

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Qualitätssteigerung und Qualitätssicherung großer
thermischer Solaranlagen in gebäudeübergreifenden
Mikronetzen und im großvolumigen Geschosswohnbau

F. Brandstetter

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

30/2009

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Qualitätssteigerung und Qualitätssicherung großer
thermischer Solaranlagen in gebäudeübergreifenden
Mikronetzen und im großvolumigen Geschößwohnbau

DI Fritz Brandstetter
arsenal research

Wien, September 2007

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	5
2	Summary	6
3	Zusammenfassung	7
4	Einleitung und Projektziele	10
5	Qualitätssicherungsstrategien für Investoren	11
5.1	Einleitung und Rahmenbedingungen.....	11
5.1.1	Projektentwicklung.....	13
5.1.2	Planung und Ausschreibung.....	19
5.1.3	Umsetzungsphase	20
5.1.4	Betriebsführung.....	21
5.2	Erhebungen zu etablierten Qualitätssicherungsstrategien im Zusammenhang mit thermischen Solaranlagen	22
5.2.1	Integrale Planung.....	22
5.2.2	Weiterbildungsnachweise	22
5.2.3	Ausschreibung mit technischen Anforderungen	23
5.2.4	Definierte Inbetriebnahmephase / Anlagenoptimierung.....	23
5.2.5	Anlagendokumentation	24
5.2.6	Wartungsverträge	24
5.2.7	Laufende messtechnische Betriebsüberwachung	25
5.2.8	Ertragsgarantie	25
5.2.9	Contracting / Drittfinanzierung	26
5.2.10	Vorgaben durch Förderstellen	27
5.2.11	Gütesiegel / Richtlinien	28
5.3	Beschreibung des entwickelten Qualitätssicherungspaketes für Förderstellen, Bauträger und individuellere Anwender wie Tourismusbetriebe oder Heimverwaltungen.....	29
5.3.1	Ausblick und Empfehlungen für die Anwendung etwa durch Förderstellen oder Wohnbauunternehmen	65
6	Messtechnisch unterstützte Optimierung und Betriebsführung von solarthermischen Anlagen	67
6.1	Erhebung zur aktuellen Verbreitung messtechnischer Überwachung bei solarthermischen Großanlagen in Österreich	67
6.2	Anwendungsgebiete und Kategorisierung der messtechnischen Überwachung bei solarthermischen Anlagen	70

6.2.1	Recherche von Ansätzen zur Standardisierung und Automatisierung der messtechnischen Begleitung von Inbetriebnahme, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung.....	72
6.3	Grundlagen zur Ertragsbewertung und zum Anlagenvergleich	82
6.3.1	Kennwerte für solarthermische Anlagen	82
6.3.2	Anlagensimulation und Ertragsvorhersage	88
6.4	Expertenworkshop zu Kategorisierung und Standardisierung der messtechnischen Überwachung	94
6.5	Recherche von geeigneten Reglern für Anlagenoptimierung und Betriebsüberwachung	98
6.6	Detaillierte Beschreibung von empfohlenen Messanordnungen.....	105
6.6.1	Referenz Hydraulikmodelle.....	105
6.6.2	Beschreibung Fehlerquellen und Optimierungsmöglichkeiten von solarthermischen Großanlagen.....	107
6.6.3	Messanordnungen und Auswertungskonzepte.....	115
6.6.4	Empfohlene Hardware	139
6.6.5	Ausblick zum Kostenoptimierungspotential und zur Weiterentwicklung von Geräten	145
7	Schlussfolgerungen und Verwertung der Ergebnisse	146
8	Detailangaben zu den Zielen der „Energiesysteme der Zukunft“	149
9	Literatur	150

1 Kurzfassung

Die Integration solarthermischer Technologie in Gebäude und Wärmenetze abseits des Einfamilienhaussektors etwa im großvolumigen Wohnbau oder in Hotels, ist in Österreich bereits verbreitete Praxis. In Vorgängerprojekten im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ konnten Fragen zu Aufbau und Auslegung von großen thermischen Solaranlagen weitestgehend geklärt werden. Dieses Wissen fand mittlerweile über Ausbildungen und Fachseminare den Weg zur praktischen Umsetzung. Als notwendige Voraussetzung für die breite Erschließung des riesigen Potentials für thermische Solaranlagen in Gemeinschaftsanwendungen wurde in der Folge eine umfassende Qualitätssicherung von der Planung bis zur Betriebsführung ausgemacht. Vorbehalte zur technischen und wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der Integration solarthermischer Technologie in Energiekonzepte müssen belegbar durch geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen entkräftet werden können. Das vorliegende Projekt griff diese Thematik auf.

Die Arbeit teilte sich auf zwei große Themenbereiche, deren Ergebnisse jeweils eine andere Zielgruppe ansprechen. Auf der Umsetzungsseite richten sich die Ergebnisse zur messtechnisch unterstützten Optimierung und Betriebsführung an planende und ausführende Gewerke sowie an Komponentenanbieter und wurden in einem technischen Leitfaden zusammengefasst.

Zur Anwendung durch Investoren dient das entwickelte Paket an Qualitätssicherungsstrategien für solarthermische Großanlagen, das jeweils für den Neubau und für den Sanierungsbereich in einem Ratgeber mit zugehörigen Musterdokumenten aufbereitet wurde. Die Schnittmenge der Thematiken ergibt sich bei einem definierten Mindestmaß an messtechnisch unterstützter Optimierung und Betriebsführung, dessen Einforderung von den beteiligten Gewerken dem Investor empfohlen wird.

Im Rahmen des Projektes wurde eine umfassende Bestandaufnahme von am Markt befindlichen Methoden und Geräten zur messtechnischen Überwachung von solarthermischen Großanlagen durchgeführt. Durch Befragungen und einen Experten-Workshop wurden Meinungen zum adäquaten Ausmaß dieser Überwachung und zu geeigneten Parametern für die Beurteilung von Funktion und Leistung der Anlagen ausgetauscht. Auf Basis dieser Grundlagen erarbeitete das Projektteam anhand von drei in Österreich gängigen hydraulischen Anlagenkonzepten mustergültige Überwachungskonzepte.

Hinsichtlich genereller Qualitätssicherungsempfehlungen an Investoren wurden am Markt angewendete Konzepte untersucht, punktuell weiterentwickelt und in einem kompakten Gesamtpaket zusammengefasst. Dieses Paket umfasst konkrete Empfehlungen und Vorlagen zur optimalen Projektentwicklung, Ausschreibung, Inbetriebnahme und Anlagenoptimierung sowie Funktionsüberwachung und Nachweis der Erreichung der Planungsziele während des Anlagenbetriebs.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes stellen eine Zusammenfassung des aktuellen Standes der Technik zur Qualitätssicherung von solarthermischen Großanlagen im deutschsprachigen Raum dar, der europaweit auf diesem Marktsegment eine klare Technologieführerschaft einnimmt. Das entwickelte Qualitätssicherungspaket mit seinen Musterdokumenten umfasst alle wichtigen Werkzeuge, die nach einer Anpassung an die individuellen Bedürfnisse Investoren, Planern und Solarfirmen die Umsetzung vorbildlicher Projekte ermöglichen. Ausgewählter Qualitätsvorgaben eignen sich auch für die Integration in Förderrichtlinien, in denen ein Schwerpunkt auf die Qualitätssicherung der mit den Fördergeldern umgesetzten Solaranlagen gelegt werden soll.

2 Summary

Integration of large solar thermal technology in multi family houses, hotels, or local heating networks is by now a widely spread practise in Austria. Previous research projects mainly in the program line "Haus der Zukunft" solved aspects of beneficial design and dimensioning of large-scale solar thermal installations. The knowledge generated in these projects is currently being transferred to the market in the framework of national educational trainings and seminars. As the next necessary prerequisite in order to tap the enormous potential of large-scale solar thermal systems, experts have identified the introduction of comprehensive quality assurance schemes in solar thermal projects from the planning stage until the operation management. By applying these quality assurance measures, the technological and economical advantages of solar thermal installations are to be demonstrated to potential investors, who to some extent yet do not have full confidence in the maturity of this technology.

Taking this need for the support of potential investors into account and combining it with the needed technological prerequisites such as standardised procedures for assessing the performance of large-scale solar thermal systems, the presented project was designed to solve these issues. The project was thereby divided into two parts: Firstly, a technical manual was written that details the metrological installations that support the optimization and system management of solar thermal systems. Secondly, organizational quality assurance strategies for large-scale solar thermal systems in both newly built and retrofitted buildings were summed up for investors.

For the development of the final project results, a survey of existing methods and instruments that can be used to monitor the function and performance of solar thermal systems was performed and opinions from experts on the required instrumentation and quantities that describe the function and performance of these systems were collected. Based on these results, exemplary monitoring concepts for three well-established hydraulic plant concepts were developed.

Quality assurance strategies that are already in use in Austria and Germany were analyzed, enhanced as necessary, and compiled in a compact package consisting of recommendations and templates for optimal project development, requirement specifications for planners, invitation to tender, start-up and plant optimization, function control, and proof of planning objectives during plant operation.

The results of this project represent a summary of the current state of the art of quality assurance measures of large-scale solar thermal systems that are used in German-speaking countries, which can be considered the technology leaders in Europe in this market segment. Combined with good practice system design, the developed quality assurance package with its sample documents contains a comprehensive set of tools for investors but also for planners and providers of solar thermal components to facilitate comprehensive solar thermal projects. Selected quality specifications are also suitable to be included in funding schemes for solar thermal systems, which are supposed to put a focus on the quality of the funded installations.

3 Zusammenfassung

Erfahrungen zeigen, dass die Umsetzung solarthermischer Großanlagen besondere Anforderungen an Investoren, Planer, Errichter und Betreiber stellt. Für Design und Dimensionierung von solchen Anlagen haben sich in Expertenkreisen mittlerweile gewisse Standards etabliert, die in Fachbüchern und Schulungen an Haustechnikplaner und Installationsbetriebe weitergegeben werden, um diesen das Erreichen einer hohen Planungsqualität zu ermöglichen. Bezüglich einer effizienten Absicherung des langfristig zufrieden stellenden Anlagenbetriebs stehen weit weniger Empfehlungen zur Verfügung. Ebenso sind sich Investoren und Anlagenbetreiber vielfach ihrer Verantwortlichkeiten zur Sicherstellung der erwarteten Einsparungen durch die Solaranlage nicht bewusst.

In diesem Projekt wurde das Thema Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen auf zwei Ebenen aufbereitet. In einem Ratgeber speziell für Investoren und Projektentwickler werden wichtige Erfolgsfaktoren aufgezeigt und Werkzeuge präsentiert, um sich mit den beteiligten Professionisten zu arrangieren. Die behandelte Qualitätssicherungskette erstreckt sich dabei von der Grobplanung eines Neubau- oder Sanierungsprojektes bis hin zur langjährigen Ertragsbewertung. Im zweiten Schwerpunkt des Projektes wurde der Bereich der messtechnisch unterstützten Anlagenoptimierung und Betriebsüberwachung aufbereitet und die Ergebnisse für die Anwendung durch Planer in einem Leitfaden zusammengefasst.

Ratgeber für Investoren

Durch die Vielschichtigkeit der Erfolgsfaktoren für einen über die Lebensdauer zufrieden stellenden Betrieb von solarthermischen Solaranlagen sind Investoren dazu angehalten, koordinierende Verantwortungen zu übernehmen. Besonders für „einmalige“ Anwender von Großsolaranlagen wie beispielsweise Tourismusbetriebe oder Eigentümergemeinschaften von Wohnbauten ist es notwendig, kompakte Hilfestellungen zu entwickeln, um die Einbindung von solarthermischer Technologie in moderne Energiekonzepte zu attraktivieren. Ansätze, wie durch unabhängige Institutionen ausgestellte Gütesiegel oder Qualitätsanforderungen von Seiten fördernder Institutionen stellen eine Möglichkeit der Unterstützung für Investoren dar, die jedoch immer nur einen Teil der notwendigen Erfolgsfaktoren umfassen können.

Um eine Qualitätssicherungskette vom Projektentwickler über den Planer zum ausführenden und betriebsführenden Unternehmen zu spannen, werden der Chronologie des Projektablaufs folgend im entwickelten Ratgeber die seitens des Investors in den jeweiligen Projektphasen notwendigen Maßnahmen aufgezeigt. Diese stehen in engem Zusammenhang mit einem empfohlenen Anforderungspaket an den Fachplaner, der dem Investor gegenüber eine zentrale Position für die Qualitätssicherung der Anlage einnimmt und sich für die Detailerarbeitung der als Muster bereitgestellten Qualitätssicherungselemente zeigen sollte. Entsprechend des empfohlenen Planungsstandards für solarthermische Großanlagen sind die wichtigsten Eckpfeiler der vom Investor gegenüber dem Planer einzufordernden Leistungen die Betreuung der Wärmeabnahmebestimmung, die Durchführung einer Anlagensimulation, die Spezifikation von bereitgestellten Musterdokumenten für Ausschreibung, Inbetriebnahmephase und Betrieb, sowie das Design eines Mindestmaßes an messtechnischer Betriebsüberwachung, welches die Schnittstelle zum zweiten Projektteil des vorliegenden Projektes darstellt.



Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Ratgeber und Musterdokumenten

Bestehende Ressourcen wurden im Projekt für die Anwendung bei solarthermischen Großanlagen adaptiert und in einem Qualitätssicherungspaket für Planer als zu spezifizierende Musterdokumente zusammengestellt. Dieses Paket beinhaltet Muster einer Anlagenausschreibung, eines Vertrags für Ertragsgarantien, einer Anlagendokumentation, eines Abnahmeprotokolls, eines Betriebslogbuchs, einer Wartungsvereinbarung, eines Wartungsprotokolls für die Wartungsfirma sowie eines Wartungsprotokolls für Anlagenbetreiber. Das Qualitätssicherungspaket mit den Musterdokumenten bildet eine Beilage zum Ratgeber und wird in der aktuellsten Version im Internet unter www.solarwaerme.at/Profi-Center zum Download verfügbar sein.

Leitfaden zur messtechnischen Überwachung für Planer

Neben organisatorischen Aspekten stellte die effiziente Optimierung und Betriebsüberwachung von solarthermischen Großanlagen die zweite behandelte Thematik im vorliegenden Projekt dar. Ziel war es, Anlagenplanern in Form eines Leitfadens einen Überblick über vorhandene Konzepte und Komponenten für die messtechnische Überwachung von individuell geplanten Großanlagen bereitzustellen.

Im Leitfaden wird zwischen der messtechnischen Unterstützung einer definierten Optimierungsphase von einigen Wochen bis zur Anlagenabnahme, der laufenden Funktionsüberwachung und einer Langzeitbewertung zum Vergleich mit den Planungszielen unterschieden (siehe Abbildung 2).

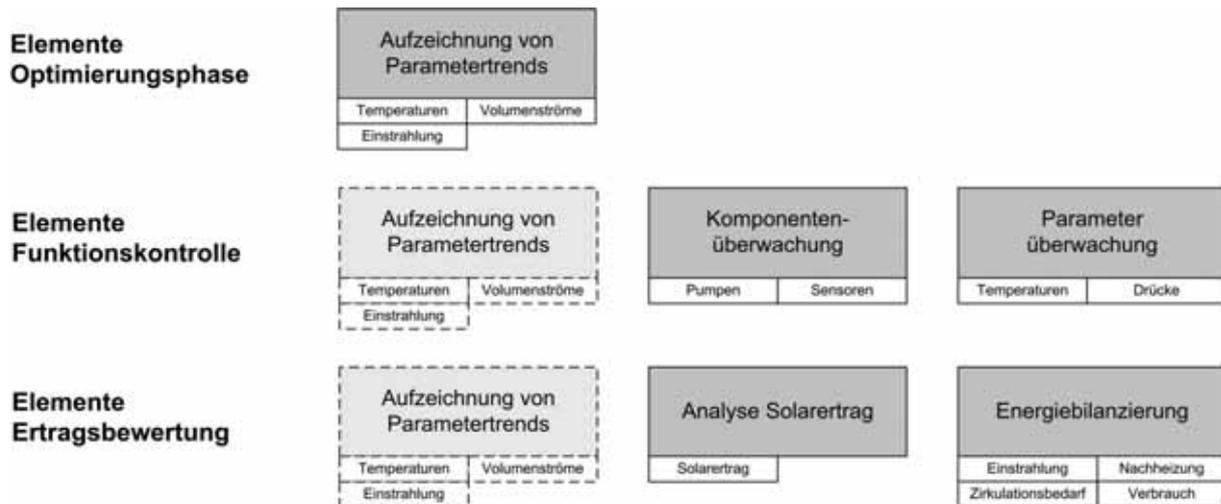


Abbildung 2: Strukturierung von Messanordnungen und Auswertungsroutinen

Zur beispielhaften Darstellung von Messanordnungen und Auswertungsroutinen wurde der Ansatz einer Spezifizierung für drei in Österreich typischerweise eingesetzte Anlagenhydrauliken von solarthermischen Großanlagen (Warmwasser Vorwärmssystem, Kombisystem mit dezentraler Warmwasserbereitung in Wohnungsstationen und 2-Leiter-Verteilnetz, Kombianlage mit zentraler Warmwasserbereitung mittels Frischwassermodul und 4-Leiter-Verteilnetz) gewählt. Für jedes Hydraulikkonzept wurden ein Satz von empfohlenen Messstellen und Auswertungsroutinen definiert. Die Umsetzung der empfohlenen Ausstattung dient wiederum als Referenz für die Anforderung an Planer im Qualitätssicherungspaket für Planer.

In einem Grundlagenkapitel des Leitfadens werden die wichtigsten Grundprinzipien und Kennzahlen für die Anlagendimensionierung und Anlagenbewertung dargestellt. Weitere Kapitel sind dem Thema der verfügbaren Hardware- und Softwarelösungen sowie der Anlagensimulation gewidmet. Im Hardwarekapitel findet sich eine Zusammenstellung von am Markt verfügbaren Lösungen für die Datenaufzeichnung und Datenverarbeitung im Bezug auf die messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen. Gerade in diesem Bereich kam es in den vergangenen Jahren zu starken Weiterentwicklungen der verfügbaren Lösungen. Eine im Projekt durchgeführte Umfrage zeigt gegenwärtig in der Praxis noch einen deutlichen Überhang von Monitoringlösungen über die Gebäudeleittechnik gegenüber Universalreglern, welche in den letzten Jahren mit immer umfassenderen Funktionen ausgestattet wurden.

