im Kollektor..... : Cu
 Material Wärmedämmung, Dicke, λ : Mineralwolle, 40mm, 0,04
 Material Frontabdeckung, Dicke..... : Solarglas, HIT P-MM, 4mm
 Material Kollektorkasten..... : Aluminium
 Zul. Betriebsüberdruck..... : 10 bar
 Stillstandstemperatur..... : k.A.
 Konversionsfaktor η_0 : 80,7
 Einf. Wärmedurchgangskoeffizient k_1 : 3,52 W/(m²K)
 Quadr. Wärmedurchgangskoeffizient k_2 : 0,013 W/(m²K²)
 Winkelkorrekturfaktor..... : 0,96
 Wärmeträgerdurchsatz Kollektorfeld..... : 12...15 l/m²*h

2. Hauptleitung Solarkreis (Steigleitung) vom Kollektorfeld zum Wärmetauscher

Material Rohr, DIN..... : Cu
 Rohr Nennweite..... : DN54
 Einfache Länge Rohrleitung außen..... : 31m
 Einfache Länge Rohrleitung innen..... : 20m
 Material Wärmedämmung außen, Dicke, λ : Aeroflex, 100%, 0,04
 Material Wärmedämmung innen, Dicke, λ : Aeroflex, 100%, 0,04

3. Wärmeträger Solarkreis

Hersteller..... : Metasol
 Markenname..... : Tyfocor L
 Konzentration / Frostfestigkeit..... : 40% / -25°
 Basisstoff..... : 1,2 Propylenglykol

4. Wärmetauscher Solarkreis/Speicherladekreis (WT1)

Hersteller.....	: Alfa Laval MID Europe GmbH
Typ	: CB 52-100H (V22,V24)
Ausführungsart nach DIN 1988.....	:
Fläche.....	: k.a.
Material Tauscherplatten, Technologie.....	: 1.4401, gelötet

5. Pufferspeicher

Anzahl.....	: 1, stehend
Hersteller.....	: Thüsolar GmbH
Typ.....	: Stahlspeicher
Bauartzulassung.....	: Herstellerprüfung
Volumen je Speicher.....	: 10,4m ³
Material Behälter.....	: GFK
Material Dämmung, Dicke.....	: Mineralwolle+Verblechung, 20cm
Wärmeleitfähigkeit Dämmung λ	: 0,04
Prüfdruck/Betriebsdruck.....	: 3bar/2bar

6. Regelung Solarkreise / Belade- / Entladekreise

Solarkreis / Beladekreis/Entladekreis	
Hersteller.....	: Kieback & Peter, Berlin
Nr, Typ	: DDC 4200

Objektbeschreibung

Aufgrund des guten Dämmstandards, der vorgesehenen Niedertemperaturheizung (Fußbodenheizung) und den Wohnungsanschlussstationen zur Vermeidung der Legionellenproblematik (*Die Leitungslängen wurden mit deutlicher Unterschreitung der 3-Liter-Regel geplant!*) ist der Einsatz eines 2-Leiter-Wärmenetzes bei 55°C Vorlauftemperatur mit verringerten Zirkulationsverlusten und niedrigen Rücklauftemperaturen bis 30°C möglich. Das schafft optimale Voraussetzungen für den kombinierten Einsatz der Solarthermie für die Trinkwasservorwärmung und Heizungsunterstützung. Die mit TRNSYS simulierten Deckungsanteile liegen bei 23 %.

Für die Gründung der Gebäude auf einer ehemaligen Industriebrache erforderte wegen des vorgefundenen Baugrundes mit Altlasten einen erhöhten zeitlichen und finanziellen Aufwand, durch die erforderlichen Laboruntersuchungen verzögerte sich der Bauablauf um 3 Monate.



Abb. 040 Anlieferung des Wärmespeichers auf der Baustelle (Foto: TU I FG TFD 2009)



Abb. 041 Kollektormontage (Foto: TU I FG TFD 2009)



Abb. 042 Detaillösung Wohndachfensterintegration in das Kollektorfeld (Foto: TU I FG TFD 2009)

1.20 Anlage Solares Nahwärmesystem ehm. Schultheis Brauerei Dessau

Im Dezember 2011 erfolgte eine Anlagenbegehung mit dem Ziel der Feststellung des erreichten Standes der Realisierung der kpl. Anlage und einer Einschätzung / Vorschlag zur weiteren Verfahrensweise aus wissenschaftlich – technischer Sicht.

Nachfolgend wird auszugsweise der vorgefundene Stand wiedergegeben:

Solarthermische Anlage / Kollektorfelder 1+2

Die Kollektorfelder sind betriebsfertig, wobei die Wärmedämmung und die Befüllung mit Wärmeträgerflüssigkeit noch ausstehen.

Klimatechnik / Adsorptionskältemaschinen

Die Adsorptionskältemaschinen sind bereits in Betrieb, wobei die bisher noch nicht verfügbare Wärmeleistungen der Pelletkessel und der solarthermischen Anlage durch Wärme eines flüssiggasbetriebenen Wärmeerzeugers ersetzt wird.

Wärme(Langzeit)Speicher

(Die GFK-Wärmespeicher sind kpl. installiert, wärmegeklämt und bereit zur Inbetriebnahme. Ausgeführt werden muss noch die Wärmedämmung der Verrohrung.

Biomasseheizzentrale / Pellet / Holzhackschnitzel

Die Heizkessel sind kpl. installiert und abgasseitig mit dem saniertem Schornstein verbunden. Ebenfalls installiert ist die Zuführungstechnik und die Feinstaubfilteranlage. Der Schaltschrank zur Steuerung und Regelung steht fertig installiert beim Lieferanten. Noch offene Leistungen sind in der Zentrale die Wärmedämmung des Pufferspeichers, Wärmedämmung an Leitungen und evtl. Restleistungen zum Rohrleitungsbau.

Bemerkung: Zum Besuchszeitpunkt wurden an der verglasten vorderen Wand Konservierungsarbeiten durchgeführt. Da die gesamte Heizzentrale so von außen sichtbar ist, ist innerhalb der Verglasung die Integration des Großbildschirmes zur Anlagendarstellung vorgesehen.

Brennstofflager (Pellets +Holzhackschnitzel)

Das Brennstofflager grenzt aus logistischen und wirtschaftlichen Gründen unmittelbar an die Heizzentrale an und musste räumlich durch eine Feuerschutzwand getrennt werden, die realisiert ist.

Bei der Realisierung der Holzhackschnitzeltechnologie, insbesondere der Schubbodentechnik muss eine Prallwand (Bild 8) gebaut werden, die den zu erwartenden Kräften genügend Widerstand entgegen setzt, einschließlich der Widerlager für die Schubbodentechnik, die umfangreiche Maßnahmen im Fußboden erforderten.

Die Lagertechnik für die Holzhackschnitzel ist im Bau.

Zur Lagerung der Holzpellets ist die Aufstellung eines entsprechenden Silos vorgesehen.

Die Zufahrtsmöglichkeit zur Anlieferung der Biomassebrennstoffe ist geschaffen.

Gebäudewärmeübergabestationen

Die Übergabestationen sind zum Teil schon in Betrieb oder waren noch verpackt.

Messtechnik

Durch die hierfür verantwortliche Fa. wurde ein Großteil der Komponenten bereits eingebaut bzw. sind Tauchhülsen etc. eingebaut. Erfolgen muss hier noch das Auflegen der entsprechenden Verkabelung einschl. des Messschrankes.

Hierzu noch nötig ist die endgültige Auswahl und Bestellung der Datenlogger- und Übertragungstechnik, der Montage-Ort für die Messtechnik der nötigen Umweltdaten (Einstrahlung, ...).

Weitere Komponenten zur Messtechnik wurden in der Werkstatt besichtigt, wobei allerdings keine abschließende Aussage zur Vollständigkeit möglich war.

Bewertung

1. Die technische Realisierung der Gesamtanlage kann zu 90 % angenommen werden.
2. Bedingt durch den baulichen Zustand vor und während der Anlagenrealisierung und im Ergebnis entsprechender baulicher Auflagen sind offensichtlich beträchtliche bauliche Zusatzleistungen entstanden.
3. Für die zur messtechnischen Begleitung der Gesamtanlage nötigen Messtechnik ist noch die Datenerfassung über Datenlogger einschl. der Datenübertragung zu realisieren.
4. Die vorgesehene Visualisierung des Anlagenlaufs über einen Großbildschirm einschließlich Software ist ebenfalls noch zu realisieren.
5. Die Voraussetzungen für die messtechnische Betreuung zumindest für die erste Messperiode müssen noch in Form eines Vertrages geschaffen werden.

Einschätzung / Vorschläge

Bei Antragstellung zum Projekt „Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheis-Brauerei Dessau“ wurde dieses als zukunftsweisendes CO₂-neutrales System der regenerativen Energieanwendung mit entsprechender Vorbild (Leuchtturm-) Funktion gewertet.

Im Zeichen der nunmehr beschleunigten Energiewende kann dies ein wesentliches Beispiel sein zur Nachweisführung der auf Basis der solarthermischen und Biomassenutzung möglichen Nahwärmeversorgung und Klimatisierung eines so großen Objektes, des Ausstiegs aus der Nutzung endlicher fossiler Energieträger, der Minderung der CO₂ - Entlastung der Atmosphäre und damit ein Beitrag zur Erreichung der anspruchsvollen Klimaziele der Bundesregierung.

Aus wissenschaftlicher Sicht der betreuenden Hochschuleinrichtung (Projektgruppe Regenerative Energien und Umweltmesstechnik an der TU Ilmenau) werden an die Ergebnisse im Verlauf und Auswertung der messtechnischen Anlagenbetreuung, der Betriebsergebnisse einer ersten Intensivmessperiode und der sich daraus ergebenden Möglichkeiten zur Anlagen- und Komponentenoptimierung hohe Erwartungen gestellt.