Die im Projekt zusammengestellten Grundlagen der messtechnischen Überwachung sollen in die Ausbildung zum „zertifizierten Solarwärmeinstallateur bzw. –planer“ eingearbeitet werden und das Gewicht des Themas „Funktionskontrolle und Ertragsbewertung“ in Schulungen zu solarthermischen Großanlagen aufzuwerten. Der entwickelte Leitfaden selbst steht im Professionisten-Bereich von Österreichs umfangreichster Solarwärme Website www.solarwaerme.at genauso wie die weiteren Projektergebnisse kostenlos zum Download bereit.

Zusammen mit der parallel in Deutschland entwickelten VDI Richtlinie 2169 „Funktionskontrolle und Ertragsbewertung an solarthermischen Anlagen“ stellen die im Projekt zusammengestellten Dokumente wichtige Werkzeuge zur Qualitätssicherung und Steigerung der Attraktivität einer Investition in solarthermische Großanlagen dar. Im Zuge der zunehmenden Standardisierung von Konzepten auch bei Großanlagen ist zu hoffen, dass die erarbeiteten Planungsstandards und Überwachungsmethoden ihren Weg ins Portfolio von spezialisierten Fachplanern und von Systemanbietern finden.

4 Einleitung und Projektziele

Österreich gilt in Sachen Solarenergie europaweit als Vorreiter. Mehr als 160.000 Haushalte nutzen bereits Sonnenkollektoren zur Bereitung von Warmwasser und zur Raumheizungsunterstützung. Bedingt durch die hohe Marktdurchdringung und das erreichte hohe Maß an Standardisierung von Solaranlagen im Einfamilienhausbereich verlagert sich die Aufmerksamkeit von Forschung und Industrie zunehmend auf das anspruchsvolle Gebiet der solarthermischen Großanlagen, die in der Regel deutlich komplexere Projektabläufe und technische Rahmenbedingungen aufweisen als Standardanlagen im Einfamilienhausbereich.

Beim Bau eines Einfamilienhauses wird die Entscheidung für eine Solaranlage zumeist auf emotionale Weise (Imagegewinn, ökologische Überlegungen, Versorgungssicherheit, Komfort usw.) getroffen. Im Gegensatz dazu dominieren bei größeren Solarwärmenutzungen in gebäudeübergreifenden Mikronetzen, typischerweise Siedlungen, die von einer zentralen Anlage mit Wärme versorgt werden sowie im systemtechnisch sehr ähnlichen großvolumigen Wohnbau wirtschaftliche Aspekte. Das befürchtete wirtschaftliche Risiko sowie Bedenken über die einwandfreie Funktion der Anlage zählen zu den Hauptbarrieren für die Anwendung dieser nachhaltigen Technologie durch Investoren und Planer. Die Zielgruppe verlangt nach sowohl technisch als auch wirtschaftlich kalkulierbaren Lösungen für die Integration großer Solaranlagen in ein Haustechnikkonzept.

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von großen thermischen Solaranlagen ohne angemessene messtechnische Überwachung ausgeführt. Die Gründe dafür sind in einem zu geringen Qualitätsbewusstsein der beteiligten Akteure sowie in dem Fehlen von Standards zur Qualitätssicherung großer Solaranlagen zu finden. Das vorliegende Projekt widmete sich der Zusammenstellung von sowohl technischen als auch organisatorischen Standards, auf die Techniker und Investoren zurückgreifen können. Aufbauend auf den Ergebnissen aus vorangegangenen Projekten im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ wurden weitere wichtige Grundlagen erarbeitet, deren Anwendung große thermische Solaranlagen noch attraktiver für die Berücksichtigung in Energieversorgungskonzepten machen.

Die konkreten im Projekt angestrebten Ziele waren:

- Analyse des Status Quo bei der Qualitätssicherung großer thermischer Solaranlagen und der zur messtechnischen Überwachung von Anlagen verwendete Methoden
- Marktübersicht über Geräte, die für die messtechnische Überwachung verwendet werden können
- Analyse der Bedürfnisse und Anforderungen an die Qualitätssicherung großer thermischer Solaranlagen von potentiellen Betreibern solcher Anlagen
- Die Definition eines Satzes von Kennwerten zur umfassenden wirtschaftlichen und ökologischen Beurteilung von großen thermischen Solaranlagen
- Empfehlung der bestgeeigneten Parameter für eine effiziente und kostenoptimierte laufende Funktionsüberwachung großer thermischer Solaranlagen
- Definierte Mindestanforderungen für die messtechnische Ausstattung, die von Förderstellen und Investoren übernommen werden können
- Entwicklung eines technischen Leitfadens für die Planung und Installation von Kosten-Nutzen optimierten Überwachungskonzepten
- Zusammenstellung einer Broschüre zu Qualitätsvereinbarungen zwischen Investor und Errichter/Planer/Betreiber von großen thermischen Solaranlagen
- Effiziente Verbreitung der Ergebnisse des Projekts an die Zielgruppen

Die Umsetzung dieser Zielvorgaben wird in den folgenden Kapiteln sowie als Ergebnis in den beiden Publikationen im Anhang dargelegt. Jeweils ein Überkapitel ist dabei dem Thema Qualitätssicherungsstrategien für Investoren und dem Thema messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen gewidmet.

5 Qualitätssicherungsstrategien für Investoren

5.1 Einleitung und Rahmenbedingungen

Die Umsetzung moderner Gebäudetechnik in großvolumigen Gebäuden stellt sowohl Investoren als auch Techniker vor besondere Herausforderungen. Sowohl unter dem finanziellen als auch unter dem Standpunkt der Energieeffizienz werden optimale Lösungen nur durch eine ganzheitliche Herangehensweise erreicht. Dies gilt speziell auch bei thermischen Solaranlagen, deren effiziente Integration in ein Energiekonzept bereits bei der Architektur beginnt. Neben einer fachgerechten Auslegung der Anlage sind auch die Rahmenbedingungen für die notwendige Betriebsüberwachung bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. So gilt es heute als vorbildhafter Projektablauf, wenn sich der spätere Anlagenbetreiber bereits in die Planung einer thermischen Solaranlage und deren Messtechnik einbringt. Aufgrund des notwendigen fachübergreifenden Koordinationsbedarfes ist der Investor aufgerufen, für die zum Teil auf diesem Gebiet noch unerfahrenen beteiligten Akteure definierte Rahmenbedingungen und Vorgaben zu schaffen. Begriffe wie „integrale Planungsprozesse“ und „garantierte Einsparungen“ spielen in vielen innovativen Bauvorhaben eine wichtige Rolle. Bedingt durch die Rolle als ökologische aber besonders investitionsintensive Technologie, die darüber hinaus sehr auf eine fachgerechte Planung angewiesen ist, übernimmt die Solarwärmenutzung eine Vorreiterrolle für ein erhöhtes Qualitäts- und Kostenbewusstsein die Heiztechnik betreffend. Viele der in diesem Bericht besprochenen Maßnahmen wie der kontrollierte Betrieb und die Energiebuchhaltung sind im Sinne der effizienten Nutzung im selben Maß auch für die Anwendung in Verbindung mit konventionellen Heizungstechnologien zu empfehlen.

Unter dem Begriff Qualitätssicherungsstrategien werden somit in dieser Arbeit Maßnahmen bezeichnet, die vom Investor bzw. vom Projektentwickler veranlasst werden sollten. Nachdem die Installation von thermischen Solaranlagen aktuell noch zu einem Großteil auf der Verfügbarkeit von Fördergeldern beruht, sind bewährte Qualitätssicherungsstrategien auch für Förderstellen relevant, um durch entsprechende Vorgaben in den Vergaberichtlinien einen effizienten Einsatz der Fördermittel zu gewährleisten.

Der Qualitätssicherungsprozess bei Projekten mit der Integration solarthermischer Technologie in Gemeinschaftsanwendung verteilt sich im Wesentlichen auf die vier Projektphasen Projektentwicklung, Planung, Ausführung und Betriebsführung. Die Erarbeitung von Maßnahmen für die einzelnen Projektphasen sowie deren Zusammenführung zu einem die gesamten Phasen abdeckenden, aber möglichst kompakten Gesamtpaket ist das Ergebnis des vorliegenden Projekts. Im Besonderen wurden die Inhalte auf die beiden aktuell größten Märkte für solarthermische Anlagen in Gemeinschaftsanwendungen nämlich dem Geschößwohnbau und das Hotel- und Gastgewerbe ausgerichtet. Auf die teilweise unterschiedlichen Rahmenbedingungen den Projektablauf betreffend wurde dabei eingegangen. So ist bei Projekten im mehrgeschossigen Wohnbau häufig ein Fachplaner bzw. interne Planungsabteilungen im Projekt involviert, während im Tourismusbereich aber auch etwa in der Sanierung von Geschößwohnbauten, die von Eigentümergemeinschaften verwaltet werden, der Installateur häufig der erste Ansprechpartner ist, wenn es um die Konzeption oder Modernisierung einer Heizungsanlage geht.

Tabelle 1 zeigt im Überblick den Ablauf der Arbeitsschritte zur Umsetzung und zum Betrieb von solarthermischen Anlagen sowie eine typische Verteilung der Verantwortungen unter den beteiligten Akteuren.

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

	Arbeitsschritte	Beteiligte Akteure										Bemerkung			
		Bauherr	Architekt	Planer (HKLS)	Solar-Lieferant	Installateur	Baumeister	Elektriker	Regelungstechniker	Isolierer	Dachdecker/Spengler		Fassadenbauer	Hausverwaltung / Betreiber	
PE	Projektentwicklung durch den Bauherrn / Bauträgers	V	M	M									I	Technische und organisatorische Entscheidungsspielräume zu Beginn der Planung ausnutzen	
	Vorstufe / Variantenstudie	I	I	V	I									I	Variantenuntersuchungen (möglichst mit Simulationsprogrammen) mit Kosten- / Nutzen Abschätzungen bilden Entscheidungsgrundlage
Planung / Ausschreibung	Systementscheidung	V		M										I	Auswahl der zu realisierenden Variante
	Einreichplanung	I	M	V	I									I	Kollektorintegration, Hydraulische Einbindung
	Bewilligungen	V	M	M											Baugenehmigung, Förderung
	Ausschreibung	M	(M)	V											Ausschreibung von Fassadenkollektoren eventuell als Teil der Gebäudehülle durch den Architekten
	Vergabe	M	M	V											Angebotebewertung eventuell mit Unterstützung eines ext. Fachberaters
	Ausführungsplanung			V	M	M		M							M
Ausführung	Materialbestellung				M	V									Berücksichtigung der Lieferzeiten
	Decken- und Mauerdurchbrüche				M	M	V								Bauliche Änderungen für Kollektoranbringung, Leitungsführung und Speicheraufstellung
	Fundamente / Verankerungen				M		V								Kontrolle der Gebäudestatik bzgl. der anfallenden Windkraft
	Montage Kollektorfeld				V	M	M							M	Klärung bauseitiger Beistellungen und Zufahrtsmöglichkeiten zur Kranmontage
	Dach- / Fassadeneinfassung				M		M			V	V				Integration in das bestehende Dach- / Fassadensystem
	Verrohrung Kollektoren				M	M	V								Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Kollektorianlieferanten
	Verrohrung Solarkreis / Speicher				M	M	V								Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Kollektorianlieferanten
	Verrohrung Warmwasser / Heizungssystem				M	M	V								Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Kollektorianlieferanten
	Elektroinstallation				M	M		V	M						Fühlerleitungen, Anschlüsse der Verbraucher (Pumpen, Ventile,...), Mess- und Steuerleitungen
	Anlagenbefüllung / Inbetriebnahme				M	M	V		M						Programmierung der Solarregelung im Sinne der Planung sicherstellen
	Isolationsarbeiten				M		M			V					Dämmung aller Rophrleitungen, Armaturen, Speicher (Vermeidung von Wärmebrücken)
	Anlagenoptimierung / Anlagenabnahme	M		V	M	M		M	M	M	M	M	M	M	Anlagenoptimierung und detailliertes technisches Inbetriebnahmeprotokoll zur Qualitätssicherung
	Betrieb	Funktionskontrolle	M		M		M		M						V
Betriebsführung und Ertragsbewertung		M		M		M		M						V	Regelmäßige Überprüfung wichtiger Parameter und der gelieferten Wärmemenge zur Evaluation der Planungsziele
Wartung		V			M	M								M	Wartungsvertrag mit Solar-Lieferant und/oder Installateur

Tabelle 1: Projektablauf und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Fachsparten / Beteiligten während der Umsetzung von solarthermischen Großanlagen¹

In der Folge werden die jeweiligen Phasen genauer beleuchtet. Die Einflussmöglichkeiten des Investors bzw. Bauherrn zur Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für einen gelungenen Projektablauf werden herausgearbeitet.

¹ Quelle: [BER00] und Sonnenkraft Planungshandbuch

5.1.1 Projektentwicklung

Der Grundstein für eine erfolgreiche Anwendung von solarthermischen Großanlagen wird vom Bauherrn in der Projektentwicklungsphase gelegt indem er eine Gewerke überschreitende integrale Planung sicherstellt. Die Nutzung moderner Haustechnik in Verbindung mit erneuerbarer Energie muss von Beginn an Planungsbestandteil eines Gebäudes sein. Von besonderer Wichtigkeit ist die Vernetzung aller „energierlevanten“ Akteure. Durch eine Berücksichtigung der Integration von Sonnenkollektoren und der voluminösen Solarspeicher im architektonischen Entwurf werden die Rahmenbedingungen für eine effiziente Sonnenenergienutzung gelegt. Weitere energierelevante Aspekte wie das Wärmeverteilsystem sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung in Umsetzung und Betrieb, sind von Projektbeginn an mit den beteiligten Gewerken in Teamsitzungen abzustimmen (siehe Abbildung 3). Dem Mehraufwand in der Planungsphase stehen ein verringerter Aufwand, höherer Komfort und geringere Betriebskosten durch erhöhte Solarerträge im Betrieb gegenüber. Besonders im Neubau können alle Möglichkeiten genutzt werden, durch günstige Architektur und haustechnische Rahmenbedingungen ein Maximum an solaren Einsparungen zu erreichen. Auch die gezielte Auswahl von Architekten und Fachplanern mit Solarkompetenz sowie die Initiierung der in dieser Arbeit behandelten Qualitätssicherungsstrategien mit diesen stellen in der Projektentwicklung wichtige Aufgaben des Bauherrn dar.

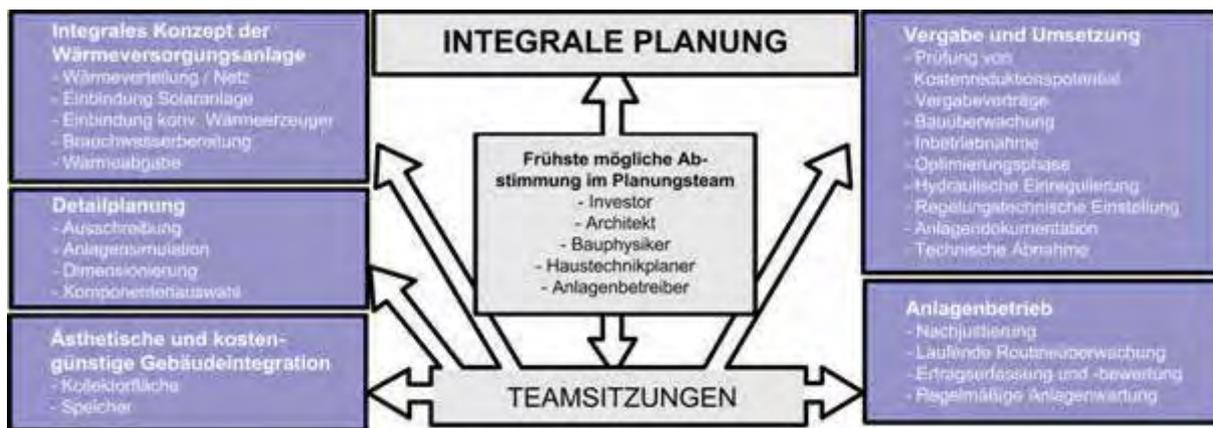


Abbildung 3: Darstellung des integralen Planungsprozesses für solarthermische Großanlagen (Quelle: AEE INTEC)

Sollen thermische Solaranlagen in ein neues Gebäude integriert werden, besteht bei rechtzeitiger Berücksichtigung hinsichtlich architektonischer und haustechnischer Einbindung noch viel Flexibilität. Potentiale zur Kostensenkung und Effizienzmaximierung durch die Garantie von entsprechenden architektonischen und haustechnischen Rahmenbedingungen sollten genutzt werden.

Zentrales, energieeffizientes Wärmeverteilsystem

Eine zentrale Wärmebereitung ist beim heutigen Stand der Technik Voraussetzung für die Anwendung solarthermischer Technologie. Über einen zentralen Energiespeicher wird immer häufiger nicht nur die Warmwasserbereitung, sondern auch die Raumwärmeversorgung solar unterstützt. Bei entsprechender Dimensionierung der Kollektorfläche können mit diesen Systemen in Standard-Wohnbauten mehr als 20 % der benötigten Wärme solar bereitgestellt werden.

Als energetisch besonders vorteilhaft haben sich Verteilnetze mit nur zwei Rohrleitungen und einer dezentralen, hygienischen Bereitung von Warmwasser in speziellen

Wärmeübergabestationen erwiesen. Vor allem im Wohnbau gilt dieses System mittlerweile als Standard für solarunterstützte Wärmenetze. Wird eine Solaranlage in Erwägung gezogen, sollte parallel dazu auf jeden Fall auch an eine moderne und effiziente Wärmeverteilung gedacht werden.

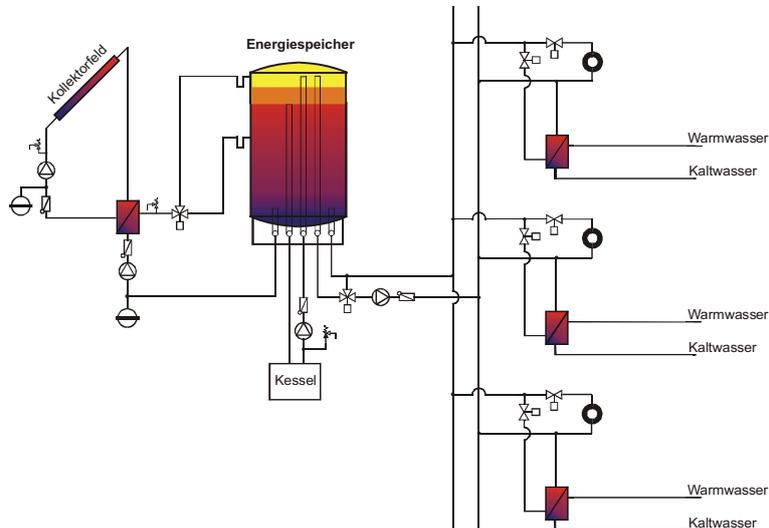


Abbildung 4: Ansicht der beschriebenen, vorteilhaften Anlagenhydraulik für Neubauten im Segment Geschloßwohnbau (Quelle: AEE INTEC)

Ästhetische bzw. effiziente Einbindung der Kollektorfläche

Durch den Architekten muss eine geeignete Fläche für die Anbringung von Sonnenkollektoren am Gebäude vorgesehen werden. Die bereitgestellte Fläche sollte möglichst genau nach Süden ausgerichtet sein, wo über das gesamte Jahr gesehen die meiste Solarenergie eintrifft. Vorteilhaft sind geschlossen zusammenhängende Kollektorfelder, die eine zügige Montage mit vorgefertigten Großelementen ermöglichen. Diese sparen nicht nur Kosten sondern stellen auch ästhetisch, z.B. als Solardach, eine sehr attraktive Variante dar.

Realisierung eines zentralen Wärmespeichers

Energetisch und technisch optimal ist im Zusammenhang mit solarthermischen Großanlagen die Speicherung der solaren Wärme in einem einzigen großen Energiespeicher, dessen Ausmaß weit über die üblichen Raumhöhen hinausgehen kann. Im Gegensatz zur solaren Gebäudesanierung, wo die Unterbringung eines einzigen, großen Speichers zumeist nicht möglich ist kann und sollte bei Neubauten die Möglichkeit der Integration eines einzelnen, großen Speichers auf jeden Fall wahrgenommen werden. Die räumlichen Voraussetzungen sind rechtzeitig zu schaffen: große Solarspeicher werden typischerweise bereits beim Bau des Gebäudes eingebracht.



Abbildung 5: Einbringung eines großen Pufferspeichers (Quelle: GSWB)

Detailinformationen zu technischen Rahmenbedingungen und Empfehlungen sind kein Bestandteil des vorliegenden Projektes und wurden in vorhergehenden Arbeiten umfangreich behandelt. Informationen zur Technik und Auslegung von modernen thermischen Solaranlagen finden Sie auf Österreichs umfassendstem Informationsportal zum Thema Solarwärmenutzung unter www.solarwaerme.at.

Auch wenn solarthermische Technologie in bestehenden Gebäuden zur Anwendung kommen soll, müssen bereits in der Projektentwicklungsphase mit der Auswahl der kombinierten Sanierungsmaßnahmen sowie von geeigneten Planungspartnern und Umsetzungsmodellen die Weichen für ein erfolgreiches Projekt gelegt werden.

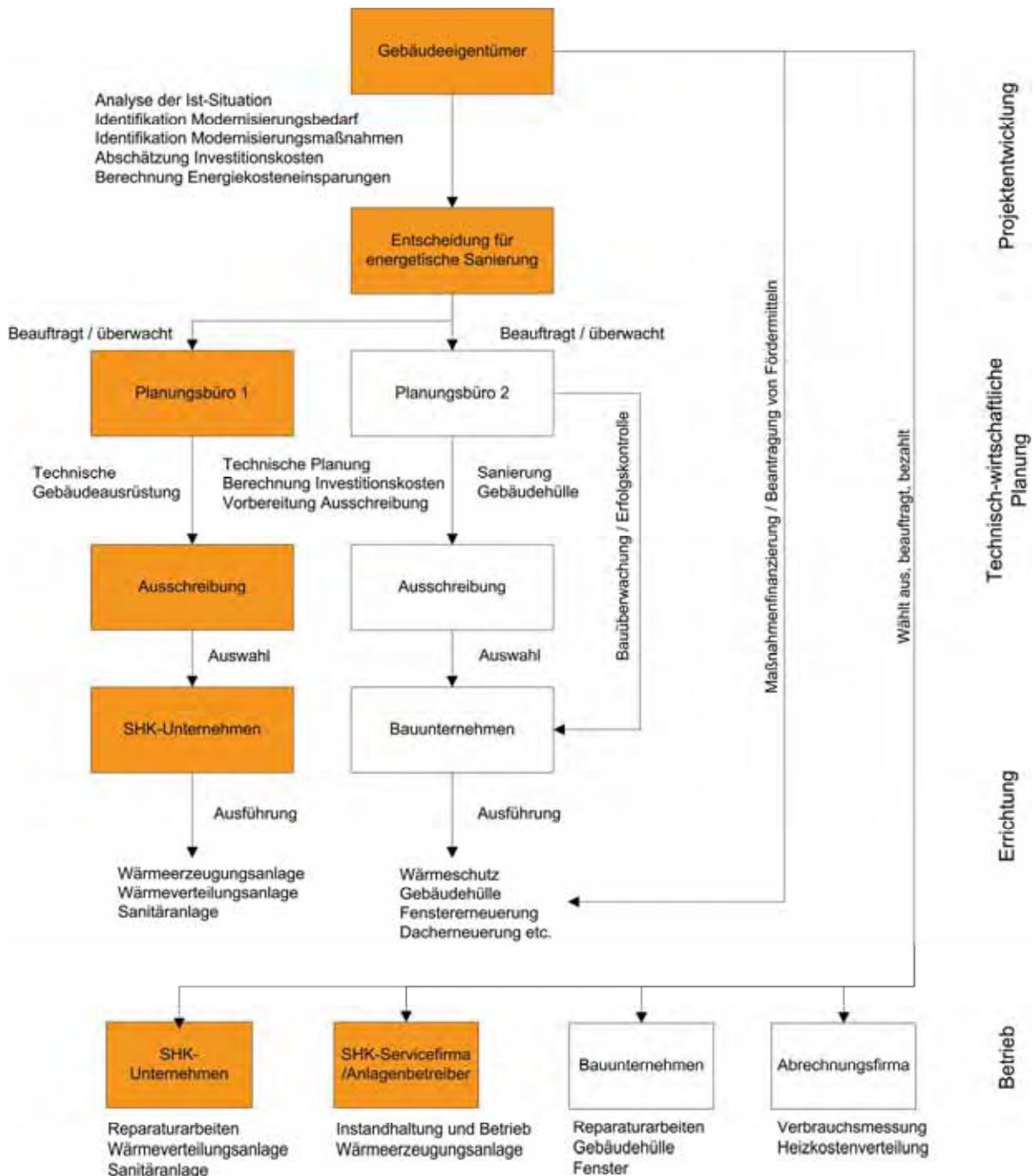


Abbildung 6: Klassischer Ablauf einer Gebäudesanierung
(Quelle: Energieagentur Berlin)

Die Errichtung einer Solaranlage im Gebäudebestand sollte grundsätzlich im Zuge einer Sanierung der Heiztechnik und des Wärmeverteilnetzes, optimalerweise auch abgestimmt auf eine thermische Sanierung der Gebäudehülle erfolgen. Durch eine thermische Sanierung der Gebäudehülle und des Wärmeverteilnetzes können höhere Anteile des Wärmebedarfs mit Solarenergie abgedeckt werden. Es gilt zu bedenken, dass die Dimensionierung und spätere Effizienz der Solaranlage in engem Zusammenhang mit dem gegebenen Energiebedarf steht. Eine möglichst ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes und der Haustechnik sind deshalb unerlässlich. Um dies zu erreichen muss versucht werden, eine frühe Abstimmung der beteiligten Planer und Gewerke zu erreichen. Die Aufgabenverteilung in einem klassischen Sanierungsprojekt wird in Abbildung 6 dargestellt. Der gelbe Pfad betrifft dabei die Solaranlage.

Grundsätzlich müssen seitens des Gebäudes bzw. des Abnehmers passende Voraussetzungen bestehen um überhaupt eine sinnvolle Einbindung einer thermischen Solaranlage zu ermöglichen. Von besonderer Wichtigkeit ist eine kontinuierliche Wärmeabnahme, wodurch etwa der verdichtete Wohnbau oder Beherbergungsbetriebe zu den Paradeanwendungen von Solaranlagen zählen, Bürobauten jedoch nur bedingt geeignet sind. Entscheidend sind auch geeignete Flächen für Sonnenkollektoren und Speicher.

Um einen groben Überblick über die Solartauglichkeit von bestehenden Gebäuden zu bekommen, sollten sich Interessenten mit folgenden Fragen beschäftigen.

Ist ausreichend Fläche für die Installation von Sonnenkollektoren vorhanden?

Kollektorflächen können auf Flachdächern aufgestellt werden, in eine geneigte Dachfläche integriert werden oder auch an der Fassade angebracht werden. Geht man von einer Nutzung der Solaranlage zur Warmwasserbereitung und dem durchschnittlichen Verbrauch im sozialen Wohnbau aus, macht die Installation einer Solaranlage bereits ab einer zur Verfügung stehenden Kollektorfläche von etwa 1 m² pro Wohneinheit Sinn². Bei der Aufständigung auf Flachdächern kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass ein Drittel der vorhandenen Dachfläche an Kollektorfläche verbaut werden kann³. Während ausgiebige Verschattungen in einstrahlungsreichen Zeiten erhebliche Einbußen bewirken können, führt eine Abweichung im Bereich von plus/minus 60 % von der optimalen Südausrichtung der Fläche nur zu geringen Ertragsminderungen (siehe Abbildung 7).

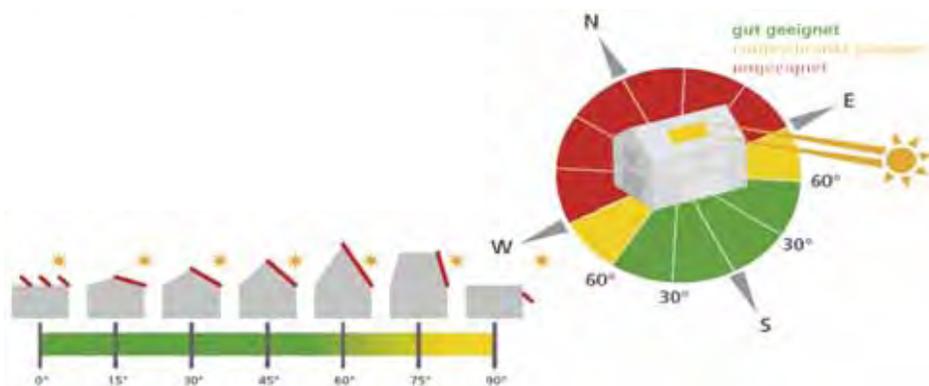


Abbildung 7: Auswirkungen der Ausrichtung der Kollektor auf die Eignung zur Solarwärmenutzung (Quelle: Swiss Solar)

² Abgeleitet aus Planungsempfehlungen von [VDI03]

³ Quelle: [DEH03]

Eignet sich meine Dachfläche für die Integration einer Solaranlage?

Es gilt abzuklären, ob die vorhandene Statik das zusätzliche Gewicht der Sonnenkollektoren aufnehmen kann. Dieses beträgt in etwa 25 kg pro m² Kollektorfläche. Erhebliches Zusatzgewicht entsteht bei Aufständern auf Flachdächern durch die notwendige Beschwerung der Aufständersgerüste. Bei einer Dachmontage ist zudem wichtig, dass die Lebensdauer der aufnehmenden Dachhaut mindestens jener der Sonnenkollektoren entspricht. Man geht heute davon aus, dass diese einen Zeitraum von 25 Jahren ohne weiteres überschreiten kann.

Ist eine zentrale Wärmeversorgungsanlage vorhanden bzw. nachrüstbar?

Die Einbindung von Solaranlagen in die konventionelle Haustechnik erfolgt praktisch immer über einen oder mehrere zentrale Speicher, in dem die solar gewonnene Wärme auch für einstrahlungsärmere Tage gespeichert wird. Dafür ist eine bestehende oder neue zentrale Wärmeversorgung Voraussetzung. Wenn auch mit unterschiedlichem Aufwand ist jedoch praktisch jede bestehende Haustechnikanlage so anpassbar, dass die Nutzung von solarer Wärme möglich ist. Beispielhaft zeigt Abbildung 8 die mögliche Integration einer solarthermischen Anlage in die bestehende Heizungstechnik.

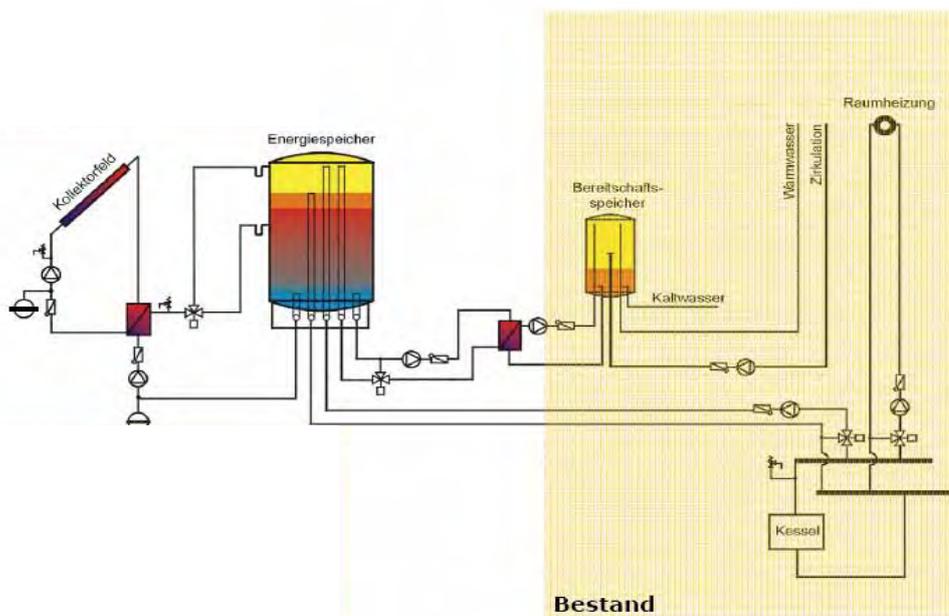


Abbildung 8: Beispielhafte Integration einer solarthermischen Anlage in das bestehende Heizungssystem (Quelle: AEE INTEC)

Besteht am Gebäude oder an der Haustechnik Sanierungsbedarf?

Optimalerweise fällt die Installation einer thermischen Solaranlage mit der Erneuerung der vorhandenen Haustechnik und einer thermischen Sanierung eines Gebäudes zusammen. Die Kopplung von Maßnahmen führt nicht nur zu geringeren Kosten als die zeitlich versetzte Durchführung von Einzelmaßnahmen, sondern auch zur notwendigen Abstimmung dieser aufeinander. Die Weiterverwendung von vorhandenen Komponenten wie etwa dem bestehenden Brauchwasserspeicher ist zwar grundsätzlich möglich, jedoch hinsichtlich eines ganzheitlich optimierten Energiekonzepts zu hinterfragen.

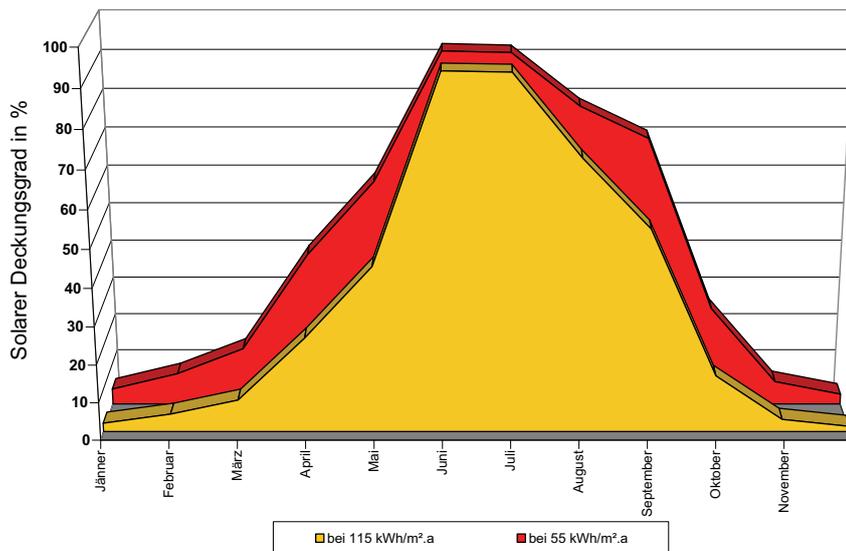


Abbildung 9: Verlauf des simulierten solaren Gesamtdeckungsgrades für ein Wohnhaus vor und nach der Sanierung der Gebäudehülle (Quelle: arsenal research)

Ist eine geeignete Aufstellungsfläche für den Solarspeicher vorhanden?

Je größer die Kollektorfläche, desto voluminöser wird auch der Wärmespeicher. Für jeden Quadratmeter Kollektor kann je nach Dimensionierung von einem benötigten Speichervolumen von mindestens 50 Litern ausgegangen werden. Wirtschaftlich und energetisch optimal ist eine Einspeicherlösung. Bei einer nicht möglichen Einbringung kann auch auf mehrere kleine Speicher bzw. Sonderlösungen wie Platzschweißungen und Zubauten zurückgegriffen werden.