Aus wissenschaftlicher Sicht sollte das solare Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheis-Brauerei Dessau fertig gestellt, in Betrieb genommen und nach erfolgreichem Probetrieb eine einjährige Intensivmessperiode durchgeführt werden.

Anlage 2 / Hydraulik schemata

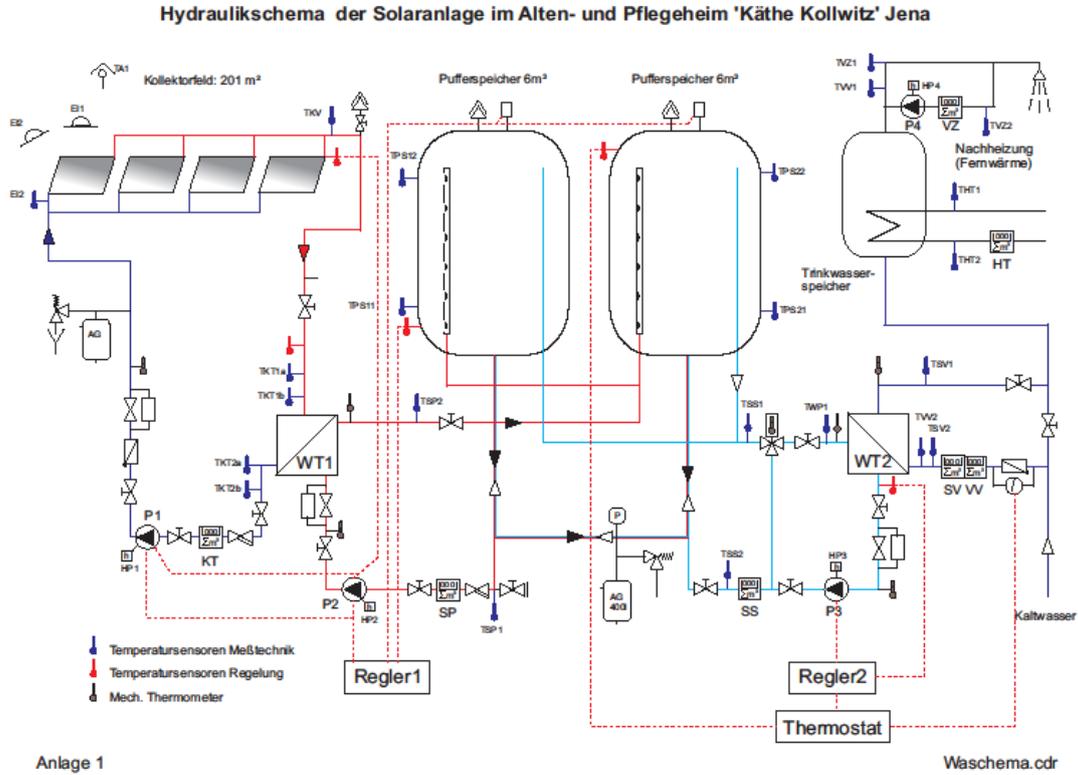
- 2.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena
- 2.2 Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck
- 2.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 2.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 2.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 2.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt
- 2.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 2.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 2.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 2.10 Anlage KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge
- 2.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 2.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 2.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 2.14 Anlage Reha – Klinik DRV Bund Bad Frankenhausen
- 2.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
- 2.16 Anlage JH Harsberg – Nationalpark Hainich
- 2.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
- 2.18 Anlage solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena
- 2.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
- 2.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

Bemerkung:

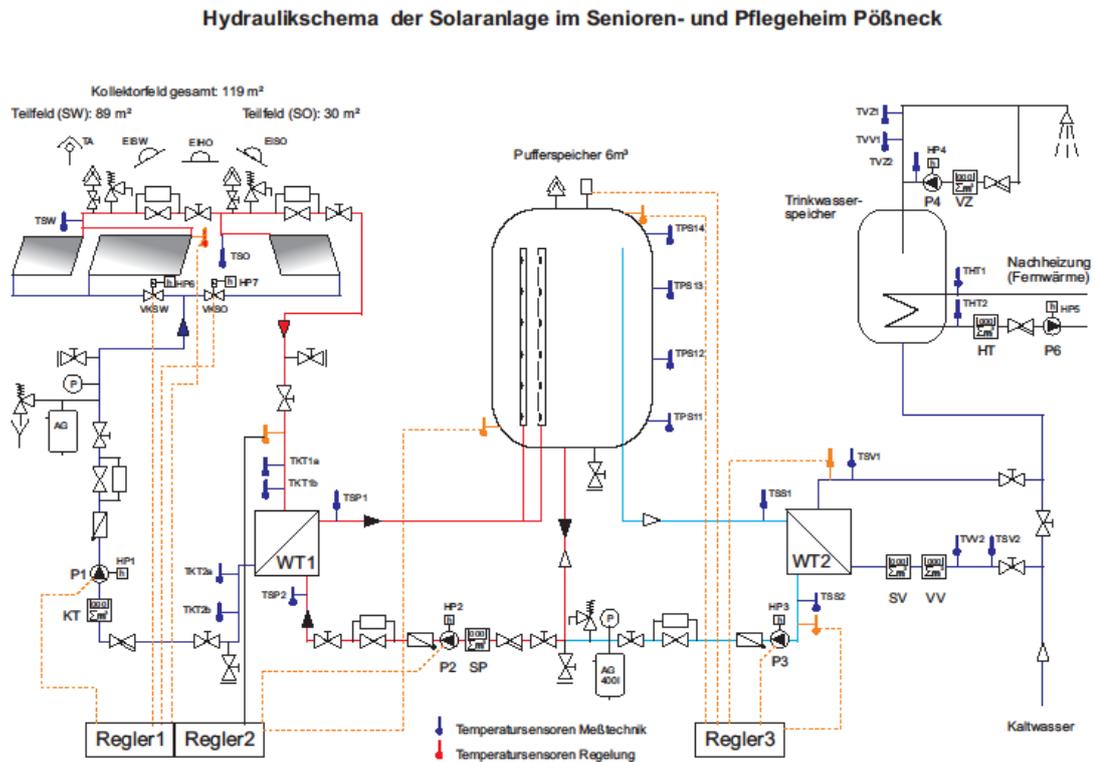
Quelle 1 ...16 und 18 ... 19 TU Ilmenau FG TFD und Quelle 20 eta plus

Technische Universität Ilmenau, Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidodynamik, AG Regenerative Energie, PF 100565, D-98684 Ilmenau, Tel./Fax 03677 – 69 1827, e-mail: juergen.buehl@tu-ilmenau.de