Verfügen Sie über kompetentes Fachpersonal mit einschlägigem Know-how?

Besonders im Sanierungsbereich erfordert die Einbindung solarthermischer Technologie ein gewisses Know-how über die technischen Zusammenhänge und zur Projektabwicklung. Sollten Sie in Ihrem Unternehmen über kein entsprechendes Fachpersonal verfügen, wird dringend angeraten, sich bereits in der Projektentwicklungsphase an kompetente Planer zu wenden.

An die Möglichkeit der Umsetzung des Sanierungsvorhabens über ein Contractingmodell sollte ebenfalls in der Projektentwicklung bereits nachgedacht werden. Alternativ zum klassischen Ablauf einer Sanierung bietet die Inanspruchnahme von kombinierten Energiedienstleistungen unter dem Schlagwort „Contracting“ eine Reihe von Vorteilen. Das besondere Merkmal des Contractings ist dabei die Vorfinanzierung des Vorhabens durch den Anbieter und die laufende Rückzahlung der Investition durch gleichmäßige Wärmeraten über einen definierten Zeitraum. Neben dem Wegfall der hohen Anfangsinvestition ist ein hohes Maß an technischer Sicherheit gegeben, da von der Planung bis zur Wartung alle Arbeitsschritte von einem Unternehmen koordiniert werden, das zudem durch eigene wirtschaftliche Überlegungen großes Interesse am optimalen Betrieb der modernisierten Wärmeversorgungsanlage hat. Der finanzielle Rahmen ist durch den vertraglich vereinbarten Wärmepreis klar definiert.

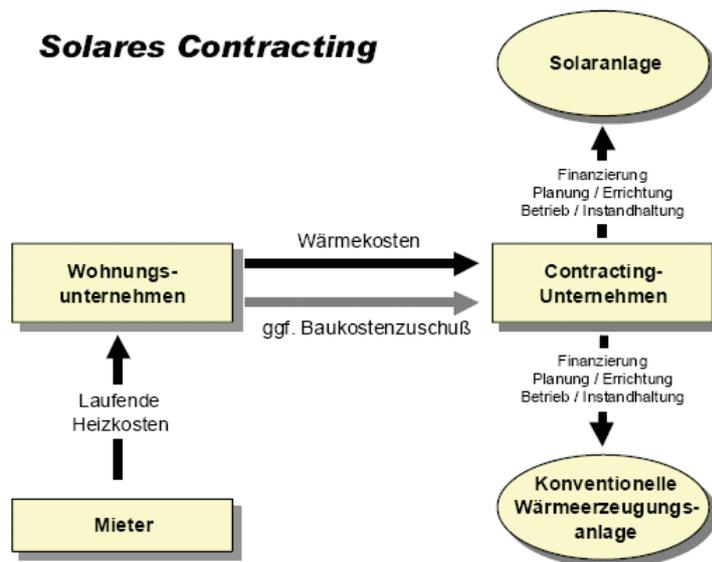


Abbildung 10: Beispielhafter Ablauf einer Sanierung, Finanzierung über Contracting
(Quelle: Energieagentur Berlin)

5.1.2 Planung und Ausschreibung

Als technischer Kompetenzträger ist der Haustechnikplaner bzw. gegebenenfalls der Installateur, falls sich dieser auch für die Planung zuständig zeigt, die zentrale Ansprechperson des Bauherrn für die Integration solarthermischer Technologie in Wärmeversorgungssysteme. Hinsichtlich der optimalen Qualität der umgesetzten Solaranlage ist bei der Auswahl des Planers bzw. des Installateurs darauf Wert zu legen, dass dieser bereits Erfahrung mit der Anwendung von Solaranlagen gesammelt hat. Gerade Österreich verfügt im Bereich der solarthermischen Großanlagen über zahlreiche Akteure mit langjähriger Erfahrung. Der Fachplaner ist verantwortlich für die Auswahl eines geeigneten Hydraulikkonzepts und einer angemessenen Dimensionierung der Solaranlage. Die Effizienz von Solaranlagen ist vergleichsweise sensibel auf unsachgemäße Auslegung und hydraulische Einbindung. Deshalb sollte bei solarthermischen Großanlagen die Anlagendimensionierung grundsätzlich durch eine Simulation mit einer speziellen Solar-Software überprüft werden. Dabei kann meist auf die Unterstützung der Planungsabteilungen etablierter Solaranbieter zurückgegriffen werden.

Die genaue Ermittlung des für die Dimensionierung essentiellen Wärmebedarfs oder die Erarbeitung der Ausschreibung der Solaranlage liegen ebenso in der Verantwortung des Fachplaners wie die frühzeitige Einbeziehung von Anlagenbetreibern hinsichtlich der Planung der Messinstrumentierung zur laufenden Betriebsüberwachung. Zudem ist er zu einem großen Teil für die Detailausarbeitung und die Überwachung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für Installation und Betrieb, wie sie in dieser Arbeit im Detail beschrieben sind, verantwortlich und sollte daher bereit sein, mit diesen zu arbeiten.

Durch Vorgaben in der Ausschreibung kann die Qualitätssicherungskette zu den ausführenden Gewerken fortgesetzt werden, denen so klar gemacht wird, auf welche Kriterien der Bauherr bzw. Planer Wert legt und welche Qualitätsanforderungen ihn erwarten. In der Folge ist das Planungsbüro für die Überwachung der Errichtungsphase und für die Initiierung einer angemessenen Betriebsüberwachung der Solaranlage verantwortlich. Übernimmt der Installateur auch die Planung der Anlage, müssen die sonst in der Ausschreibung von ihm geforderten Leistungen wie etwa Ertragsgarantien oder die

Einhaltung eines gewissen Dokumentationsstandards bereits bei der Auftragsvergabe geklärt werden.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Solaranlage liegt die Wahl der dafür grundsätzlich maßgebenden Dimensionierung der Komponenten letztendlich im Ermessen des Bauherrn. Die Wahl des Betriebspunktes ergibt sich aus einer Abwägung zwischen den Faktoren „solarem Deckungsgrad“ (Anteil des Wärmebedarfs, den die Solaranlage bereitstellt) und „spezifischem Solarertrag“ (Energieeinsparung, die pro Quadratmeter installierter Kollektorfläche erreicht wird). Nachdem ein der Planung entsprechender Solarertrag das Um und Auf für die Wirtschaftlichkeit von thermischen Solaranlagen darstellt, etablieren sich vom Installationsunternehmen bzw. teilweise auch vom Betreiber geforderte Ertragsgarantien immer mehr zur Absicherung des Investors.

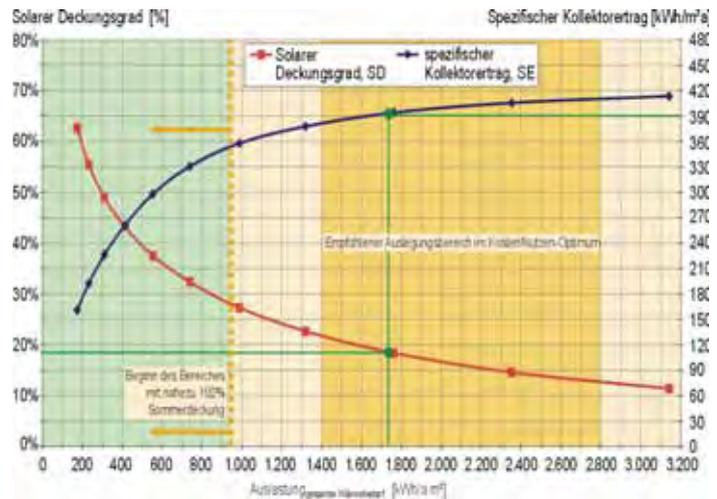


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen solarem Deckungsgrad und Anlageneffizienz (spezifischer Kollektorbeitrag) bei der Wahl des Betriebspunktes. Die Auslastung bei solaren Kombianlagen gibt den spezifischen Gesamtwärmebedarf pro Jahr und Quadratmeter Kollektor-Bezugsfläche an.
Bildquelle: AEE INTEC

Ein zu garantierender Ertrag wird dabei typischerweise mit dem installierende Unternehmen vertraglich vereinbart. Basis dafür stellt eine fundierte Ertragsprognose dar. Diese kann durch eine Simulation der Anlage mit einer anerkannten Software durch den Anlagenplaner bzw. eine zugezogene Solarfirma oder durch andere anerkannte Methoden der Ertragsvorhersage erreicht werden. Wird der vereinbarte Ertrag nach dem ersten Betriebsjahr nicht erfüllt und die Anlage kann auch durch Nachbesserungen die gewünschte Wärme innerhalb des Gewährleistungszeitraums nicht liefern, wird der Differenzbetrag laut einer definierten Methode berechnet und finanziell entgolten.

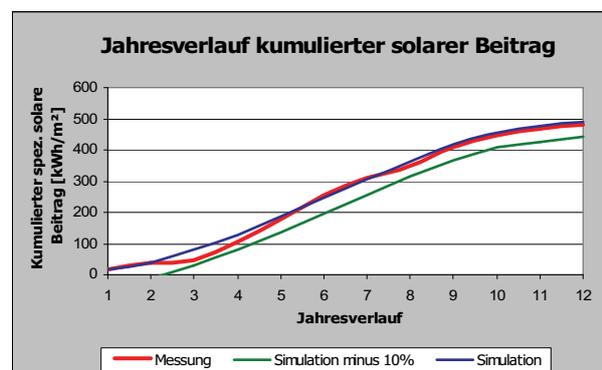


Abbildung 12: Darstellung des Vergleichs von simulierten und gemessenen Jahresverläufen des kumulierten spezifischen Solarertrags

5.1.3 Umsetzungsphase

Um die Qualität der Anlagenausführung nicht dem Zufall zu überlassen, hat sich bei großen Solaranlagen eine dokumentierte Inbetriebnahme mit einer Betriebsoptimierung während der ersten Wochen des Anlagenbetriebs bewährt. Spätere Nachbesserungen nach der Anlagenabnahme sind mit zusätzlichen Kosten verbunden. Die Betriebsoptimierung wird parallel zu jener des gesamten Heizungssystems durchgeführt. In diesem Zeitraum erfolgt die hydraulische Einregulierung sowohl im Solarkreis als auch im Wärmeverteilsystem und die Komponenten werden auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft. Die Optimierungsphase wird gemeinsam durch den Fachplaner, den ausführenden Installateur

und den späteren Betreiber betreut. Nachdem es sich dabei gegenwärtig um keinen Standardablauf handelt, muss die Durchführung der beschriebenen messtechnisch unterstützten Betriebsoptimierung vom Bauherrn explizit als Anforderung an den Fachplaner und den Installateur definiert werden.

Den Abschluss der Umsetzungsphase stellt die Übergabe einer vollständigen Dokumentation der Inbetriebnahme und technischen Abnahme dar. Als Kommunikationsmittel ist die Anlagendokumentation vor allem dann essentiell, wenn Planung, Ausführung und der Betrieb von jeweils unterschiedlichen Gewerken durchgeführt werden. Betriebsführung, Wartung sowie eine allfällige Optimierung und Fehlerbehebung können durch eine umfassende Dokumentation bedeutend effizienter ablaufen. Die Anlagendokumentation sollte in definiertem Umfang bereits bei der Ausschreibung und Auftragsvergabe von den beteiligten Gewerken eingefordert werden. Für Betreiber sind neben dem letztgültigen Hydraulikschema Angaben zur Dimensionierung sowie zum Regelungssystem und zur Überprüfung von Funktion und Leistung zu dokumentieren.

5.1.4 Betriebsführung

Solaranlagen müssen wie alle anderen Elemente der Haustechnik in die laufende Routineüberwachung durch den Betreiber eingebunden werden. Die einfachste Methode ist die regelmäßige Kontrolle der monatlichen Solarerträge durch den Anlagenbetreiber. Lösungen bis hin zur Fernüberwachung mit automatischen Fehlermeldungen sind technisch realisierbar und bei größeren thermischen Solaranlagen etwa in Nahwärmenetzen Stand der Technik. Trotzdem muss die Planung der Kontrolleinrichtungen für die laufende Funktionskontrolle vom Planer bzw. vom Installateur explizit eingefordert werden. Detaillierte Angaben dazu, wie die messtechnische Ausstattung der Solaranlage aussehen sollte waren unter anderem ein Ziel des vorliegenden Projektes.

Die während des Betriebs für die Routineüberwachung verantwortliche Person sollte dabei bereits in der Planungsphase bei der Definition der Überwachungsroutinen und der dafür nötigen Messtechnik eingebunden werden. Anlagenbetreiber sind auf jeden Fall für die Routineüberwachung der Solaranlage zu motivieren und entsprechend einzuschulen.

Auch wenn Solaranlagen grundsätzlich äußerst wartungsarm sind, besteht die Notwendigkeit einer periodischen Kontrolle etwa der Wärmeträgerflüssigkeit im Kollektorkreis durch eine Fachfirma. Diese wird optimalerweise durch einen Wartungsvertrag mit der eingebundenen Solarfirma oder mit dem installierenden Betrieb umgesetzt. Das Eingehen eines Wartungsvertrages sollte ebenfalls zum Teil der Anforderungen an die Anbieter bei der Ausschreibung gemacht werden. In der Wartungsvereinbarung sind die Intervalle der Überprüfungen sowie die zu überprüfenden Punkte zu definieren.

5.2 Erhebungen zu etablierten Qualitätssicherungsstrategien im Zusammenhang mit thermischen Solaranlagen

Vor allem in Deutschland und Österreich, die eine vergleichsweise fortgeschrittene Marktdurchdringung mit solarthermischer Technologie aufweisen, haben sich in den letzten Jahren ambitionierte Initiativen zur Entwicklung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für solarthermische Anlagen entwickelt. Ziel der vorgenommenen Bestandsaufnahme war die Zusammenfassung und Nutzung bisheriger Arbeiten auf diesem Gebiet. Häufig sind diese Entwicklungen vom Engagement von Einzelpersonen etwa in technischen Abteilungen von Wohnbauträgern, Förderstellen oder wissenschaftlichen Organisationen ausgegangen. Die Palette der Konzepte reicht dabei von Maßnahmen, die nur eine bestimmte Projektphase betreffen bis hin zu umfassenden Ansätzen im Sinne von Gütesiegeln.

5.2.1 Integrale Planung

Die so genannte integrale Planung ist das wichtigste Schlagwort in der Projektentwicklungsphase. Bedingt durch das enge Zusammenspiel des solarthermischen Anlagenteils mit der bzw. den weiteren notwendigen Wärmequellen, dem Wärmeabgabesystem aber auch der Architektur müssen die Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Integration der thermischen Solaranlage bereits sehr früh in der Projektentwicklungsphase gelegt werden. In diesem Punkt beschränken sich Initiativen, einen integralen Planungsprozess bei Investoren zu etablieren und damit energieeffizientere Gebäude zu erzielen, bei weitem nicht nur auf das Gebiet der Solarintegration. Auch einige Projekte aus der Programmreihe „Nachhaltig Wirtschaften“ beschäftigten sich mit der Erarbeitung von notwendigen Abläufen für eine ganzheitliche Planung von Gebäuden und Heiztechnik unter dem Gesichtspunkten Benutzerkomfort und Energieeffizienzmaximierung.

Ein Beispiel für Planungsvorgaben für gesamte Gebäude stellt etwa die „Total Quality Planung und Bewertung von Gebäuden“ dar, zu der Informationen in Form eines Endberichts der Programmlinie „Haus der Zukunft“ nachgelesen werden können.

Quelle: <http://www.argetq.at> bzw. [GEI04]

Basierend auf Ergebnissen des „Haus der Zukunft“ Projektes OPTISOL werden Erfahrungen zur integralen Planung im Rahmen von Planungsworkshops und Publikationen des Programmteils „Geschoßwohnbau“ im klima:aktiv Solarwärmeprogramm weitergegeben.

Quelle: <http://www.solarwaerme.at/Geschosswohnbau>

5.2.2 Weiterbildungsnachweise

Eine der Weichen, die seitens des Investors in der ersten Projektphase gelegt werden muss betrifft die Auswahl der beteiligten Gewerke, in der Projektplanung allem voran Architekt und Haustechnikplaner. Eine Hilfestellung bei der Auswahl von kompetenten Partnern stellen spartenspezifische Qualitätsnachweise dar. An der Donauuniversität in Krems besteht etwa ein Lehrgang über Solararchitektur.

Seit 2004 ist es in Österreich möglich, durch den Besuch eines einschlägigen Kurses und durch das Vorweisen von Referenzprojekten die Bezeichnung „Zertifizierter Solarwärmeplaner“ bzw. „Zertifizierter Solarwärmeinstallateur“ zu erlangen. Auf der Website des klima:aktiv Solarwärme Programms, in dessen Rahmen die Ausbildung angeboten wird, sind die aktuell zertifizierten Solarprofis gelistet, die Kompetenz auf dem Solarwärmegebiet nachgewiesen haben.

Quelle: <http://www.solarwaerme.at/Profi-Center>

5.2.3 Ausschreibung mit technischen Anforderungen

Durch bewährte technische und organisatorische Vorgaben in der Ausschreibung des solarthermischen Anlagenteils wird dem Anbieter klar, auf welche Dinge es dem Fachplaner/Bauherrn ankommt und ob sein Produkt/seine Dienstleistung vorteilhaft im Wettbewerb steht. Eine „qualifizierte Ausschreibung“ erlaubt außerdem einen empfehlenswerten Preisvergleich verschiedener Anbieter. Über in der Ausschreibung festgehaltene Anforderungen wie Ertragsgarantien oder eine definierte Inbetriebnahmephase kann dem Anbieter frühzeitig mitgeteilt werden, welche Qualitätsanforderungen ihn erwarten.

Speziell für den solarthermischen Sektor wurden von einigen österreichischen Wohnbauträgern, die auf jahrelange Erfahrung bei der Umsetzung von thermischen Solaranlagen in Neubauten zurückgreifen können, solche Planungsvorgaben in Form von Kriterienkatalogen entwickelt.

Beispielhaft stellt die Gemeinnützige Salzburger Wohnbaugesellschaft deren „technischen Vorbemerkungen für die Errichtung von thermischen Solaranlagen“, die sich an Anlagenplaner richten, auf ihrer Homepage für Anbieter zur Verfügung.

Quelle: <http://www.gswb.at> und [RFG02]

Eine Musterausschreibung für große solarthermische Anlagen wurde auch im ASIC Solar Guide zusammengestellt, deren Angaben zu den anzuwendenden Richtlinien zur Komponentenauswahl teilweise jedoch nicht mehr auf dem neuesten Stand sind.

Quelle: <http://www.asic.at> und [DEH03]

Ein Überblick über aktuelle Standards, aus denen technische Vorgaben für die Ausschreibung von solarthermischen Anlagen abgeleitet werden können finden sich im Downloadbereich des Profi-Centers auf der Homepage des klima:aktiv Solarwärme Programms.

Quelle: <http://www.solarwaerme.at>

5.2.4 Definierte Inbetriebnahmephase / Anlagenoptimierung

Die Optimierung und Einregulierung des solarthermischen Anlagenteils sowie des gesamten Heizungs- und Wärmeverteilsystems in den ersten Betriebswochen ist die Basis eines effizienten und fehlerfreien Betriebs von solar unterstützten Heizungsanlagen. Gerade beim solarthermischen Anlagenteil stellt eine solche Anlagenoptimierung jedoch noch keine Selbstverständlichkeit dar. Für die grundsätzliche Dokumentation der Inbetriebnahme steht eine Reihe von Musterdokumenten zur Verfügung, die jedoch in der Regel keine Vorgaben für eine Optimierung des Anlagenbetriebs beinhalten und für die Anwendung im Einfamilienhaus entwickelt wurden.

Beispielhaft seien die Inbetriebnahmeprotokolle der VDI Richtlinie 6002 und jenes in den Zertifizierungsunterlagen der Ausbildung zum „Zertifizierten Solarwärmeplaner“ genannt.

Quelle: <http://www.vdi.de> bzw. [VDI04], <http://www.solarwaerme.at>

Eine das gleiche Ziel der Optimierung der Anlage auf die gewünschte Leistungsfähigkeit verfolgende Maßnahme stellen die später beschriebenen Ertragsgarantien dar. Dabei wird die Optimierungsphase praktisch bis zum Erreichen der vereinbarten Einsparungen ausgedehnt.

In Deutschland wurde ein automatisiertes Abnahmeverfahren entwickelt, das es ermöglicht mit mobilen Messeinrichtungen, einer kurzzeitigen Vermessung und darauffolgender Simulation die Leistungsfähigkeit der Anlage zu analysieren. Im Zuge

dieses standardisierten Abnahmeverfahrens können auch Fehler und Optimierungsbedarf erkannt werden. Die sogenannte ISTT-Methode wird von Instituten in Deutschland als Dienstleistung angeboten, konnte sich am Markt jedoch bisher nicht durchsetzen. Es wird in dieser Arbeit in Kapitel 6.2.1 näher beschrieben.

5.2.5 Anlagendokumentation

Die Übergabe einer vollständigen Dokumentation der Inbetriebnahme und technischen Abnahme stellt den Abschluss der Anlagenumsetzung dar. Als Kommunikationsmittel ist die Anlagendokumentation vor allem dann essentiell, wenn Planung, Ausführung und der Betrieb von jeweils unterschiedlichen Gewerken durchgeführt werden. Betriebsführung, Wartung sowie etwaige Optimierung und Fehlerbehebung können durch eine umfassende Dokumentation bedeutend effizienter ablaufen. Sie umfasst sämtliche Angaben zur Anlagenkonzeption, Montage und Inbetriebnahme. Für Betreiber sind neben dem letztgültigen Hydraulikschema ebenso Angaben zur Dimensionierung sowie zum Regelungssystem und zur Überprüfung von Funktion und Leistung zu dokumentieren. Aufgrund ihrer Wichtigkeit ist das Ausmaß der Anlagendokumentation in einer Reihe von Standards und Richtlinien beschrieben, die jedoch in der Regel für Anwendungen im Einfamilienhaus entwickelt wurden.

So beinhaltet etwa die europäische Richtlinie EN 12977-1 Angaben zur ordnungsgemäßen Dokumentation von großen, kundenspezifisch gefertigten Solaranlagen. Diese Norm befindet sich gegenwärtig in Überarbeitung.

Quelle: www.oenorm.at

Das *Austria Solar Gütesiegel* definiert für Gütesiegelinhaber Minimalstandards die Dokumentation von Solaranlagen betreffend.

Quelle: <http://www.austriasolar.at>

Auch die deutsche Gütegemeinschaft Solarenergieanlagen (Gütesicherung RAL-GZ 966) verlangt von seinen Mitgliedern Standards für die Anlagendokumentation, die in den Statuten des Güteschutzes beschrieben sind.

Quelle: <http://www.queteschutz-solar.de>

5.2.6 Wartungsverträge

Auch wenn Solaranlagen grundsätzlich äußerst wartungsarm sind, besteht die Notwendigkeit einer periodischen Kontrolle etwa der Wärmeträgerflüssigkeit im Kollektorkreis durch eine Fachfirma. Der Wartungsvertrag wird optimalerweise mit der eingebundenen Solarfirma oder mit dem installierenden Betrieb abgeschlossen und ist bei größeren Solaranlagen weit verbreitet. Wartungsprotokolle stellen die Dokumentation der Anlagenwartung dar.

Als Beispiel kann das Muster-Wartungsprotokoll, das in der Ausbildung zum „Zertifizierten Solarwärmeplaner“ zur Verfügung gestellt wird und auch im Profi-Center auf der Solarwärme Website verfügbar ist.

Quelle: <http://www.solarwaerme.at/Profi-Center>

Im Austria Solar Partnerpaket wird ein Muster-Wartungsvertrag für Mitgliedsbetriebe zur Verfügung gestellt. Abgesehen davon bieten namhafte österreichische Anbieter Wartungsverträge an, die die wichtigsten Dienstleistungen zusammenfassen.

Quelle: <http://www.austriasolar.at>

5.2.7 Laufende messtechnische Betriebsüberwachung

Bedingt durch die Komplexität und lange Lebensdauer von großen Solaranlagen ist eine messtechnische Überwachung der Anlagenfunktion unverzichtbar. Sie ist ein wichtiges Werkzeug zur Fehlererkennung und zum Vergleich der Ertragswerte zu den Planungswerten. Die Tiefe der durchgeführten Überwachung kann dabei sehr unterschiedlich ausfallen. Von einer monatlichen Kontrolle des erbrachten Solarertrags bis hin zur Online-Fehlerüberwachung mit automatischer Fehlermeldung. Von der technischen Seite wird das Thema umfassend in Kapitel 6 behandelt.

Die optimale Detailliertheit der angewandten messtechnischen Überwachung richtet sich nicht zuletzt nach der Bereitschaft des Anlagenbetreibers, diese zu betreuen. Die messtechnische Überwachung ist auch ein wichtiger Bestandteil für umfassendere Qualitätssicherungsstrategien wie den später beschriebenen Ertragsgarantien oder dem Anlagencontracting.

Ein Mindestmaß an messtechnischer Überwachung von großen Solaranlagen setzt sich zunehmend am Markt durch. Eine Befragung von Anlagenbetreibern in Österreich ergab, dass der Großteil der Investoren, die thermische Solaranlagen wiederholt einsetzen, mittlerweile interne Strategien für das „Monitoring“ von Solaranlagen entwickelt haben (siehe Kapitel 6.1). Vor allem bei „Einzelanlagen“ etwa in Tourismusbetrieben oder Wohnheimen kommt es jedoch noch immer vor, dass aus Kostengründen gänzlich auf Messtechnik verzichtet wird. Zur Orientierung zu einem sinnvollen Ausmaß an messtechnischer Überwachung, das schließlich auch bezahlt werden muss, ist es wichtig, Investoren über Mindeststandards zu informieren.

Mindeststandards zur messtechnischen Überwachung von Solaranlagen wurden bisher hauptsächlich eingebettet in Förderrichtlinien oder in umfassendere Qualitätssicherungspaketen wie Gütesiegeln oder Standards definiert. Details zu standardisierten Ansätzen können Kapitel 6.2.1 entnommen werden.

Die Förderstellen in Salzburg, Oberösterreich und Wien fordern aktuell als Voraussetzung zur Förderung zumindest den Einbau eines Wärmemengenzählers zur Messung des Solarertrags. In Wien wurde in den Jahren 2004 bis 2006 eine darüber hinausgehende Mindestinstrumentierung bestehend aus zwei Wärmemengenzählern und einem Strahlungsmessgerät gefordert.

Quelle: Solar Net 2 Endbericht auf <http://www.solar-net.info> bzw. [SCH03]

5.2.8 Ertragsgarantie

Eine vertragliche Garantie des zu erzielenden Solarertrags durch die planenden und/oder ausführenden Unternehmen stellt für den Investor eine der umfassendsten Methoden dar, die Qualität und damit Wirtschaftlichkeit der Solaranlage zu sichern. Das Thema Ertragsgarantie ist ein Dauerbrenner wenn es um große thermische Solaranlagen geht und erklärt sich durch die hohen Anfangsinvestitionskosten, die durch gesicherte Erträge wieder eingespielt werden müssen. Ebenso stellen Ertragsgarantien generell eine Möglichkeit dar, Investoren die Scheu vor den hohen Anfangsinvestitionen zu nehmen und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Anwendung solarthermischer Technologie transparenter zu machen.

Die vertragliche Zusicherung von Solarerträgen ist in Österreich bei einigen Wohnbauunternehmen, die sich für einen konsequenten Einsatz von großen Solaranlagen entschieden haben, mittlerweile Standard und wird von diesen als wichtiges Element für eine erfolgreiche Anwendung solarthermischer Technologie angegeben. Abseits der Anwendung durch Unternehmen mit einem hohen Niveau an internem Wissen kommen Ertragsgarantien aufgrund von fehlendem Know-how bzw. mangels des Angebots an kosteneffizienten Dienstleistungen auf diesem Gebiet noch selten zum Einsatz.

Die angesprochenen „technischen Vorbemerkungen für die Errichtung von thermischen Solaranlagen“ der Gemeinnützigen Salzburger Wohnbaugesellschaft beinhalten Vorgaben zu Ertragsgarantien.

Quelle: <http://www.gswb.at> bzw. [RFG02]

Ausformulierte Musterverträge für Ertragsgarantien wurden im Rahmen von geförderten Projekten zusammengestellt und sind im Internet etwa im Endbericht zum Projekt „Garantierte Wärmelieferung aus thermischen Solaranlagen im Wohnbau“ der AEE INTEC oder im Endbericht des Projektes „Solar Net 2“ als „Musterverträge für Ertragsgarantieverträge“ frei verfügbar.

Quelle: <http://www.aee-intec.at> bzw. [FIN00], <http://www.solar-net.info> bzw. [SCH03]

5.2.9 Contracting / Drittfinanzierung

Die zugrunde liegende Idee einer Drittmittelfinanzierung bzw. Contractinglösung in Verbindung mit Solaranlagen ist, nicht nur die hohe Anfangsinvestition, sondern auch das technische Risiko den Betrieb der Anlage betreffend auszulagern. Der Contractor koordiniert dabei neben der Finanzierung zumeist auch die Planung, Errichtung und Betriebsführung der Solaranlage. Der Abnehmer bezieht lediglich die Dienstleistung „Solare Wärme“ zu einem vertraglich definierten Tarif. Entscheidender Vorteil in der Abwicklung ist die Tatsache, dass für das gesamte Projekt ein einziger Ansprechpartner vorhanden ist.

Beim Spezialfall des solaren Contractings kommt es oft zu Mischformen der beiden Contractingformen Anlagencontracting und Einsparcontracting, da sich Solaranlagen grundsätzlich über die Einsparung des konventionellen Energieträgers refinanzieren. Typische Anbieter von Contracting sind Energieversorgungsunternehmen sowie Nah- und Fernwärmeversorger. Potentielle Anbieter von Wärmebereitstellung mittels thermischer Solaranlagen sind aber auch Solarfirmen und Planungsbüros.

In einer aus dem EU-Projekt NEGST stammenden Recherche wurden 31 österreichische Unternehmen befragt, die sich im Bereich Einspar- und Anlagencontracting engagieren. Davon haben neun Firmen verteilt auf fast alle österreichischen Bundesländer bereits Solaranlagen errichtet. Darunter befinden sich sowohl große Energieversorgungsunternehmen als auch Firmen, die sich auf Contracting spezialisiert haben. Von den großen österreichischen Solarfirmen übernimmt bisweilen keine die Rolle als Contractor selbst, sondern fungieren lediglich als Partner der Contractingunternehmen⁴.

Auf dem Gebiet des Anlagencontractings wird hauptsächlich mit den Energieträgern Gas und in den letzten Jahren verstärkt Biomasse gearbeitet. Solaranlagen kommen noch in relativ geringer Stückzahl zum Einsatz. Am meisten Erfahrung auf diesem Gebiet wurde von Unternehmen in der Steiermark gesammelt. Generell ist zu bemerken, dass in Österreich in den letzten Jahren vor allem das Einsparcontracting in öffentlichen Gebäuden Fuß fassen konnte. Diese Gebäude sind jedoch meist aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs nicht für die Installation einer Solaranlage geeignet. Einsparcontractinglösungen in Verbindung mit thermischen Solaranlagen wurden bisher aufgrund der günstigen Wirtschaftlichkeit hauptsächlich bei der Sanierung von Schwimmbädern eingesetzt. In Wohngebäuden kam das Einsparcontracting bisher mit einigen Ausnahmen noch kaum zum Einsatz. Contracting mit Solaranlagen kommt gegenwärtig vordergründig aus Imagegründen und unter speziell geeigneten Rahmenbedingungen (z.B. zur Deckung des Sommerwärmebedarfs in Biomasse-Nahwärmenetze) zum Einsatz.

⁴ Quelle: [SCH06]

Das im Rahmen des Europäischen Intelligent Energy Forschungsprogramms abgewickelte Projekt „ST-ESCOS“ beschäftigte sich speziell mit dem Thema „Solares Contracting“. Aus dem Projekt gingen einige interessante Fallstudien und ein Leitfadens hervor.

Quelle: <http://www.grazer-ea.at> bzw. [BAU06]

5.2.10 Vorgaben durch Förderstellen

Um den effizienten Einsatz von Fördermitteln sicherzustellen besteht für Fördergeber bei relativ geringem Mehraufwand die Möglichkeit, die Mittelvergabe an die Einhaltung bestimmter Vorgaben und an Mindestkriterien betreffend Qualitätssicherung zu knüpfen. Etwa durch vorgegebene auszufüllende Abnahmeprotokolle werden gezielt qualitätssichernde Maßnahmen gefördert. Die Möglichkeiten umfassen Vorgaben betreffend der verwendeten Komponenten (geprüfte Kollektoren) und der Art der Komponentenauslegung bis hin zur Vorgabe einer Mindestmesstechnik und die Knüpfung der Förderung an die tatsächlich erbrachten Erträge der Solaranlage. Letztere Variante stellt eine besondere Herausforderung für den Förderwerber dar und wird daher häufig mit vertraglichen Garantien durch Professionisten (z.B. Installateure oder Betreiber) kombiniert.

Vorgaben zur Verwendung geprüfter Kollektoren und gewisse Dimensionierungsrichtlinien betreffend finden sich in Österreich in den Förderbestimmungen einiger Bundesländer wieder. Explizit auf die Qualitätssicherung von großen Solaranlagen abzielende Vorgaben existieren in Österreich in den Förderrichtlinien der Bundesländer Salzburg und Wien. Während in Wien bedingt durch das generell niedrige Niveau an Neuinstallationen noch wenig Erfahrung mit dem angewendeten Modell gemacht wurde, hat sich das Salzburger Modell als Maßnahme zur Steigerung der Qualität von großen Solaranlagen gut bewährt.

In Salzburg geht man den Weg der Vorgabe eines Mindestertrags der Solaranlage von 350 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr zum Erhalt der Förderung. Trotz dieser Anforderung verzeichnet die Entwicklung der Installationsrate an großen Solaranlagen im Geschloßwohnbau eine sehr positive Entwicklung⁵. Diese Tendenz spricht für die Tauglichkeit des eingeschlagenen Weges mit dem Ziel, das Vertrauen in Solaranlagen durch Qualitätssicherungsmaßnahmen zu steigern. Dafür verantwortlich sind sicher die Erfahrung und das Engagement der verantwortlichen Personen vor Ort und der ganzheitliche Ansatz, der verfolgt wird. So werden von offizieller Seite nicht nur der Mindestertrag sondern auch gewisse technische Aspekte in einer sogenannten „Deklaration“ vorgegeben. Das Engagement geht so weit, dass vom Land Salzburg eine eigene Internet-Domäne geschaffen wurde, auf der die Ergebnisse der einzelnen Solaranlagen online nachvollziehbar sind.

Quelle: <http://www.salzburg.gv.at>

Im Wiener Modell wird kein bestimmter Mindestertrag für die Förderwürdigkeit der Anlagen gefordert sondern eine Ertragsvorhersage sowie eine definierte Protokollierung des gemessenen Solarertrags und der Nachheizenergie. Die in den Jahren 2004 bis 2006 geforderte Mindestausstattung der Solaranlage mit zwei Wärmemengenzählern und einem Strahlungssensor sowie die Auswertung nach dem Input-/Output Verfahren (siehe Kapitel 6.2.1) wurden durch diese Methode zugunsten der Nutzerakzeptanz vereinfacht.