2.1 Hydraulikschema Anlage Seniorenheim „Käthe Kollwitz“ Jena



2.2 Hydraulikschema Anlage Seniorenheim Pößneck

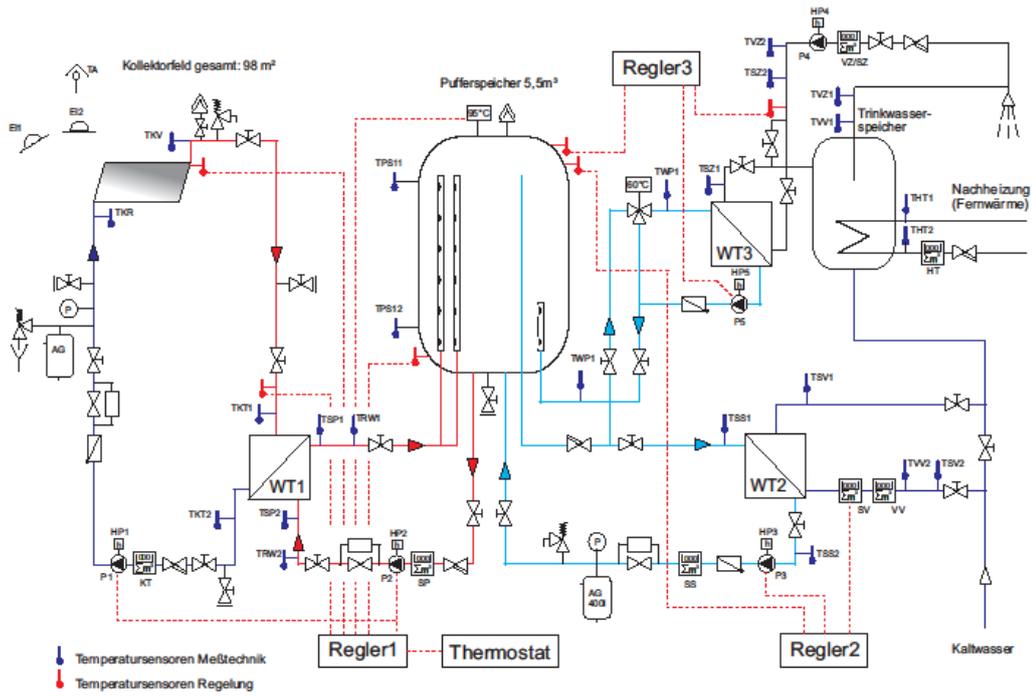


Anlage 1

Wbschema.cdr

2.3 Hydraulikschema Kreiskrankenhaus Neuhaus

Hydraulikschema der Solaranlage im Kreiskrankenhaus Neuhaus am Rennweg

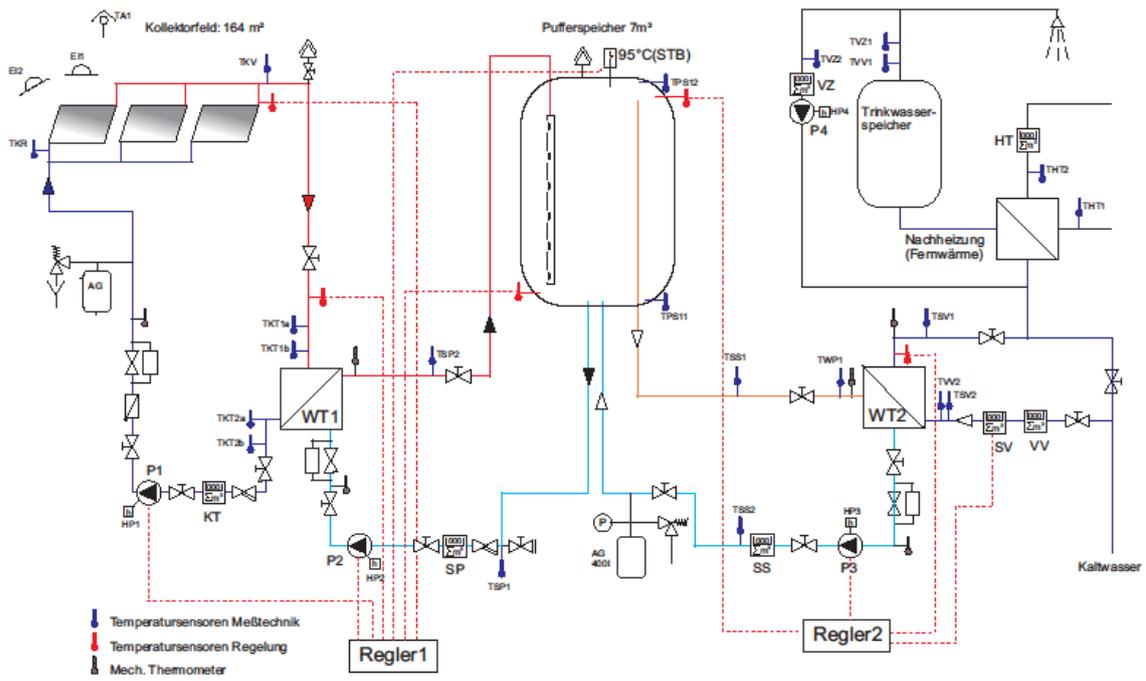


Anlage 1

Wcschema.cdr

2.4 Hydraulikschema Wohngebäude Leinefelde

Hydraulikschema der Solaranlage im Wohngebäude Gaußstraße Leinefelde

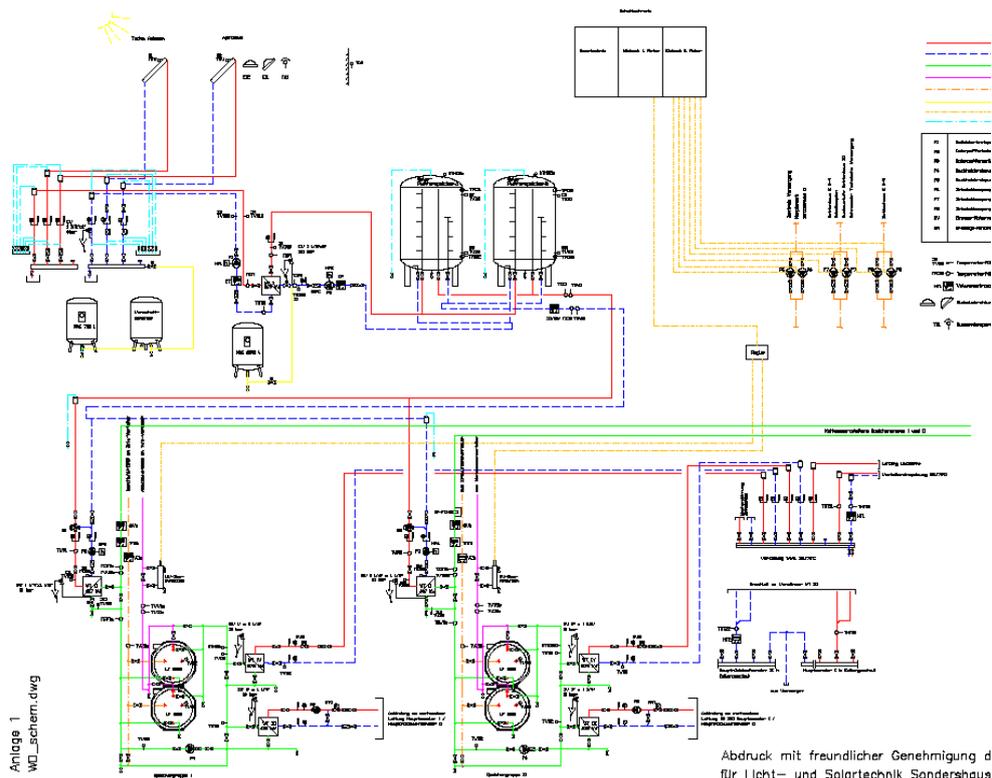


Anlage 1

WEschema.cdr

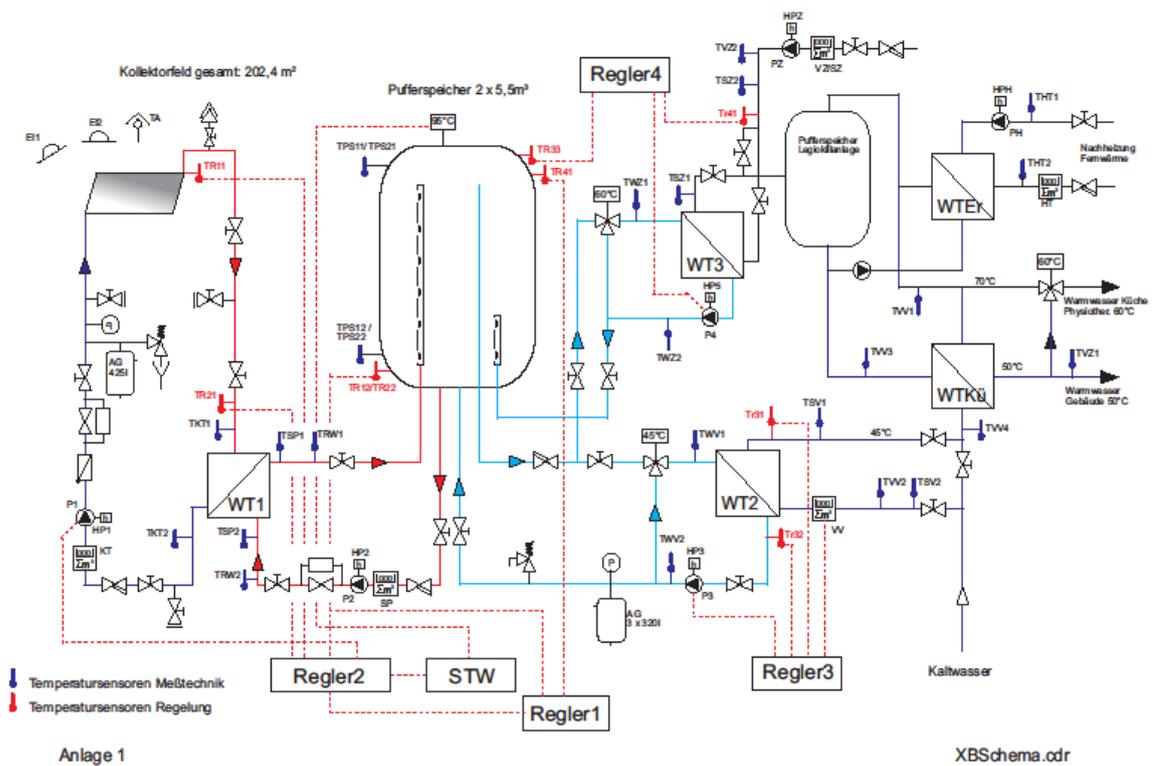
2.5 Hydraulikschema Südharzkrankenhaus Nordhausen