Quelle: <http://www.wien.gv.at>

⁵ Quelle: Vortrag DDI Franz Mayr, Workshop „Solar und Biomasse im Wohnbau“ im November 2006 in Salzburg

5.2.11 Gütesiegel / Richtlinien

In den vergangenen Jahren wurden im deutschsprachigen Raum mit dem Ziel einer Belebung des Solarmarktes im mehrgeschossigen Wohnbau Versuche unternommen, Gütesiegel mit definierten Kriterien zu etablieren, welche unerfahrene Beteiligte unterstützen und das Vertrauen in solare Technologie steigern sollten. Weitere Bestreben gehen in Richtung Definition von Standards, welche eine Zusammenstellung verschiedener Maßnahmen zur Sicherung der Qualität von Planung, Ausführung und Wartung von Solaranlagen beinhalten.

In Österreich wurde im Jahr 2003 das *Austria Solar Gütesiegel* etabliert. Das Gütesiegel verlangt von Gütesiegelbetrieben die Verwendung von Komponenten definierter Qualität und die Einhaltung definierter Vorgaben die Übergabe und Wartung der Solaranlage betreffend. Mittlerweile sind die meisten der großen österreichischen Solarfirmen Gütesiegelbetriebe. Da von den Systemanbietern für Großanlagen naturgemäß keine standardisierten Pakete wie im Einfamilienhaus angeboten werden, ist die Relevanz und Anwendung des Gütesiegels in diesem Bereich noch sehr gering. Ähnliches gilt für die deutsche Gütegemeinschaft Solarenergieanlagen mit der Gütesicherung RAL-GZ 966, die von den Mitgliedern definierte Qualitätsstandards einfordert.

Quelle: <http://www.austriasolar.at> , <http://www.gueteschutz-solar.de>

In Deutschland wurde 1999 speziell für den Bereich des mehrgeschossigen Wohnbaus das *DGS-Solar-Siegel* ins Leben gerufen. Der zu Grunde liegende umfassende Ansatz bestand in einer Begleitung des Betreibers bei Planung und Ausführung, bei der Vereinbarung eines vertraglich garantierten Mindestertrages und bei der Betriebsüberwachung der Solaranlage über einen bestimmten Zeitraum. Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) trat dabei als unabhängiger Sachverständiger auf. Nicht zuletzt aufgrund einer Reduzierung der Förderung im Zielgebiet Berlin Brandenburg wurden jedoch in vier Jahren nur sieben Solaranlagen mit dem DGS-Solar-Siegel umgesetzt. Es stellte sich zudem heraus, dass der mit der konzipierten Anlagenüberwachung verbundene Aufwand kaum zu finanzieren ist [SPI04]. In Hamburg werden nach ähnlichem Prinzip Förderungen für solarthermische Großanlagen nur in Verbindung mit Ertragsgarantien vergeben. Die DGS begleitet die Projekte mit Ertragsgarantien.

Quelle: <http://www.dgs.de>

Parallel zum vorliegenden Projekt wird in Deutschland eine neue VDI Richtlinie mit dem Titel „2169 - Funktions- und Ertragskontrolle an solartechnischen Anlagen“ erarbeitet, welche Standardlösungen für Inbetriebnahme, Funktionskontrolle, Ertragsbewertung und Ertragsgarantien beinhalten soll. Gemeinsam mit dem vorliegenden Projekt wird es sich dabei um die umfassendste Zusammenfassung von Empfehlungen zur Qualitätssicherung von solarthermischen Anlagen handeln.

Quelle: <http://www.vdi.de>

5.3 Beschreibung des entwickelten Qualitätssicherungspaketes für Förderstellen, Bauträger und individuellere Anwender wie Tourismusbetriebe oder Heimverwaltungen

Auf Basis der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Konzepte und Musterdokumente wurde vom Projektteam ein abgestimmtes Paket von Qualitätssicherungsmaßnahmen speziell für die Anwendung in solarthermischen Großanlagen entwickelt. Grundsätzlich umfasst das entwickelte Qualitätssicherungspaket folgende Musterdokumente:

- D1 Anforderungskatalog für die Planer von solarthermischen Anlagen
- D2 Musterausschreibung für thermische Solaranlagen
- D3 Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen im Bereich Geschößwohnbau
- D4 Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen außerhalb des Bereiches Geschößwohnbau
- D5 Mindeststandard Kontrolleinrichtungen Optimierungsphase und Betriebsüberwachung
- D6 Musterdokumentation
- D7 Muster Abnahmeprotokoll
- D8 Muster Wartungsvereinbarung
- D9 Muster Wartungsprotokoll
- D10 Monatliches Kontrollprotokoll für Betreiber
- D11 Betriebslogbuch

Durch einen Anforderungskatalog an den Fachplaner wird ab der Planungsphase die Verantwortung zur Umsetzung der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen (unter Verwendung der erarbeiteten Musterdokumente) an den Fachplaner weitergegeben. Mit der Forderung einer klaren Darstellung der Abwägungen zur Wahl der Dimensionierung bzw. des Betriebspunktes der thermischen Solaranlage zielt der Anforderungskatalog auf eine Erhöhung der Transparenz zu dieser Entscheidung, die durch den Bauherrn zu fällend ist.

Auf die Ausschreibung folgend wird empfohlen, zu Beginn der Detailplanung die Qualitätssicherungsmaßnahmen unter Weitergabe der jeweiligen Dokumente mit den beteiligten Firmen und Ansprechpartnern (im Wesentlichen Fachplaner, Installateur und Betreiber; siehe dazu auch Tabelle 1) im Detail abzustimmen und Verantwortlichkeiten festzulegen.

Für erfahrene Akteure werden die beschriebenen Maßnahmen nicht allzu viele Neuigkeiten beinhalten. Wichtig ist eine möglichst umfassende Anwendung der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen vor allem bei Bauherrn die erstmalig oder einmalig eine thermische Solaranlage umsetzen. In diesen Fällen ist die Gefahr größer, dass ohne die konsequente Anwendung von Qualitätskriterien und Vorgaben Billigstbieter zum Zug kommen, welche Anlagenqualität und Betriebssicherheit nicht im notwendigen Maße gewährleisten können. Mit den empfohlenen Vorgaben können aber auch unerfahrene, jedoch seriöse Anbietern bei der Umsetzung von solarthermischer Technologie nach dem Stand der Technik entscheidend unterstützt werden.

Damit verbunden ist das Bestreben, dass neben dem derzeit am häufigsten verwendeten Argument des Preises auch die Qualität in der Ausschreibung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung einen wesentlichen Stellenwert erhält. Die entwickelten Ratgeber und Anforderungen sollen für den Auftraggeber bzw. Investor die Basis liefern um ausgehend vom derzeitigen Standard der Billigstbietervergabe in Richtung Bestbieterauswahl zu gehen.

In der Folge werden die einzelnen Musterdokumente des Qualitätssicherungspaketes gemeinsam mit Hintergrundinformation und einer Anleitung zur Anwendung präsentiert. Weitere Informationen zur Handhabung sind in den Musterdokumenten farblich hinterlegt oder in kursiver Schrift dargestellt. Als beteiligte Akteure sind jene Partner zu verstehen, an die durch das Dokument Anforderungen gestellt wird – der Fachplaner, der sich für die Anpassung der Musterdokumente für das individuelle verantwortlich zeigt ist nicht in jedes Mal neu vermerkt.

Alle in diesem Bericht ausführlicher behandelten Aspekte sind in einem kompakten „Ratgeber für Investoren“ zusammengefasst worden. Ratgeber und Musterdokumente wurden jeweils für die beiden Anwendungen Neubauten und solaren Sanierung von Gebäuden erstellt, wobei sich die Unterschiede vor allem in der Projektentwicklung und Planungsphase ergeben. Wie in Abbildung 13 dargestellt, deckt der Ratgeber die für die Projektentwicklung und Auswahl von Architekt und Planer relevanten Maßnahmen ab.



Abbildung 13: Skizze zum Aufbau des entwickelten Qualitätssicherungspaketes

D1 Anforderungskatalog für die Planer von solarthermischen Anlagen

Betroffene Akteure

Fachplaner bzw. Installateur wenn dieser die Anlagenplanung übernimmt

Hintergrundinformation und Anwendung

Der entwickelte Anforderungskatalog an den Anlagenplaner orientiert sich an den Anforderungen von Wohnbauträgern wie der GSWB (siehe Kapitel 5.2.3), die auf lange Erfahrung mit der Umsetzung solarthermischer Anlagen zurückblicken können und vorausschauende „technische Vorbemerkungen“ an die von ihnen beauftragten Gewerke ausgeben. Durch die im Musterdokument formulierten Anforderungen soll außerdem eine erhöhte Transparenz für den Investor zur Dimensionierung der Anlage erreicht werden, die sich letztendlich an seiner Vorstellung zu solarer Deckung und zur erwarteten Wirtschaftlichkeit der Investition orientiert. Der Anlagenplaner verpflichtet sich zu einer gewissenhaften Bedarfserhebung und Auslegung indem er für die Wirtschaftlichkeit der Anlage, die direkt von diesen abhängig ist, die Verantwortung übernimmt. Im Anforderungskatalog für Sanierungsprojekte wird im Besonderen auf die gewissenhafte Erhebung des Wärmebedarfs hingewiesen. Als sensibelste Variable zur Anlagendimensionierung sollte auf die Durchführung einer Verbrauchsmessung nicht verzichtet werden. Diese ermöglicht ein hohes Maß an Planungssicherheit für den

nachträglichen Einbau von solarthermischen Anlagen im Gebäudebestand.

Das Anforderungspaket fasst zudem die Pflichten des Fachplaners zusammen, die von ihm zu fordern sind, um eine Umsetzung des dargestellten Qualitätssicherungspaketes zu ermöglichen. Das Engagement des Fachplaners ist zur Anpassung aller 11 dargestellten Musterdokumente für das individuelle Projekt nötig. Er ist es, der mit dem Überblick über das gesamte Projekt die Qualitätssicherungskette zusammenhält und ist daher unerlässlicher Partner bei der Umsetzung der Maßnahmen.

Während bei Wohnbauträgern oder Energiedienstleistungsunternehmen diese Vorgaben zur Entwicklung von internen Standards herangezogen werden können, sind sie vor allem für einmalige Anwender von solarthermischen Anlagen wie etwa Wohnungseigentumsgemeinschaften oder Tourismusbetriebe sehr hilfreich, da sie eine konkrete Bewertungs- oder zumindest Diskussionsgrundlage für die Vereinbarungen mit dem Anlagenplaner bzw. –Installateur bilden. Durch das Ansprechen dieser Themen bereits in der Grobplanung der Solaranlage beginnt der Qualitätssicherungsprozess in einer wünschenswert frühen Projektphase in der noch ein hohes Maß an Flexibilität gegeben ist.

Zur Anwendung kommt der Anforderungskatalog durch die Diskussion der dargestellten Punkte mit dem Anlagenplaner bzw. mit dem Installateur, wenn dieser die Planung der Anlage übernimmt und durch die anschließende Integration der Vorgaben in die Vergabeverträge.

D1

Anforderungskatalog für die Planer von solarthermischen Anlagen (Neubauexemplar)

TEXTBAUSTEINE

1. Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Auslegung der thermischen Solaranlage nach dem Stand der Technik.

Die in der Haustechnik vergleichsweise junge Solartechnologie entwickelt sich kontinuierlich weiter. Planer sollten sich durch Fortbildungen bzw. durch Studium von aktuellen Richtlinien und Planungshandbüchern über den Stand der Technik zur Kosten-Nutzen optimierten Auslegung von thermischen Solaranlagen informieren. Eine Zusammenfassung entsprechender Materialien sowie eine Suchfunktion für ausgebildete Experten finden sich auf www.solarwaerme.at/profi-center.

2. Der Auftragnehmer haftet für seine Angaben über die Wirtschaftlichkeit der von ihm geplanten Anlage. Er verpflichtet sich gegenüber dem Auftraggeber zu einer klaren Darstellung der durch die Solaranlage erzielten Energieeinsparungen auf Basis einer Anlagensimulation oder anderer bewährter Auslegungsmethoden (Auslegungsdiagramme vom Hersteller, etc.).

Für die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen entscheidend ist weniger der Anteil des Wärmebedarfs, den die Solaranlage bereitstellt (Solarer Deckungsgrad), sondern welche Endenergieeinsparung pro Quadratmeter installierter Kollektorfläche erreicht werden kann. Ein der Planung entsprechender spezifischer Solarertrag ist demnach die Zielgröße für die Wirtschaftlichkeit von thermischen Solaranlagen, deren Refinanzierung sich über die eingesparte Nachheizenergie im konventionellen Kessel ergibt. Für die Prognose stehen einerseits Simulationsprogramme, andererseits Auslegungsdiagramme von Herstellern und Instituten zur Verfügung. Die meisten Vertriebsfirmen von Solaranlagen bieten Planern das Service, die geplante Anlage zu simulieren.

3. Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Integration der notwendigen Messtechnik zur Umsetzung des in [D5](#) beschriebenen Überwachungsstandards in die von ihm erarbeitete Planung der thermischen Solaranlage. Die Beschreibung des Überwachungskonzepts ist zur Nachvollziehbarkeit für den Betreiber in der Anlagendokumentation zu inkludieren (siehe [Punkt AD2.8](#) der Muster-Anlagendokumentation [D6](#)).

Die Überwachung bestimmter Parameter einer thermischen Solaranlage ist zur Sicherstellung des laufenden Betriebs notwendig, jedoch noch nicht Planungsstandard. Aus diesem Grund wurde ein empfohlener Mindeststandard an Überwachungseinrichtungen für drei gängige Standardhydrauliken definiert und in [D5](#) zusammengefasst. Für eine davon abweichende Anlagenhydraulik sind die Grundprinzipien der dargestellten Messanordnungen und Auswertungsroutinen abzuleiten.

4. Der Auftragnehmer verpflichtet sich in Zusammenarbeit mit dem Installationsunternehmen und dem Anlagenbetreiber zur Betreuung der in [D5](#) beschriebenen Maßnahmen zur Anlagenoptimierung in den ersten Betriebswochen bis zur technischen Abnahme und zur Dokumentation im vorgegebenen

	Abnahmeprotokoll D7 .
	<i>Vor der endgültigen Abnahme wird empfohlen, die thermische Solaranlage gemeinsam mit der gesamten Wärmeversorgungsanlage einer Optimierung über einen Zeitraum von einigen Wochen zu unterziehen. Diese basiert auf einer Datenaufzeichnung der wichtigsten Systemparameter und einer grafischen Analyse dieser Daten in geeigneten Diagrammen. Die Beteiligung des Planers muss dieser in sein Angebot einkalkulieren.</i>
5.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Beisteuerung der ihm zugeordneten Dokumente in der vorgegebenen Anlagendokumentation nach dem Muster D6 .
	<i>Für die Betriebsführung, Wartung und etwaige Optimierungen von solarthermischen Anlagen ist die vollständige Anlagendokumentation eine wichtige Voraussetzung. Ein signifikanter Teil der empfohlenen Dokumentation ist vom Anlagenplaner bereitzustellen.</i>
6.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Bereitstellung von Angaben und Anleitungen in den vorgegebenen Protokollen für Anlagenabnahme, Wartung und Betriebsführung nach den Mustern D7 (Abnahmeprotokoll), D9 (Wartungsprotokoll) und D10 (Kontrollprotokoll Betreiber).
	<i>Zu unterzeichnende Protokolle für die Inbetriebnahme und Wartung, sowie Verträge für Wartung und Ertragsgarantien stellen Werkzeuge für die durchgehende Qualitätssicherung von haustechnischen Anlagen in allen Projektphasen dar. Die entsprechenden Muster D7, D9 und D10 sind für die individuell pro Projekt unterschiedlichen Gegebenheiten vom Planer zu spezifizieren.</i>

D1

Anforderungskatalog für die Planer von solarthermischen Anlagen (Sanierungsexemplar)

TEXTBAUSTEINE

1.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Auslegung der thermischen Solaranlage nach dem Stand der Technik.
	<i>Die in der Haustechnik vergleichsweise junge Solartechnologie entwickelt sich kontinuierlich weiter. Planer sollten sich durch Fortbildungen bzw. durch Studium von aktuellen Richtlinien und Planungshandbüchern über den Stand der Technik zur Kosten-Nutzen optimierten Auslegung von thermischen Solaranlagen informieren. Eine Zusammenfassung entsprechender Materialien sowie eine Suchfunktion für ausgebildete Experten finden sich auf www.solarwaerme.at/profi-center</i>
2.	Der Auftragnehmer haftet für seine Angaben über die Wirtschaftlichkeit der von ihm geplanten Anlage. Er verpflichtet sich gegenüber dem Auftraggeber zu einer klaren Darstellung der durch die Solaranlage erzielten Energieeinsparungen auf Basis einer Anlagensimulation oder anderer bewährter Auslegungsmethoden (Auslegungsdiagramme vom Hersteller, etc.).
	<i>Für die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen entscheidend ist weniger der Anteil des Wärmebedarfs, den die Solaranlage bereitstellt (Solarer Deckungsgrad), sondern welche Endenergieeinsparung pro Quadratmeter installierter Kollektorfläche erreicht werden kann. Ein der Planung entsprechender spezifischer Solarertrag ist demnach die Zielgröße für die Wirtschaftlichkeit von thermischen Solaranlagen, deren Refinanzierung sich über die eingesparte Nachheizenergie im konventionellen Kessel ergibt. Für die Prognose stehen einerseits Simulationsprogramme, andererseits Auslegungsdiagramme von Herstellern und Instituten zur Verfügung. Die meisten Vertriebsfirmen von Solaranlagen bieten Planern das Service, die geplante Anlage zu simulieren.</i>
3.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zu einer gründlichen Verbrauchserhebung des mit der thermischen Solaranlage zu unterstützenden Anlagenteils als Basis der Anlagenauslegung.
	<i>Eine exakte Erhebung des Energiebedarfs des Gebäudes ist die wichtigste Voraussetzung für eine angemessene Dimensionierung von solarthermischen Großanlagen. Liegen keine brauchbaren Verbrauchsdaten vor, ist eine Verbrauchsmessung notwendig. Allfällige Effizienzsteigerungen des Wärmeverteilsystems durch dessen Sanierung bzw. Maßnahmen zur Verringerung des Wärmebedarfs seitens der Wärmeabnehmer sind unbedingt zu berücksichtigen.</i>
4.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Integration der notwendigen Messtechnik zur Umsetzung des in D5 beschriebenen Überwachungsstandards in die von ihm erarbeitete Planung der thermischen Solaranlage. Die Beschreibung des Überwachungskonzepts ist zur Nachvollziehbarkeit für den Betreiber in der Anlagendokumentation zu inkludieren (siehe Punkt AD2.8 der Muster-Anlagendokumentation D6).
	<i>Die Überwachung bestimmter Parameter einer thermischen Solaranlage ist zur Sicherstellung des laufenden Betriebs notwendig, jedoch noch nicht Planungsstandard. Aus diesem Grund wurde ein empfohlener Mindeststandard an Überwachungseinrichtungen für drei gängige Standardhydrauliken definiert und in D5 zusammengefasst. Für eine davon abweichende Anlagenhydraulik sind die Grundprinzipien der dargestellten Messanordnungen und Auswertungsroutinen abzuleiten.</i>

5.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich in Zusammenarbeit mit dem Installationsunternehmen und dem Anlagenbetreiber zur Betreuung der in D5 beschriebenen Maßnahmen zur Anlagenoptimierung in den ersten Betriebswochen bis zur technischen Abnahme und zur Dokumentation im vorgegebenen Abnahmeprotokoll D7 .
<i>Vor der endgültigen Abnahme wird empfohlen, die thermische Solaranlage gemeinsam mit der gesamten Wärmeversorgungsanlage einer Optimierung über einen Zeitraum von einigen Wochen zu unterziehen. Diese basiert auf einer Datenaufzeichnung der wichtigsten Systemparameter und einer grafischen Analyse dieser Daten in geeigneten Diagrammen. Die Beteiligung des Planers muss dieser in sein Angebot einkalkulieren.</i>	
6.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Beisteuerung der ihm zugeordneten Dokumente in der vorgegebenen Anlagendokumentation nach dem Muster D6 .
<i>Für die Betriebsführung, Wartung und etwaige Optimierungen von solarthermischen Anlagen ist die vollständige Anlagendokumentation eine wichtige Voraussetzung. Ein signifikanter Teil der empfohlenen Dokumentation ist vom Anlagenplaner bereitzustellen.</i>	
7.	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Bereitstellung von Angaben und Anleitungen in den vorgegebenen Protokollen für Anlagenabnahme, Wartung und Betriebsführung nach den Mustern D7 (Abnahmeprotokoll), D9 (Wartungsprotokoll), und D10 (Kontrollprotokoll Betreiber)
<i>Zu unterzeichnende Protokolle für die Inbetriebnahme und Wartung, sowie Verträge für Wartung und Ertragsgarantien stellen Werkzeuge für die durchgehende Qualitätssicherung von haustechnischen Anlagen in allen Projektphasen dar. Die entsprechenden Muster D7, D9 und D10 sind für die individuell pro Projekt unterschiedlichen Gegebenheiten vom Planer zu spezifizieren.</i>	

D2 Musterausschreibung für thermische Solaranlagen

Betroffene Akteure

Installateur

Hintergrundinformation und Anwendung

Mit Vorgaben in der Anlagenausschreibung wird die Qualitätssicherungskette von der Planungsphase in die Umsetzungsphase und zur Anlagenwartung ausgedehnt. Die Ausschreibung dient im Qualitätssicherungspaket als Kommunikationswerkzeug der Anforderungen des Investors an die ausführenden Gewerke. Erfolgt keine Ausschreibung der Anlage, sind die in der Musterausschreibung enthaltenen Vorgaben nach Möglichkeit bereits in den Vergabevertrag des Installateurs gemeinsam mit den in D1 beschriebenen Anforderungen aufzunehmen.

Die für die Ausschreibung empfohlenen Forderungen beinhalten Ertragsgarantien, eine über das gängige Ausmaß hinausgehende Optimierung der Anlage während der Inbetriebnahmephase und die Einhaltung eines vorgegebenen Mindeststandards für die Anlagendokumentation (siehe D5) sowie die Übernahme einer regelmäßigen Wartung der Solaranlage durch das installierende Unternehmen. In der Musterausschreibung wird dabei auf weitere Musterdokumente verwiesen, in denen diese Sachverhalte ausführlicher behandelt werden.

Der Planer übernimmt je nach Wunsch des Bauherrn die Detailerarbeitung und Integration der nachfolgend exemplarisch dargestellten Ausschreibungselemente wie Ertragsgarantie oder Wartungsvereinbarung. Zudem wird empfohlen, Qualitätskriterien für die angewendeten Komponenten in der Ausschreibung zu definieren. Ein typisches Beispiel stellen Prüfberichte der verwendeten Sonnenkollektoren nach internationalen Normen dar, die in manchen Bundesländern auch Voraussetzung für den Erhalt von Fördergeldern darstellen. Referenzen für Anforderungen aus einschlägigen Normen und Standards sind auf www.solarwaerme.at/profi-center in aktualisierter Form beziehbar.

Letztendlich ist die Ausschreibung Know-how des Planers bzw. der Planungsabteilungen und sollte entsprechend deren vorhandenen Erfahrungen und Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der im Musterdokument gegebenen Empfehlungen umgesetzt werden.

D2

Musterausschreibung für thermische Solaranlagen

Allgemeine Ausschreibungsbestandteile	
	Angebotsbestimmungen, Vertragsbestimmungen, etc. Bankgarantie, Arbeitsgemeinschaftserklärung, allgemeine
Leistungsverzeichnis (Solaranlage)	
1.1	Angebotsbestimmungen
	Allgemeines, ausschreibende Stelle, Termine, Zahlungen, Nachweise etc.
1.2	Beschreibung des Bauvorhabens
	1.2.1 Allgemeine Beschreibung des Bauvorhabens
	1.2.2 Warmwasserbedarf und Heizenergiebedarf des Gebäudes
1.3	Technische Beschreibung der Solaranlage
	1.3.1 Technische Daten und Angaben zur Anlagenauslegung
	1.3.2 Anlagensimulation
	1.3.3 Hydraulikschema
	1.3.4 Regelungs- und Steuerungskonzept
	1.3.5 Messeinrichtungen und Überwachungskonzept
	1.3.6 Spezifikationen, Nachweise und Normen
	1.3.6.1 Allgemein
	Bei der Auswahl der Komponenten und der Ausführung der Anlage sind alle relevanten Normen und Vorschriften nach dem derzeitigen Stand der Technik einzuhalten. Alle anzubietenden Bauteile und Systeme müssen für den Einsatzzweck ausgesprochen geeignet sein. Alle Materialien müssen den auftretenden Anforderungen bei Montage und Betrieb gerecht werden.
	1.3.6.2 Kollektoren
	Die verwendeten Kollektoren müssen einen Prüfbericht über Leistungsfähigkeit nach EN 12975 und einen Prüfbericht über Dauerhaftigkeit nach EN 12975-2 Punkt 5 (Qualitätstest) aufweisen.
	1.3.6.n Wärmeträger, Speicher, Regelung, Messeinrichtungen, etc
	<i>Referenzen für Anforderungen aus einschlägigen Normen und Standards sind auf www.solarwaerme.at/profi-center zusammengefasst.</i>
1.4	Weitere Aufgaben und Pflichten
	1.4.1 Ertragsgarantie
	Der Anbieter erklärt sich zur Übernahme einer Garantie für einen definierten jährlichen Wärmeertrag aus der solarthermischen Anlage bereit (D3/D4).
	1.4.2 Definierte Inbetriebnahmephase
	Die Beteiligung an einer messtechnisch begleiteten Anlagenoptimierung in Zusammenarbeit mit dem Fachplaner während der ersten Betriebswochen ist einzukalkulieren. Der Anbieter verpflichtet sich für die Dokumentation der Durchführung zur Verwendung eines seitens des Auftraggebers bereitgestellten Musterformulars des Abnahmeprotokolls (D7).
	1.4.3 Definierter Dokumentationsstandard
	Der Auftragnehmer verpflichtet sich zur Beisteuerung der ihm zugeordneten Dokumente in der Anlagendokumentation nach dem Muster D6.
	1.4.4 Wartungsvereinbarung
	Der Anbieter verpflichtet sich zum Abschluss einer Wartungsvereinbarung nach dem Muster D8.

D3 Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen im Bereich Geschößwohnbau

Betroffene Akteure

Installateur, Betreiber

Hintergrundinformation und Anwendung

Wie in Kapitel 5.2.8 beschrieben, stellen Ertragsgarantien für Investoren und Bauherrn eine interessante Möglichkeit dar, sich die in Aussicht gestellten Einsparungen garantieren zu lassen und damit eine Verbindlichkeit des Angebots zu erreichen. Ertragsgarantien werden zumeist von dem Installationsbetrieb eingefordert, jedoch teilweise auch bereits von Anlagenbetreibern eingegangen, wenn diese bereits in die Anlagenplanung zum Projektteam stoßen.

Ertragsgarantien können bei solarthermischen Anlagen reichlich komplex ausfallen. Der Zusammenhang zwischen Verbrauch, Energieangebot und Energieertrag ist von Anlage zu Anlage verschieden. Zur Ertragsprognose können grundsätzlich Simulationsprogramme, Erfahrungswerte sowie Ertragsabschätzungen auf Basis einschlägiger Nomogramme, die wiederum auf beispielhaften Simulationsrechnungen basieren, verwendet werden. Je genauer der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung bzw. auch für die Heizung dabei im Vorfeld ermittelt werden kann, desto genauer lassen sich auch die zu erwartenden Erträge prognostizieren.

Vor allem im Sektor des mehrgeschossigen Wohnbaus setzen sich Ertragsgarantien für den solarthermischen Anlagenteil in Österreich immer mehr durch. Bedingt durch den vorhandenen Erfahrungsschatz mit der Auslegung von thermischen Solaranlagen im Geschößwohnbau und die normalerweise für ein Gebiet nicht sonderlich schwankenden Werte für die Sonneneinstrahlung ergibt sich in diesem Segment die Möglichkeit, für gängige hydraulische Schaltungen eine relativ vereinfachte Art der Ertragsvorhersage vorzunehmen. So hat sich als Mindestbetrag des jährlichen spezifischen Solarertrags 350 kWh pro Quadratmeter Kollektorbezugsfläche und Jahr in der Anwendung von solarthermischen Kombisystemen (Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung) durch Wohnbauunternehmen etabliert. Bei der Auslegung der Solaranlage nach dem letzten Stand der Technik sollte dieser Wert bei ordnungsgemäßer Installation überschritten werden.

Durch die Festlegung eines solchen Fixwertes als Garantiewert kann die Komplexität von Ertragsgarantien minimal gehalten werden. Das Musterformular D3 zeigt, wie eine Ertragsgarantie jeweils im Neubau oder in der Sanierung für den Bereich Geschößwohnbau mit einem Fixwert für den Solarertrag aussehen kann. Im angeführten Mustervertrag wird eine Bankgarantie zur Besicherung der allfälligen Ausgleichszahlung empfohlen. Diese Vorgehensweise hat sich in der Praxis bewährt. Für die Berechnungsmethode der Ausgleichszahlung gibt es verschiedene Methoden von denen eine im Mustervertrag beispielhaft dargestellt ist. Weitere Detailerklärungen sind im Mustervertrag in kursiver Schrift dargestellt.

D3

Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen im Bereich Geschößwohnbau (Neubauexemplar)

VERTRAG

zur Regelung der Garantieübernahme für die Erträge aus der thermischen Solaranlage am Objekt

zwischen dem Auftraggeber _____ und dem Auftragnehmer _____.	
1. Allgemeine Organisation	
1.1	Die Parteien stimmen überein, dass es die wesentliche Hauptleistungspflicht des Auftragnehmers ist, dass dieser sich gegenüber dem Eigentümer nach Maßgabe dieses Vertrags durch ein selbstständiges Garantieverprechen dazu verpflichtet, dass aus der von ihm errichteten Solaranlage ein jährlicher Mindestertrag erzielt wird und er hierfür gegenüber dem Eigentümer das volle wirtschaftliche Risiko übernimmt. Die Übernahme des wirtschaftlichen Risikos bedeutet, dass der Auftragnehmer bei Verfehlung der Mindestertragshöhe dem Eigentümer einen Ausgleich nach den Vorschriften dieses Vertrages leistet. Die Rechte der Vertragsparteien aus dem Vertrag zur Planung und Errichtung der Solaranlage bleiben unberührt.
2. Inhalt des selbstständigen Garantieverprechens	
2.1	Der Auftragnehmer verpflichtet sich nach Maßgabe dieses Vertrags gegenüber dem Eigentümer der Solaranlage durch ein selbstständiges Garantieverprechen, die Garantie für die jährlich zu liefernde Mindestwärmemenge von 350 kWh pro Quadratmeter Absorberfläche zu übernehmen.
3. Definition der garantierten Wärmemenge	
3.1	Die Solaranlage ist grundsätzlich nach den Vorgaben des Bauherrn auszulegen. Die garantierte Mindestwärmemenge von 350 kWh pro Quadratmeter Absorberfläche stellt als „Funktionswert“ eine bewährte Untergrenze für den wirtschaftlichen Betrieb von solarthermischen Anlagen dar.
4. Messtechnische Erfassung	
4.1	Garantiewert Für die Ermittlung der durch die thermische Solaranlage bereitgestellten Wärmemenge wird ein Wärmemengenzähler, der die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt, an der in 4.2 dargestellten Position installiert. Die Ablesung des Garantiewerts erfolgt durch den Anlagenbetreiber.
4.2	Messanordnung <i>Beschreibung der Messanordnung für die Messung von Solarertrag und Verbrauch inklusive Schema</i>
5. Zeitlicher Ablauf	
5.1	Optimierungsphase Nach der vollständigen Installation der thermischen Solaranlage und der in Punkt 4.2 beschriebenen Messtechnik beginnt die Optimierungsphase, in der die Funktion der Solaranlage überprüft und optimiert wird. Die Vertragspartner vereinbaren einen zeitlichen Rahmen der Optimierungsphase von _____ Wochen.
5.2	Bestätigungsphase Die einjährige Garantiephase beginnt nach Abschluss der Optimierungsphase. Zu Beginn der Bestätigungsphase werden die Zählerstände der Wärmemengenzähler vom Anlagenbetreiber abgelesen und dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt. Änderungen an der Solaranlage oder dem hydraulisch damit zusammenhängenden Wärmeabgabesystem bedürfen einer beidseitigen Abstimmung und müssen schriftlich bestätigt werden.
5.3	Überprüfung des Garantiewerts Die Überprüfung des Mindestertrags erfolgt nach Ablauf der Bestätigungsphase durch ein Ablesen der Zählerstände der Wärmemengenzähler durch den Anlagenbetreiber. Die abgelesenen Werte werden dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.

5.4 Möglichkeiten zur Nachbesserung und Wiederholung der Bestätigungsphase
 Ergibt die Überprüfung des Mindestertrags einen geringeren als den in Punkt 3 festgelegten Mindestertrag, so hat der Garantiegeber auf eigene Kosten die Möglichkeit, die Solaranlage derart nachzubessern, dass der festgelegte Mindestertrag in Zukunft erzielt wird. Die Vertragspartner können ein weiteres Bestätigungs-jahr vereinbaren. Die zweite Überprüfung hat rechtzeitig zu beginnen, dass sie vor Ablauf der Gewährleistungsfrist endet.

6. Eintritt des Garantiefalls

6.1 Wird der Garantiewert in der Bestätigungsphase nicht erreicht, tritt der Garantiefall ein. Der vom Auftragnehmer an den Auftraggeber zu überweisende Ausgleich wird wie folgt berechnet:

R	Ausgleichszahlungsbetrag pro m ² Kollektorfläche
A	Lebensdauer der Solaranlage*
K	Durchschnittskosten der Nachheizenergie innerhalb der Gewährleistungsfrist (€/kWh)
EM	gemessene solare Wärmemenge
EG	Garantiewert

$R = A \cdot K \cdot (EM - EG)$

** Als anzusetzender Wert für die Lebensdauer in der Berechnung der Ausgleichszahlung werden 15 Jahre empfohlen.*

7. Besonderer Haftrücklass

7.1 Zur Sicherstellung der allfälligen Ausgleichszahlung wird die Ausstellung einer Bankgarantie in der Höhe von 20 % der Höhe der Investitionskosten vereinbart. Diese dient ausschließlich zur Sicherung des vom Auftragnehmer angegebenen Mindestertrags. Wird der garantierte Wert während der vereinbarten Bestätigungsphase nicht erreicht, kann der nach der in 6.1 beschriebenen Methode berechnete Fehlbetrag vom Auftraggeber eingefordert werden. Die Laufzeit beläuft sich auf die Dauer des Gewährleistungszeitraumes.

8. Nebenabsprachen

8.1 Mündliche Nebenabsprachen gelten als nicht getroffen. Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages bedürfen der Schriftform.