Hydraulikschema der Solaranlage im Südharzkrankenhaus Nordhausen

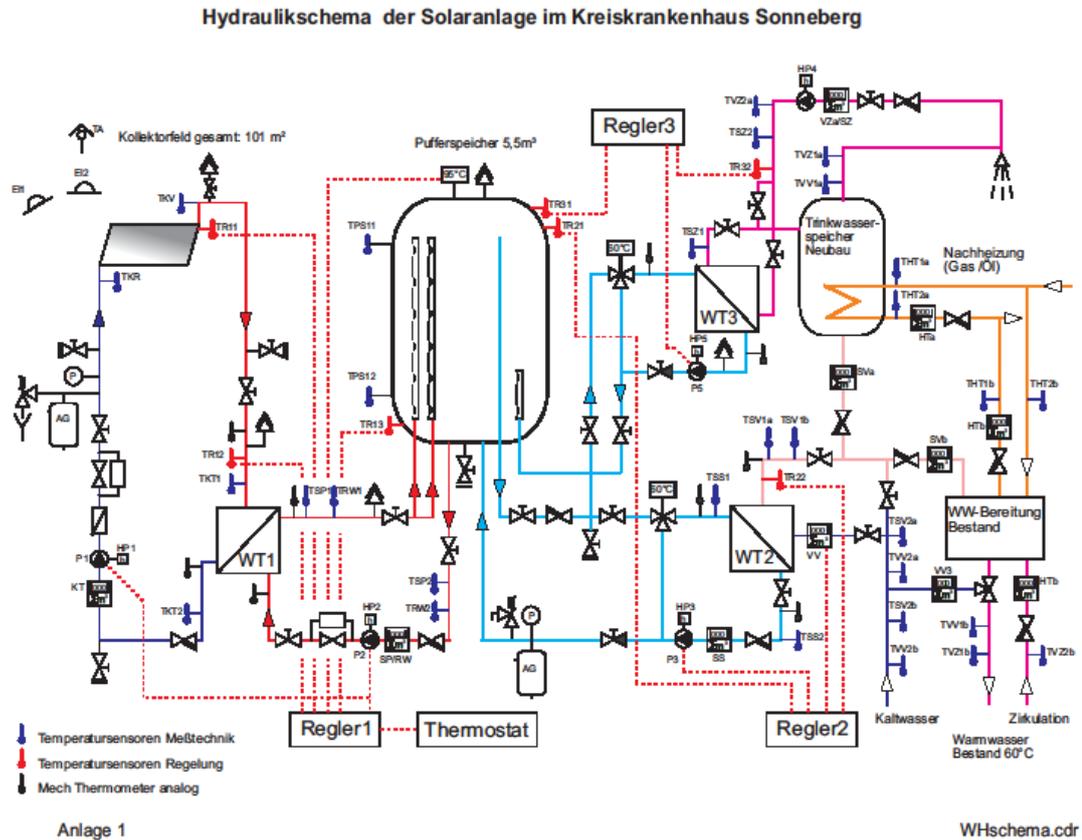


2.6 Hydraulikschema Krankenhaus Hettstedt

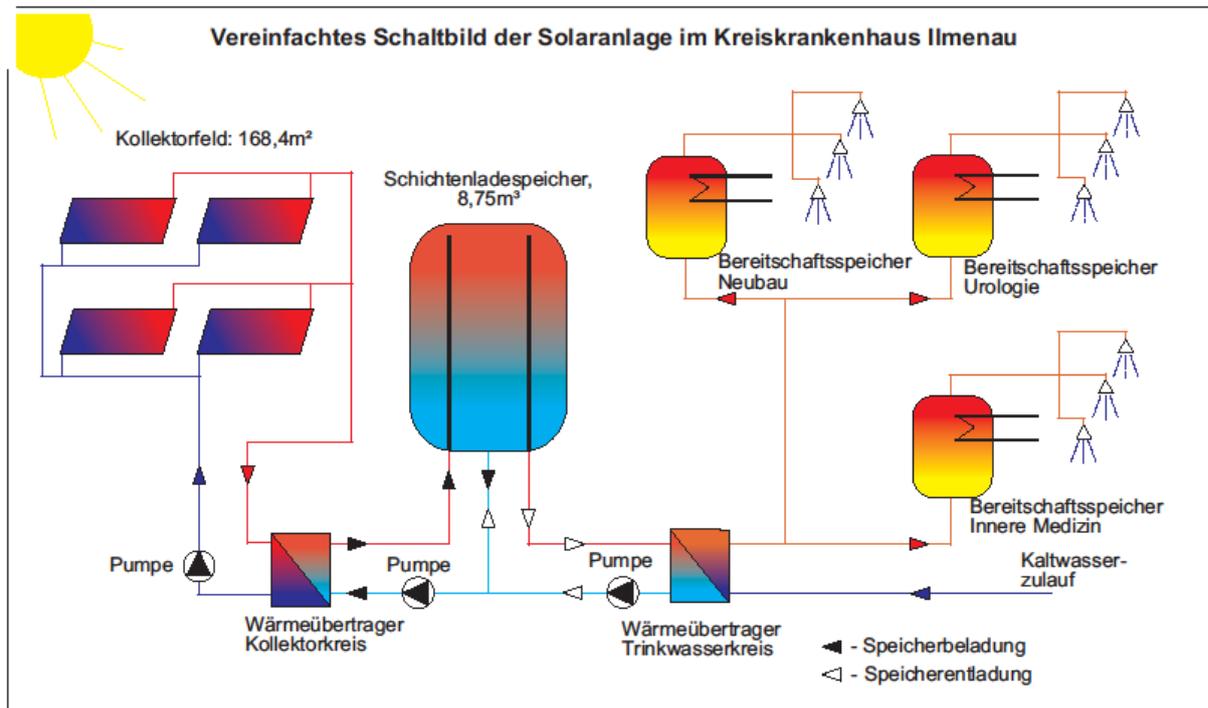
Hydraulikschema der Solaranlage im Kreiskrankenhaus Hettstedt



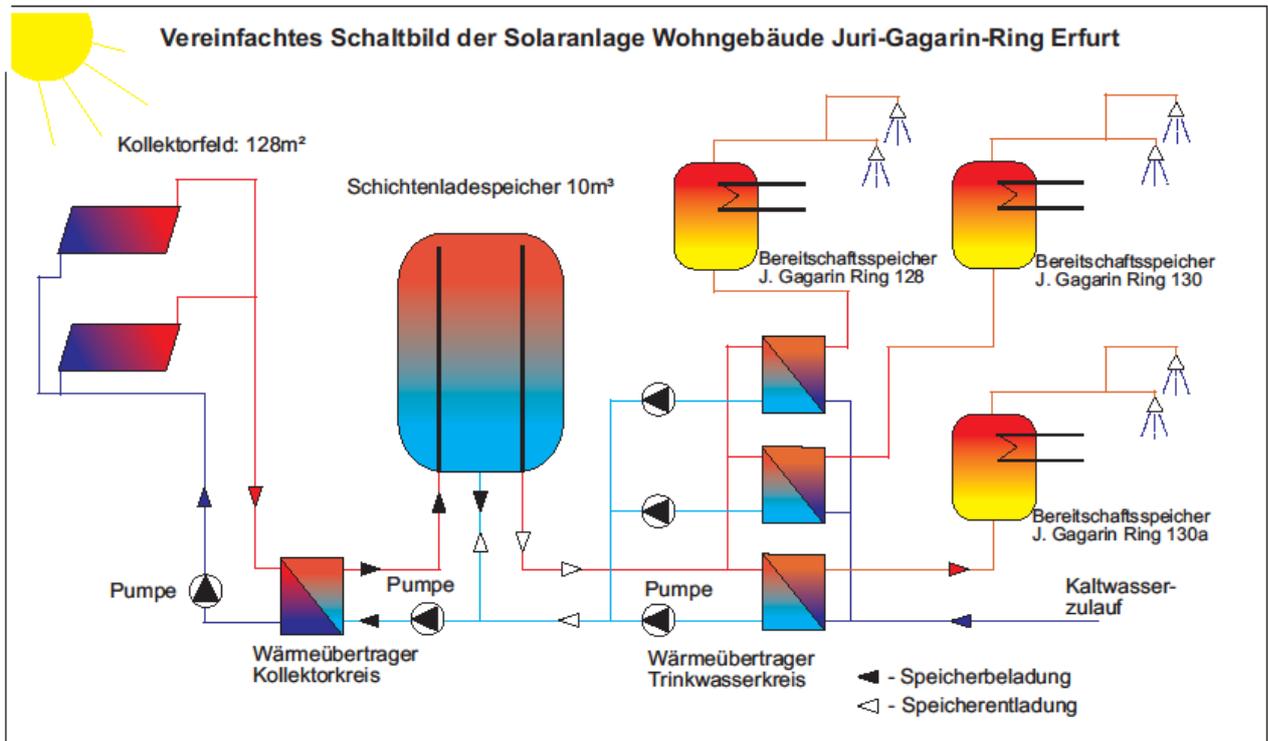
2.7 Hydraulikschema Kreiskrankenhaus Sonneberg



2.8 Hydraulikschema Kreiskrankenhaus Ilmenau

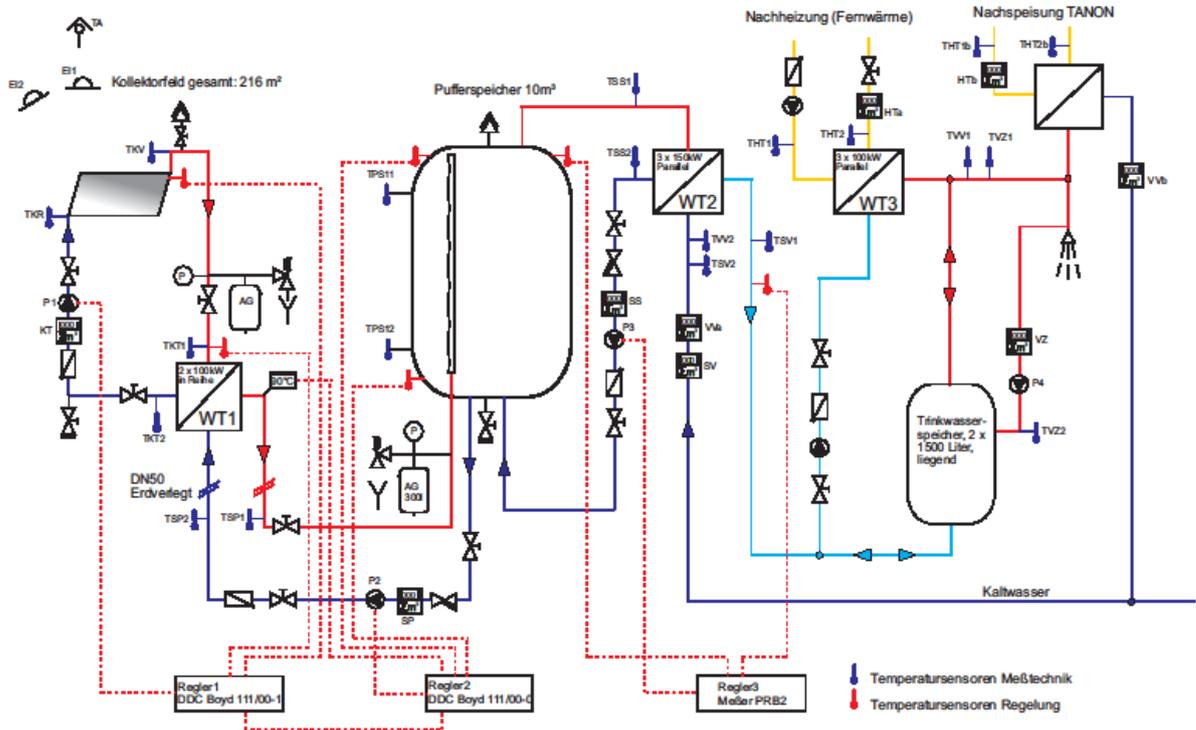


2.9 Hydraulikschema Wohngebäude Erfurt



2.10 Hydraulikschema KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge

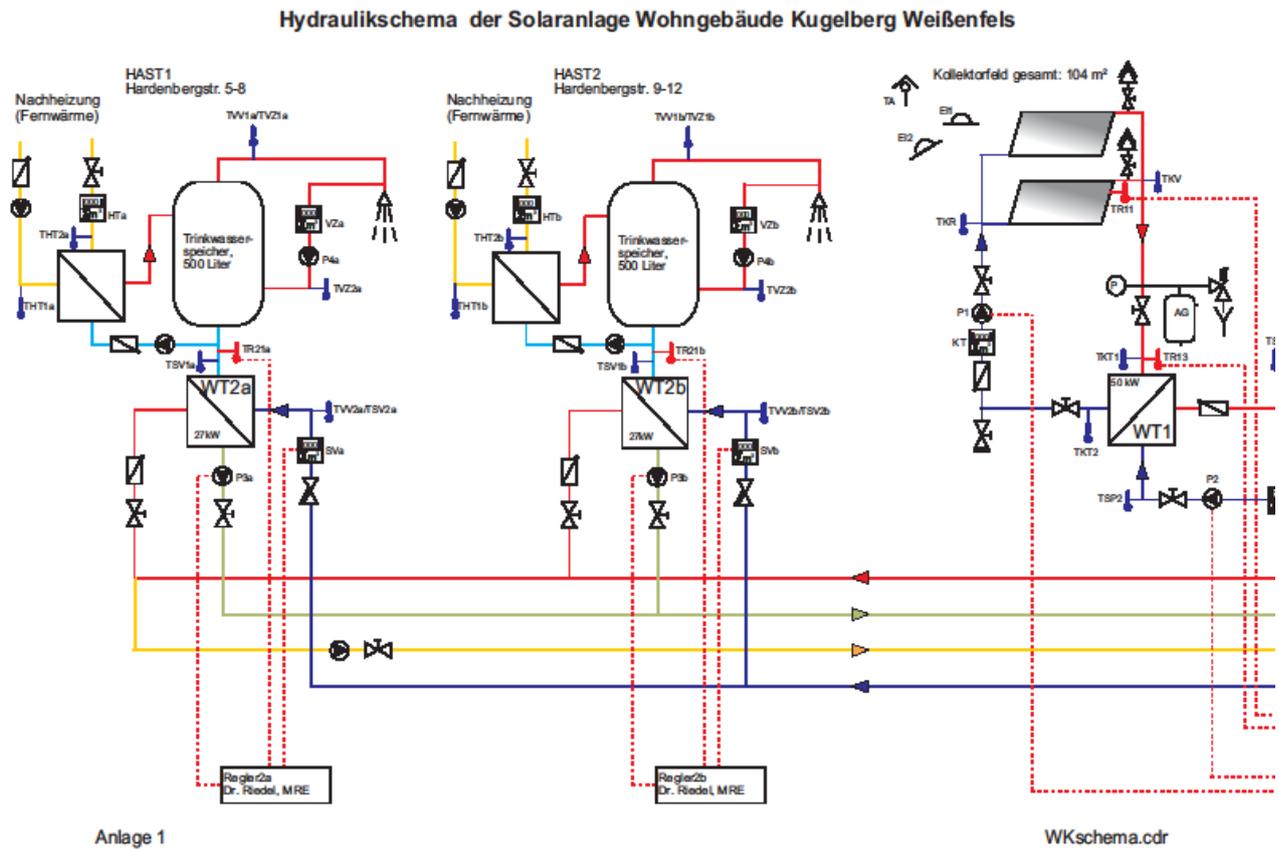
Hydraulikschema der Solaranlage im Kinder- und Erholungszentrum Güntersberge



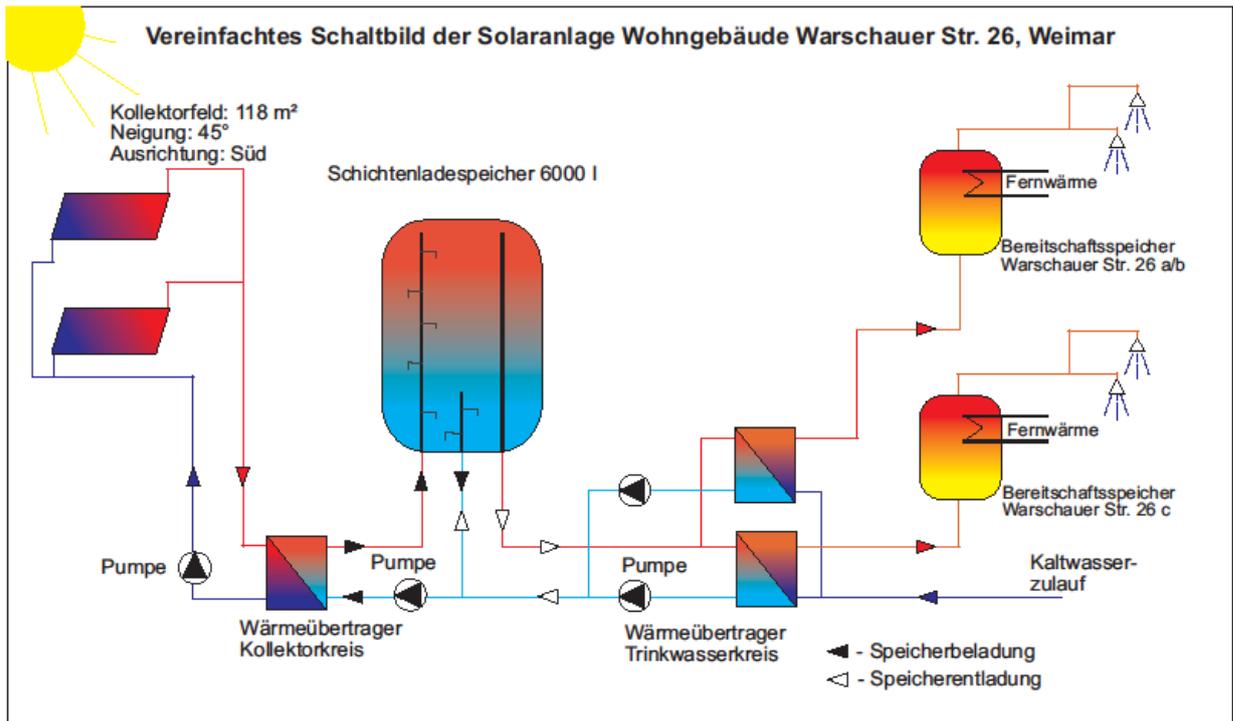
Anlage 1

Wlschema.cdr

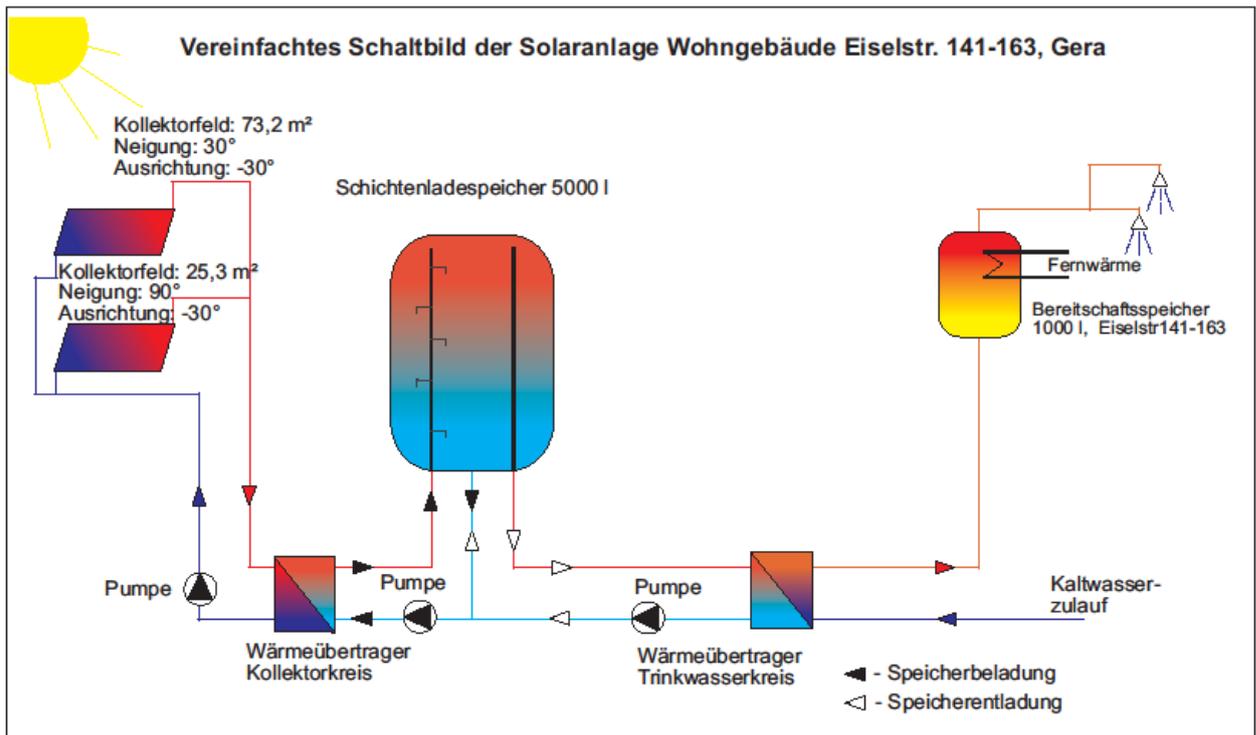
2.11 Hydraulikschema Wohngebiet Kugelberg Weißenfels



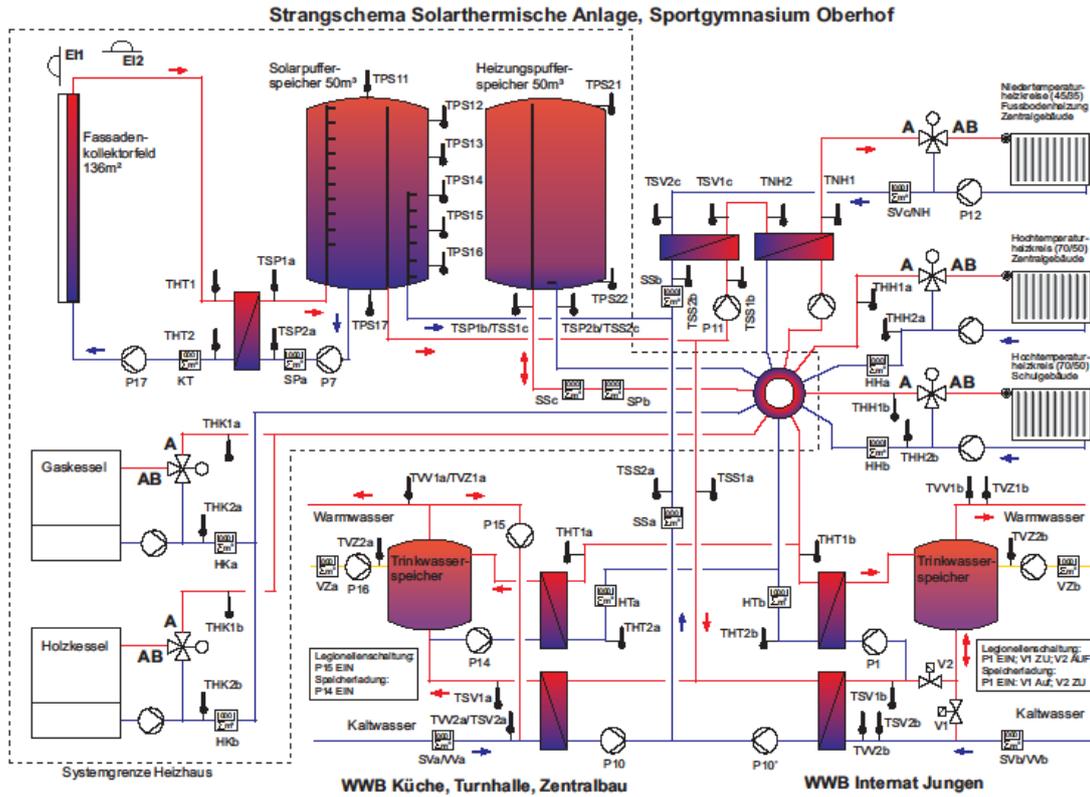
2.12 Hydraulikschema Wohngebäude Warschauer Straße Weimar



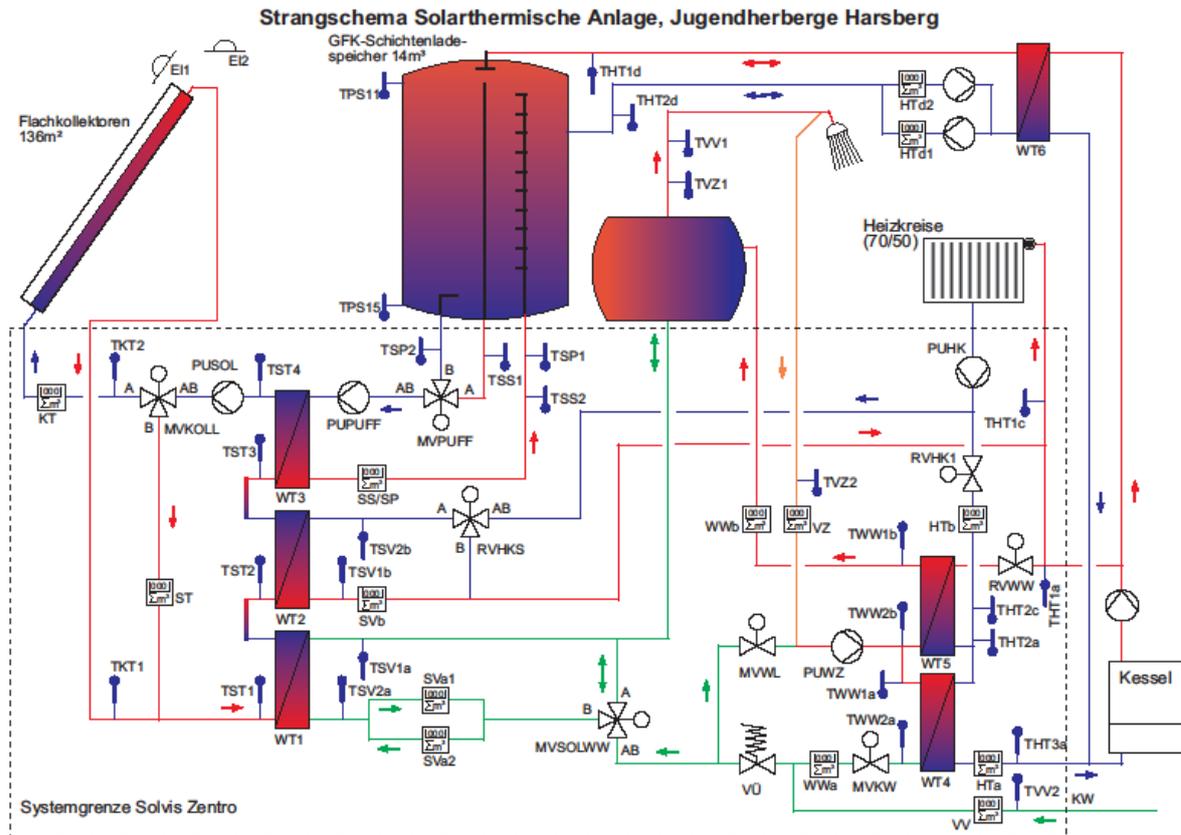
2.13 Hydraulikschema Wohngebäude Eiselstraße Gera



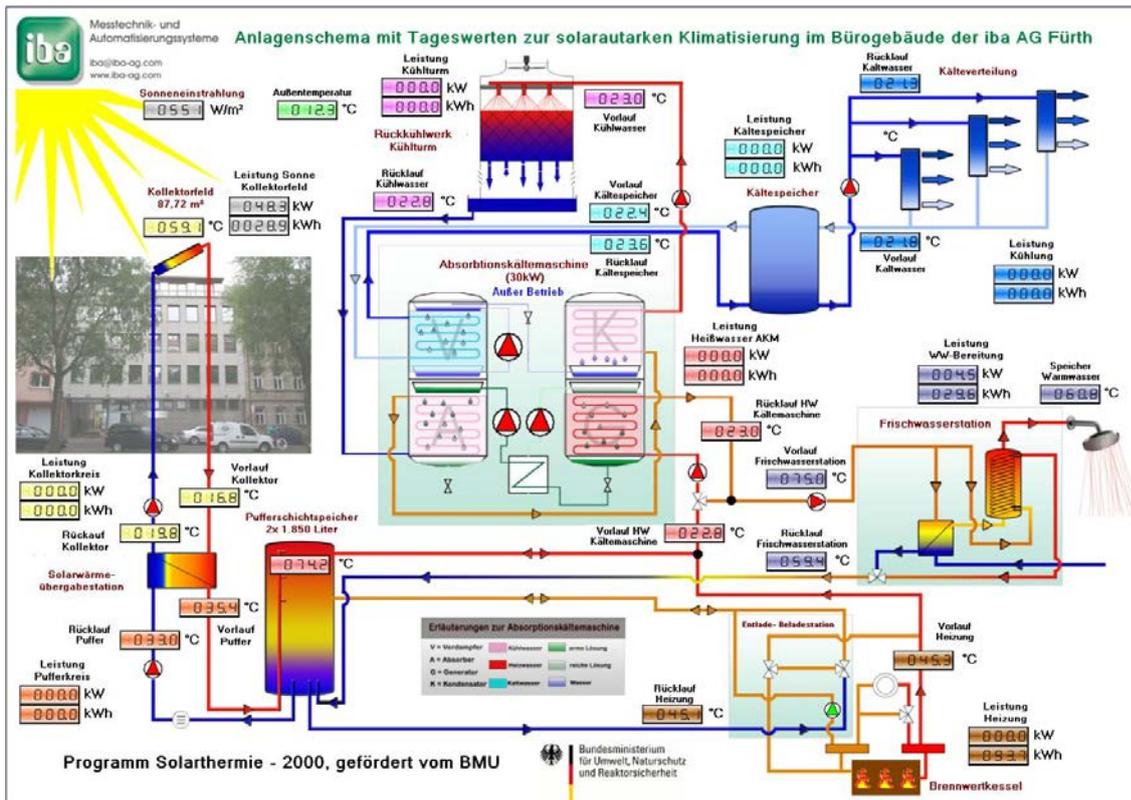
2.15 Hydraulikschema Staatliches Sportgymnasium Oberhof



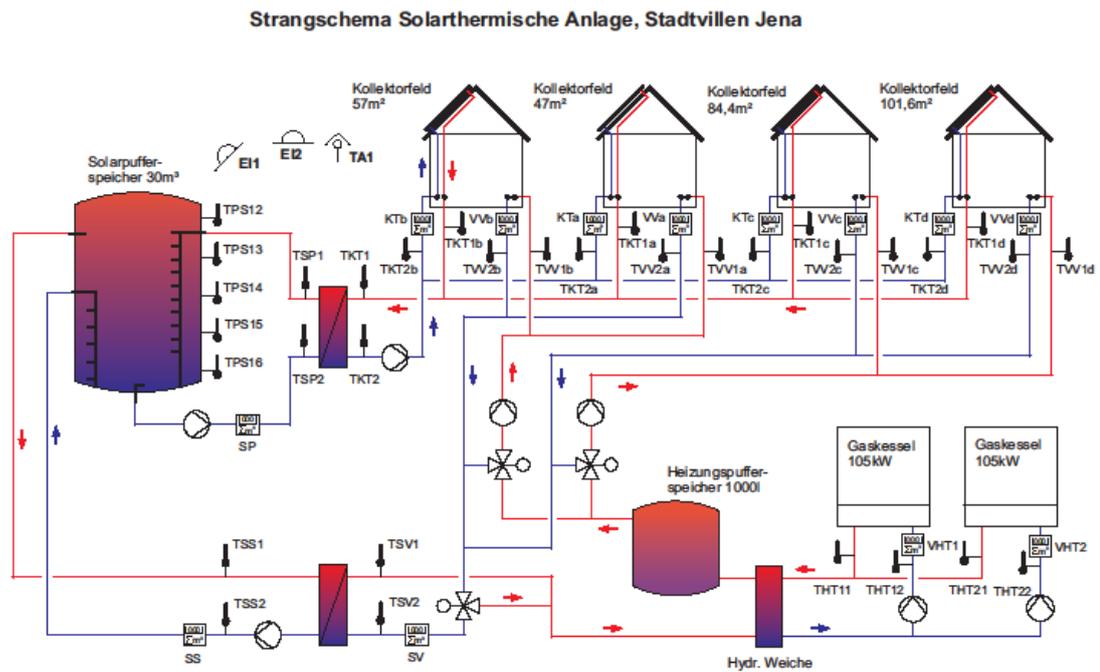
2.16 Hydraulikschema JH Harsberg – Nationalpark Hainich



2.17 Hydraulikschema Solargestützte Kälteversorgung iba Bürogebäude Fürth

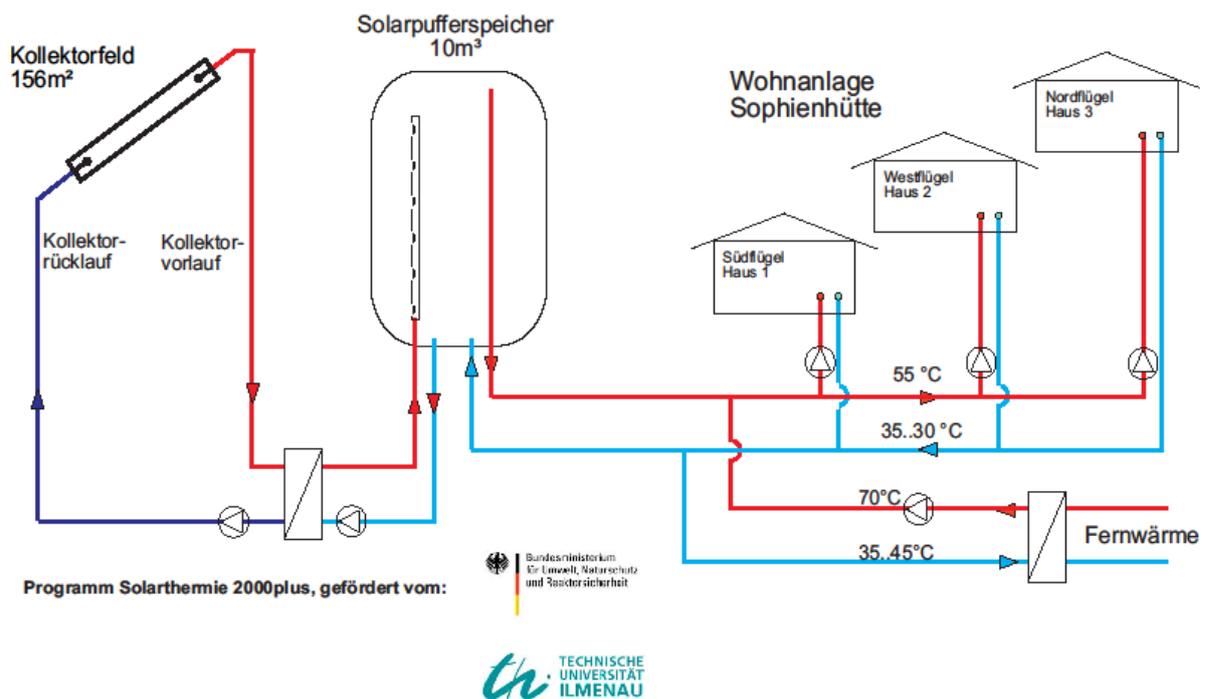


2.18 Hydraulikschema Solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena

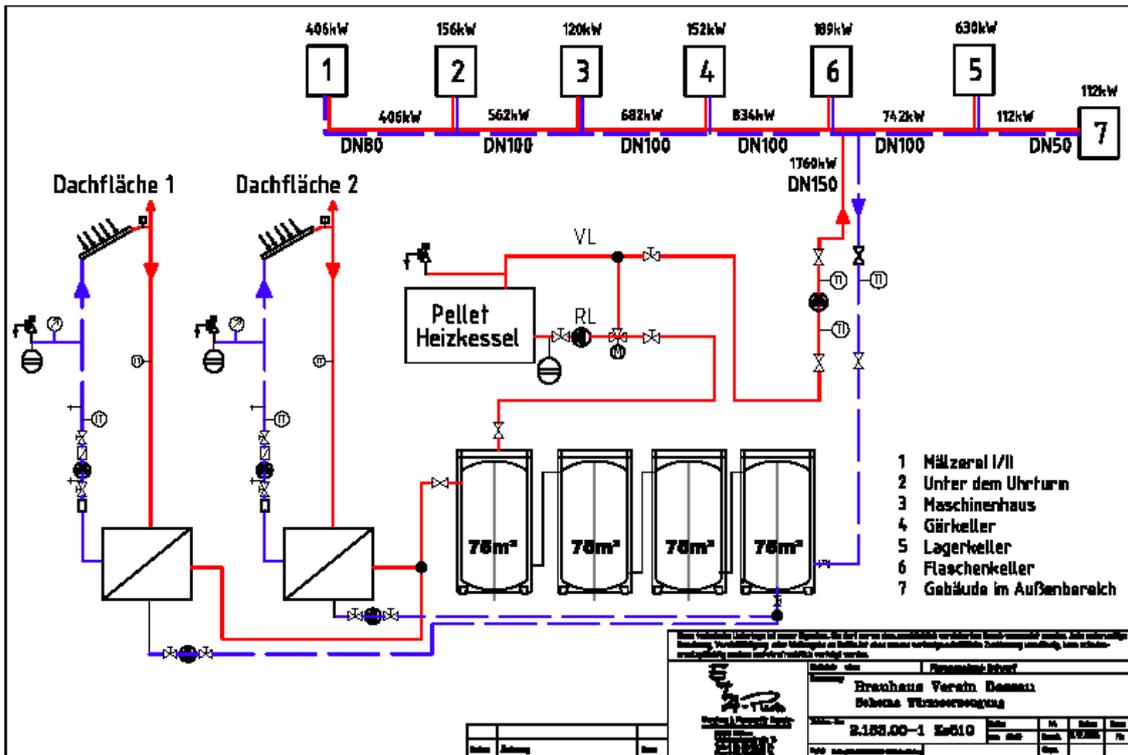


2.19 Hydraulikschema Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau

Solarthermisch unterstützte Nahwärmeversorgung



2.20 Hydraulikschema Solares Nahwärmesystem ehm. Schultheiss Brauerei Dessau



(Quelle: eta plus 2010)

Anlage 3 / Leistungserbringungen / Nachweise

- 3.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena
- 3.2 Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck
- 3.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus
- 3.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde
- 3.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen
- 3.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt
- 3.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg
- 3.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau
- 3.9 Anlage Wohngebäude Erfurt
- 3.10 Anlage KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge
- 3.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels
- 3.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar
- 3.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera
- 3.14 Anlage Reha – Klinik DRV Bund Bad Frankenhausen
- 3.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof
- 3.16 Anlage JH Harsberg
- 3.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth
- 3.18 Anlage solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena
- 3.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau
- 3.20 Anlage Solares Nahwärmesystem Schultheiss Brauerei Dessau

3.1 Anlage Senioren - und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena

3.2 Anlage Senioren – und Pflegeheim Pößneck

3.3 Anlage Kreiskrankenhaus Neuhaus

3.4 Anlage Wohngebäude Leinefelde

3.5 Anlage Südharzkrankenhaus Nordhausen

3.6 Anlage Krankenhaus Hettstedt

3.7 Anlage Kreiskrankenhaus Sonneberg

3.8 Anlage Kreiskrankenhaus Ilmenau

3.9 Anlage Wohngebäude Erfurt

3.10 Anlage KIEZ – Kinder – und Erholungszentrum Güntersberge

3.11 Anlage Wohngebiet Kugelberg Weißenfels

3.12 Anlage Wohngebäude Warschauer Straße Weimar

3.13 Anlage Wohngebäude Eiselstraße Gera

3.14 Anlage Reha – Klinik DRV Bund Bad Frankenhausen

3.15 Anlage Staatliches Sportgymnasium Oberhof

3.16 Anlage JH Harsberg

3.17 Anlage Solargestützte Kälteerzeugung iba Bürogebäude Fürth

3.18 Anlage solargestützte Wärmeversorgung Czapski Straße Jena

3.19 Anlage Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau

Anlage 4 - Nomenklatur / Abkürzungen

Nomenklatur / Abkürzungen

(Beispiel: Anlage Bad Frankenhausen)

Bezeichnung	Erläuterung
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	Luftherwärmung, Gebäude E & G
TSV2b	
TSV1c	Luftvorwärmung, Gebäude A & C
TSV2c	
TSV1d	Luftherwärmung, Gebäude A & C
TSV2d	
TSV1e	Warmwasservorwärmung
TSV2e/TVV2e	Speichergruppe 1
TSV1f	Warmwasservorwärmung
TSV2f/TVV2f	Speichergruppe 2
TVV1e	Warmwassererwärmung
(TVV2e)	Speichergruppe 1
TVV1f	Warmwassererwärmung
(TVV2f)	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
TSV1c	Luftvorwärmung, Gebäude A & C
TSV2c	
TSV1d	Luftherwärmung, Gebäude A & C
TSV2d	
TSV1e	Warmwasservorwärmung
TSV2e/TVV2e	Speichergruppe 1
TSV1f	Warmwasservorwärmung
TSV2f/TVV2f	Speichergruppe 2
TVV1e	Warmwassererwärmung
(TVV2e)	Speichergruppe 1
TVV1f	Warmwassererwärmung
(TVV2f)	Speichergruppe 2
TWR1	Wärmerückgewinnung Abwasser
TWR2	Schwimmbaden
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	Lufferwärmung, 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

Anlage 5 Anlagenübersicht / Kennwerte

Anlagenübersicht – Kennwerte (Stand 2011 / 2012)

Anlage	Förderung (%)	akt. Kollektorfläche (m ²)	Gesamtkosten (€)	Systemkosten (€)	spez. Systemkosten (€/m ² _{Koll.})	Solarertrag (Bieter) (kWh/a)	Nutzwärme-kosten (Bieter)	Nutzwärme-kosten (Ist-min) (€/kWh)
(01/02) 02C Jena	85	201	203.335,46	146.471,32	729	101.907	0,1198	0,1373
(02/04) 02J Pößneck	80	118,2	107.565,44	65.835,40	557	45.000	0,1396	0,1550
(03/08) 02G Neuhaus	77,6	98,4	125.526,57	72.832,80	729	50.000	0,1270	0,1302
(04/21) 02Y Leinefelde	72,85	164	136.120,50	61.238,91	616	72.160	0,1221	0,1427
(05/11) 02U Nordhausen	73,35	716,8	521.438,15	66.484,64	647	329.360	0,1122	0,1023
(06/17) 02W Hettstedt	85	203,2	190.169,90	134.791,81	675	95.000	0,1258	0,1071
(07/19) 03E Sonneberg	70	95,5	101.192,88	66.484,64	684	52.800	0,1099	0,1804
(08/22) 03J Ilmenau	75	168,4	156.634,06	112.298,88	667	84.649	0,1157	0,1458
(09/34) 02G Erfurt (RVK)	75	127,5	221.873,43	112.298,88	1.390	75.000	0,207	0,272
(10/48) 03K Güntersberge	77,27	216	203.960,76	160.800,75	685	115.347	0,1193	0,394
(11/31) 02R Weißenfels	75	104	119.680,96	69.730,12	820	47.000	0,1294	0,1224
(12/32) 03W Weimar	75	118	139.004,39	85.732,75	744	60.882	0,122	0,121
(13/40) 03X Gera	75	105	138.045,00	94.722,65	1.017	48.791	0,140	0,196
(14/41) 04A Bad Frankenhäuser	55,7	646,2	543.807,04	461.816,44	790	298.440	0,135	0,169
(15/57) 03Y Oberhof	75	117	155.190,83	99.480,67	850	39.159	0,222	0,502
(16/..) 05E solarautarke Kühlung Fürth	50	87,72	231.500,00	171.500,00	1.956	51.298	0,18	k. A.
(17/61) 04D Harsberg	65	135,9	288.866,79	179.439,37	1.320	68.080	0,23	k. A.
(18/62) 04G Jena (Stadtviell.	52	300	278.984,00	215.484,00	718	80.600	0,23	k. A.
(19/..) 04J Ilmenau (Sophienhütte)	60	146	177.000,00	116.000,00	794	43.350	0,2372	0,1912
(20/..) 04K Dessau (Braueredenkmal)	80	423,5	1.156.558	451.808,00	875	181.000	0,23	k. A.

Zusammenfassung/ Übersicht Intensivmessphase der „Thüringer Anlagen“

Senioren- und Pflegeheim „Käthe Kollwitz“ Jena- Lobeda (1)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (02.04.97-03.04.98)	82.902	103,36 ja	99,20 ja	0,1294
2. Betriebsjahr (04.04.98-03.04.99)	92.991	97,43 ja	97,43 ja	0,1153
3. Betriebsjahr (03.04.98 -02-04.99)	82.621	87,94 nein	88,13 ja	0,1298

Senioren und Pflegeheim Pößneck (2)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (17.01.97-16.01.98)	40.961	96,42 ja	96,63 ja	0,1402
2. Betriebsjahr (17.01.98-16.01.99)	37.415	94,28 ja	98,57 ja	0,1534
3. Betriebsjahr (17.01.99-16.01.00)	36.577	88,43 nein	90,5 ja	0,157

Kreis Krankenhaus Neuhaus Am Rennweg (3)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (26.08.97-27.08.98)	48.556	94,90 ja	96,27 ja	0,1461
2. Betriebsjahr (27.08.98-26.08.99)	42.978	105,84 ja	105,31 ja	0,1478
3. Betriebsjahr (26.08.99-24-08.00)	48.780	104,34 ja	107,35 ja	0,1302

Wohngebäude Leinefelde (4)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (10.03.99-09.03.00)	60.322	78,83 nein	81,39 nein	0,1462
2. Betriebsjahr (09.03.00-08.03.01)	61.745	85,13 nein	87,09 nein	0,1427
3. Betriebsjahr (08.03.01-07.03.02)	59.281	93,46 ja	93,32 ja	0,1487

Südharz Krankenhaus Nordhausen (5)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (08.04.99-07.04.00)	395.165	111,14 ja	108,19 ja	0,1023
2. Betriebsjahr (06.04.00-05.04.01)	369.933	120,84 ja	117,15 ja	0,1028
3. Betriebsjahr (05.04.01-04.04.02)	310.690	102,04 ja	97,63 ja	0,1301

Klinikum Mansfelder Land Hettstedt (6)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (16.02.00-15.02.01)	111.601	99,48 ja	97,85 ja	0,1071
2. Betriebsjahr (15.02.01-15.02.02)	104.184	101,78 ja	96,82 ja	0,1147
3. Betriebsjahr (14.02.02-23-02.03)	105.175	103,62 ja	100,98 ja	0,1136

Kreis Krankenhaus Sonneberg (7)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (25.01.01-24.01.02)	32.144	92,28 ja	91,16 ja	0,1804
2. Betriebsjahr (24.01.02-23.01.03)	30.755	90,37 ja	94,12 ja	0,1885
3. Betriebsjahr (23.01.03-22.01.04)	39.979	95,30 ja	95,41 ja	0,1450

Kreis Krankenhaus Ilmenau (8)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (26.10.00-25.10.01)	63.362	86,83 nein	96,57 ja	0,1581
2. Betriebsjahr (25.10.01-24.10.02)	67.152	85,18 nein	99,13 ja	0,1458
3. Betriebsjahr (24.10.02-23.10.03)	77.750	85,25 nein	95,98 ja	0,1259

Wohngebäude KoWo Erfurt (9)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (07.06.01-06.06.02)	42.989	85,01 nein	78,63 nein	0,354
2. Betriebsjahr (07.06.02-06.06.03)	56.000	97,81 ja	82,65 nein	0,277
3. Betriebsjahr (06.06.03-04.06.04)	57.153	86,76 nein	82,09 nein	0,272

KIEZ Güntersberge (10)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (23.05.02-22.05.03)	35.598	68,69 nein	68,69 nein	0,394
2. Betriebsjahr (22.05.03-21.05.04)	28.410	57,89 nein	57,89 nein	0,494
3. Betriebsjahr (21.05.04-20.05.05)	22.540	54,73 nein	54,73 nein	0,622

Wohngebäude Weißenfels (11)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (07.11.02-06.11.03)	49.665	90,24 ja	91,27 ja	0,149
2. Betriebsjahr (07.11.03-06.11.04)	42.410	k.A. -	k.A. -	0,176
3. Betriebsjahr (04.11.04-03.11.05)	29.876	54,76 nein	56,30 nein	0,249
4. Betriebsjahr (04.11.05-06.11.06)				

Wohngebäude Warschauer Straße Weimar (12)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (10.10.02-09.10.03)	61.644	86,40 nein	90,42 ja	0,121
2. Betriebsjahr (09.10.03-08.10.04)	59.193	81,26 nein	85,32 nein	0,124
3. Betriebsjahr (07.10.04-06.10.05)	57.951	83,39 nein	86,63 nein	0,132

Wohngebäude Gera (13)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (31.07.03-30.07.04)	36.561	84,27 nein	80,55 nein	0,222
2. Betriebsjahr (31.07.04-29.07.05)	42.197	96,59 ja	91,63 ja	0,169
3. Betriebsjahr (30.07.05-31.07.06)				

Rehaklinik der BfA Bad Frankenhausen (14)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (01.04.04-31.03.05)	196.386	84,10 nein	84,86 nein	0,205
2. Betriebsjahr (01.04.05-31.03.06)				
3. Betriebsjahr (01.04.06-31.03.07)				
4. Betriebsjahr (01.04.07-31.03.08)				

Staatliches Sportgymnasium Oberhof (15)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (04/06-03/07)				
2. Betriebsjahr (04/07-03/08)				
3. Betriebsjahr (04/08-03/09)				

DJH-Harsberg (16)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (07/06-06/07)				
2. Betriebsjahr (07/07-06/08)				
3. Betriebsjahr (07/08-06/09)				

Bürogebäude Fürth (17)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
1. Betriebsjahr (07/07-06/08)				
2. Betriebsjahr (07/08-06/09)				
3. Betriebsjahr (07/09-06/10)				

Solaranlage Jena, Siegfried-Czapski-Str. (18)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzw ärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Bieter	118.500	- -	- -	0,254
1. Betriebsjahr (03/11-03/12)	(39.320)	- -	- -	k. A.

Wohnanlage Sophienhütte Ilmenau (19)	Ertrag [kWh/a]	Solargarantieertrag [%] erfüllt ?	Systemnutzungs- Grad – Garantie [%] erfüllt ?	Nutzwärmekosten* bei 20 Jahren Systemnutzungsdauer [EUR / kWh]
Bieter, ThüSolar	52.000			0,2333
1. Betriebsjahr (01/10-12/10)	55.285	90,79 ja	76,19 nein	0,1912