	Firmenstempel und Unterschrift
Auftragnehmer	
_____, am _____	
Auftraggeber	
_____, am _____	

D3
Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen im Bereich Geschößwohnbau
(Sanierungsexemplar)

VERTRAG

zur Regelung der Garantieübernahme für die Erträge aus der thermischen Solaranlage am Objekt _____.

zwischen dem Auftraggeber _____ und dem Auftragnehmer _____.	
1. Allgemeine Organisation	
1.1	Die Parteien stimmen überein, dass es die wesentliche Hauptleistungspflicht des Auftragnehmers ist, dass dieser sich gegenüber dem Eigentümer nach Maßgabe dieses Vertrags durch ein selbstständiges Garantieverprechen dazu verpflichtet, dass aus der von ihm errichteten Solaranlage ein jährlicher Mindestertrag erzielt wird und er hierfür gegenüber dem Eigentümer das volle wirtschaftliche Risiko übernimmt. Die Übernahme des wirtschaftlichen Risikos bedeutet, dass der Auftragnehmer bei Verfehlung der Mindestertragshöhe dem Eigentümer einen Ausgleich nach den Vorschriften dieses Vertrages leistet. Die Rechte der Vertragsparteien aus dem Vertrag zur Planung und Errichtung der Solaranlage bleiben unberührt.
2. Inhalt des selbstständigen Garantieverprechens	
2.1	Der Auftragnehmer verpflichtet sich nach Maßgabe dieses Vertrags gegenüber dem Eigentümer der Solaranlage durch ein selbstständiges Garantieverprechen, die Garantie für die jährlich zu liefernde Mindestwärmemenge von 350 kWh pro Quadratmeter Absorberfläche zu übernehmen.
3. Definition der garantierten Wärmemenge	
3.1	Die Solaranlage ist grundsätzlich nach den Vorgaben des Bauherrn auszulegen. Die garantierte Mindestwärmemenge von 350 kWh pro Quadratmeter Absorberfläche stellt als „Funktionswert“ eine bewährte Untergrenze für den wirtschaftlichen Betrieb von solarthermischen Anlagen dar.
4. Messtechnische Erfassung	
4.1	Garantiewert Für die Ermittlung der durch die thermische Solaranlage bereitgestellten Wärmemenge wird ein Wärmemengenzähler, der die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt, an der in 4.2 dargestellten Position installiert. Die Ablesung des Garantiewerts erfolgt durch den Anlagenbetreiber.
4.2	Messanordnung <i>Beschreibung der Messanordnung für die Messung von Solarertrag und Verbrauch inklusive Schema</i>
5. Zeitlicher Ablauf	
5.1	Optimierungsphase Nach der vollständigen Installation der thermischen Solaranlage und der in Punkt 4.1 und 4.2 beschriebenen Messtechnik beginnt die Optimierungsphase, in der die Funktion der Solaranlage überprüft und optimiert wird. Die Vertragspartner vereinbaren einen zeitlichen Rahmen der Optimierungsphase von _____ Wochen.
5.2	Bestätigungsphase Die einjährige Garantiephase beginnt nach Abschluss der Optimierungsphase. Zu Beginn der Bestätigungsphase werden die Zählerstände der Wärmemengenzähler vom Anlagenbetreiber abgelesen und dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt. Änderungen an der Solaranlage oder dem hydraulisch damit zusammenhängenden Wärmeabgabesystem bedürfen einer beidseitigen Abstimmung und müssen schriftlich bestätigt werden.
5.3	Überprüfung des Garantiewerts Die Überprüfung des Mindestertrags erfolgt nach Ablauf der Bestätigungsphase durch ein Ablesen der Zählerstände der Wärmemengenzähler durch den Anlagenbetreiber. Die abgelesenen Werte werden dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.

5.4	<p>Möglichkeiten zur Nachbesserung und Wiederholung der Bestätigungsphase</p> <p>Ergibt die Überprüfung des Mindestertrags einen geringeren als den in Punkt 3 festgelegten Mindestertrag, so hat der Garantiegeber auf eigene Kosten die Möglichkeit, die Solaranlage derart nachzubessern, dass der festgelegte Mindestertrag in Zukunft erzielt wird. Die Vertragspartner können ein weiteres Bestätigungsjahr vereinbaren. Die zweite Überprüfung hat rechtzeitig zu beginnen, dass sie vor Ablauf der Gewährleistungsfrist endet.</p>
<p>6. Eintritt des Garantiefalls</p>	
6.1	<p>Wird der Garantiewert in der Bestätigungsphase nicht erreicht, tritt der Garantiefall ein. Der vom Auftragnehmer an den Auftraggeber zu überweisende Ausgleich wird wie folgt berechnet:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> $R = A \cdot K \cdot (EM - EG)$ </div> <div style="text-align: left;"> <p>R Ausgleichzahlungsbetrag pro m² Kollektorfläche</p> <p>A Lebensdauer der Solaranlage*</p> <p>K Durchschnittskosten der Nachheizenergie innerhalb der Gewährleistungsfrist (€/kWh)</p> <p>EM gemessene solare Wärmemenge</p> <p>EG Garantiewert</p> </div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"><i>* Als anzusetzender Wert für die Lebensdauer in der Berechnung der Ausgleichzahlung werden 15 Jahre empfohlen.</i></p>
<p>7. Besonderer Haftrücklass</p>	
7.1	<p>Zur Sicherstellung der allfälligen Ausgleichzahlung wird die Ausstellung einer Bankgarantie in der Höhe von 20 % der Höhe der Investitionskosten vereinbart. Diese dient ausschließlich zur Sicherung des vom Auftragnehmer angegebenen Mindestertrags. Wird der garantierte Wert während der vereinbarten Bestätigungsphase nicht erreicht, kann der nach der in 6.1 beschriebenen Methode berechnete Fehlbetrag vom Auftraggeber eingefordert werden. Die Laufzeit beläuft sich auf die Dauer des Gewährleistungszeitraumes.</p>
<p>8. Nebenabsprachen</p>	
8.1	<p>Mündliche Nebenabsprachen gelten als nicht getroffen. Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages bedürfen der Schriftform.</p>
<p>Firmenstempel und Unterschrift</p>	
<p>Auftragnehmer</p> <p>_____, am _____</p>	
<p>Auftraggeber</p> <p>_____, am _____</p>	

D4 Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen außerhalb des Bereiches Geschoßwohnbau

Betroffene Akteure

Installateur, Betreiber

Hintergrundinformation und Anwendung

Ertragsgarantien, die nicht wie im Musterdokument D3 auf der Garantie von bewährten Fixwerten („Funktionswert“ von 350 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr etwa im Geschoßwohnbau), sondern auf individuell berechneten Ertragswerten der Anlage beruhen, sind komplexer in der Umsetzung. Auf der anderen Seite bieten sie die Möglichkeit, auch über den Funktionswert hinausgehende Ertragsversprechungen von Anbietern vertraglich abzusichern.

Das beispielhafte Modell, das im Musterdokument D4 dargestellt ist, berücksichtigt die Tatsache, dass solare Einsparungen von der durch den Installateur nicht beeinflussbaren Wärmeabnahme abhängig sind. Anders als in Wohngebäuden sind etwa in Tourismusbetrieben oder im Gewerbe sehr unterschiedliche Lastprofile und damit signifikante Fehlabschätzungen der Wärmeabnahme möglich. Wird die Anlage auf einen zu hohen Sommerverbrauch ausgelegt besteht die Gefahr, dass in der ertragsstärksten Sommerzeit viel mehr Wärme durch die Sonnenkollektoren bereitgestellt werden könnte als von den Verbrauchern abgenommen wird. Die Anlageneffizienz und deren Wirtschaftlichkeit sinken, die geforderten spezifischen Solarerträge werden unterschritten.

Für die dargestellte Ertragsgarantie im Musterdokument D4 bedeutet dies, dass wenn die Wärmeabnahme in den einstrahlungsreichen Sommermonaten um einen vom Garantiegeber definierten Prozentsatz niedriger als im Vertrag definiert ist, dieser von der Garantiepflicht befreit ist. Der Prozentsatz ist vom Auftragnehmer etwa durch Simulationsrechnungen zu definieren und durch den Auftraggeber bzw. den ihn in fachlichen Fragen vertretenden Fachplaner zu bestätigen. Die Beschränkung des Zeitraums auf April bis September, in dem die Abnahme gegeben sein muss basiert darauf, dass in diesen Monaten die meiste Solarenergie zur Verfügung steht und die Solarwärme dann hauptsächlich zur Warmwasserbereitung verwendet wird. Der Ansatz ist damit sowohl für Systeme zur reinen Warmwasserbereitung, als auch zur Raumheizungsunterstützung anwendbar. Das gewählte Modell macht klar, dass eine möglichst genaue Bereitstellung bzw. Kontrolle des angenommenen Wärmebedarfs durch den Bauherrn bzw. den unterstützenden Fachplaner von entscheidender Bedeutung ist.

Für individuelle Ertragsprognosen für solarthermische Großanlagen werden spezielle Simulationsprogramme verwendet. Das nötige Know-how zur Erstellung dieser Simulationsrechnungen bieten Solarfirmen (Komponentenlieferanten) ihren Planungs- bzw. Installationspartnern als Serviceleistung.

Im angeführten Mustervertrag wird eine Bankgarantie zur Besicherung der allfälligen Ausgleichszahlung empfohlen. Diese Vorgehensweise hat sich in der Praxis bewährt. Für die Berechnungsmethode der Ausgleichszahlung gibt es verschiedene Methoden von denen eine im Mustervertrag beispielhaft dargestellt ist. Weitere Detailerklärungen sind im Mustervertrag in kursiver Schrift dargestellt.

Für die Detailerarbeitung der Ertragsgarantie sollte sich der Fachplaner verantwortlich zeigen. Für unerfahrene Anwender wird empfohlen, Ertragsgarantieverträge vor der Unterzeichnung durch unabhängige Experten überprüfen zu lassen.

D4

Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen außerhalb des Bereiches Geschoßwohnbau (Neubauexemplar)

VERTRAG

zur Regelung der Garantieübernahme für die Erträge aus der thermischen Solaranlage am Objekt

zwischen dem Auftraggeber _____ und dem
Auftragnehmer _____.

1. Allgemeine Organisation

- 1.1 Die Parteien stimmen überein, dass es die wesentliche Hauptleistungspflicht des Auftragnehmers ist, dass dieser sich gegenüber dem Eigentümer nach Maßgabe dieses Vertrags durch ein selbstständiges Garantieverprechen dazu verpflichtet, dass aus der von ihm errichteten Solaranlage ein jährlicher Mindestertrag erzielt wird und er hierfür gegenüber dem Eigentümer das volle wirtschaftliche Risiko übernimmt. Die Übernahme des wirtschaftlichen Risikos bedeutet, dass der Auftragnehmer bei Verfehlung der Mindestertragshöhe dem Eigentümer einen Ausgleich nach den Vorschriften dieses Vertrages leistet. Die Rechte der Vertragsparteien aus dem Vertrag zur Planung und Errichtung der Solaranlage bleiben unberührt.

2. Inhalt des selbstständigen Garantieverprechens

- 2.1 Der Auftragnehmer verpflichtet sich nach Maßgabe dieses Vertrags gegenüber dem Eigentümer der Solaranlage durch ein selbstständiges Garantieverprechen, die Garantie für die jährlich zu liefernde Mindestwärmemenge von _____ kWh pro Quadratmeter Absorberfläche zu übernehmen.
- 2.2 Das selbstständige Garantieverprechen wird bis zu einer Unterschreitung von _____ Prozent der der Planung zugrunde liegenden – vertraglich in 3.2 festgelegten – Wärmeabnahme während der Monate April bis September übernommen. Ab einer Unterschreitung von _____ Prozent der festgelegten Abnahme in den Monaten April bis September wird keine Garantie durch den Auftragnehmer übernommen.

3. Definition der garantierten Wärmemenge

- 3.1 Die Mindestertragshöhe wird unter den in den Punkten 3.2 bis 3.3 ausgeführten Bedingungen mit einem geeigneten Simulationsprogramm ermittelt und als garantierter Mindestertrag festgelegt. Die Grundlage für die Berechnung des Garantiewertes sind das vertraglich in Punkt 3.2 festgelegte Abnahmeprofil des Gebäudes (Warmwasserbedarf und Heizenergiebedarf) sowie die Standardwetterdaten des Simulationsprogramms für den jeweiligen Standort. Zur Berücksichtigung von möglichen klimatischen Abweichungen vom Wetterdatensatz der Simulation sowie geringfügigen Unschärfen in der Abbildung der Anlage in der Simulation wurde der simulierte Solarertrag für die Fixierung der Mindestertragshöhe um _____ Prozent* reduziert.

* Dieser Wert sollte 10 Prozent nicht überschreiten. Mit 10 % Reduktion sind klimatische und simulationstechnische Unsicherheiten ausreichend abgedeckt.

<p>3.2</p>	<p>Wärmebedarf</p> <p>Der Wärmebedarf und das Abnahmeprofil wurden durch den Auftragnehmer abgeschätzt und vom Auftraggeber bestätigt. Der Bezugspunkt für die Aufnahme der Wärmemenge ist in 3.3 dargestellt. Das Abnahmeprofil der mit der Solaranlage versorgten Verbraucher stellt sich während der Monate _____ bis _____ wie folgt dar:</p> <table border="1" data-bbox="624 450 1045 815"> <thead> <tr> <th></th> <th>Abnahme [kWh]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>April</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mai</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Juni</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Juli</td> <td></td> </tr> <tr> <td>August</td> <td></td> </tr> <tr> <td>September</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Daraus ergibt sich im angeführten Zeitraum eine gesamte Wärmeabnahme der mit der Solaranlage versorgten Verbraucher von _____ kWh. Dieser Wert stellt die Grundlage für die in Punkt 2.2 aufgeführten Kriterien für die Last dar.</p>		Abnahme [kWh]	April		Mai		Juni		Juli		August		September		Gesamt	
	Abnahme [kWh]																
April																	
Mai																	
Juni																	
Juli																	
August																	
September																	
Gesamt																	
<p>3.3</p>	<p>Bezugspunkt für Aufnahme der Wärmeabnahme</p> <p><i>Schema mit Darstellung des Bezugspunktes zur Aufnahme der Wärmeabnahme</i></p>																
<p>3.4</p>	<p>Für die Berechnung wurde der im Simulationsprogramm _____ (inkl. Version) vorhandene Wetterdatensatz für den Standort _____ herangezogen.</p>																
<p>4. Messtechnische Erfassung</p>																	
<p>4.1</p>	<p>Garantiewert</p> <p>Für die Ermittlung der durch die thermische Solaranlage bereitgestellten Wärmemenge wird ein Wärmemengenzähler, der die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt, an der in 4.3 dargestellten Position installiert. Die Ablesung des Garantiewerts erfolgt durch den Anlagenbetreiber.</p>																
<p>4.2</p>	<p>Verbrauchsprofil</p> <p>Für die Ermittlung der auftretenden Last während der Garantiephase wird ein Wärmemengenzähler bzw. werden Wärmemengenzähler, der/die die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt/unterstützen, an der/den in 4.3 dargestellten Position(en) installiert. Die Ablesung der Verbrauchswerte erfolgt durch den Anlagenbetreiber.</p>																
<p>4.3</p>	<p>Messanordnung</p> <p><i>Beschreibung der Messanordnung für die Messung von Solarertrag und Verbrauch inklusive Schema</i></p>																
<p>5. Zeitlicher Ablauf</p>																	
<p>5.1</p>	<p>Optimierungsphase</p> <p>Nach der vollständigen Installation der thermischen Solaranlage und der in Punkt 4.1 und 4.2 beschriebenen Messtechnik beginnt die Optimierungsphase, in der die Funktion der Solaranlage überprüft und optimiert wird. Die Vertragspartner vereinbaren einen zeitlichen Rahmen der Optimierungsphase von _____ Wochen.</p>																

5.2	<p>Bestätigungsphase</p> <p>Die einjährige Garantiephase beginnt nach Abschluss der Optimierungsphase. Zu Beginn der Bestätigungsphase werden die Zählerstände der Wärmemengenzähler vom Anlagenbetreiber abgelesen und dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.</p> <p>Änderungen an der Solaranlage oder dem hydraulisch damit zusammenhängenden Wärmeabgabesystem bedürfen einer beidseitigen Abstimmung und müssen schriftlich bestätigt werden.</p>										
5.3	<p>Überprüfung des Garantiewerts</p> <p>Die Überprüfung des Mindestertrags erfolgt nach Ablauf der Bestätigungsphase durch ein Ablesen der Zählerstände der Wärmemengenzähler durch den Anlagenbetreiber. Die abgelesenen Werte werden dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.</p>										
5.4	<p>Möglichkeiten zur Nachbesserung und Wiederholung der Bestätigungsphase</p> <p>Ergibt die Überprüfung des Mindestertrags einen geringeren als den in Punkt 2 festgelegten Mindestertrag, so hat der Garantiegeber auf eigene Kosten die Möglichkeit, die Solaranlage derart nachzubessern, dass der festgelegte Mindestertrag in Zukunft erzielt wird. Die Vertragspartner können ein weiteres Bestätigungsjahr vereinbaren. Die zweite Überprüfung hat rechtzeitig zu beginnen, dass sie vor Ablauf der Gewährleistungsfrist endet.</p>										
<p>6. Eintritt des Garantiefalls</p>											
6.1	<p>Wird der Garantiewert in der Bestätigungsphase nicht erreicht, tritt der Garantiefall ein. Der vom Auftragnehmer an den Auftraggeber zu überweisende Ausgleich wird wie folgt berechnet:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> $R = A \cdot K \cdot (EM - EG)$ </div> <div style="text-align: left;"> <p>R Ausgleichzahlungsbetrag pro m² Kollektorfläche</p> <p>A Lebensdauer der Solaranlage*</p> <p>K Durchschnittskosten der Nachheizenergie innerhalb der Gewährleistungsfrist (€/kWh)</p> <p>EM gemessene solare Wärmemenge</p> <p>EG Garantiewert</p> </div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;"><i>* Als anzusetzender Wert für die Lebensdauer in der Berechnung der Ausgleichzahlung werden 15 Jahre empfohlen.</i></p>										
<p>7. Besonderer Haftrücklass</p>											
7.1	<p>Zur Sicherstellung der allfälligen Ausgleichszahlung wird die Ausstellung einer Bankgarantie in der Höhe von 20 % der Höhe der Investitionskosten vereinbart. Diese dient ausschließlich zur Sicherung des vom Auftragnehmer angegebenen Mindestertrags. Wird der garantierte Wert während der vereinbarten Bestätigungsphase nicht erreicht, kann der nach der in 6.1 beschriebenen Methode berechnete Fehlbetrag vom Auftraggeber eingefordert werden. Die Laufzeit beläuft sich auf die Dauer des Gewährleistungszeitraumes.</p>										
<p>8. Nebenabsprachen</p>											
8.1	<p>Mündliche Nebenabsprachen gelten als nicht getroffen. Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages bedürfen der Schriftform.</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="text-align: right; padding-right: 10px;">Firmenstempel und Unterschrift</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Auftragnehmer</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">_____, am _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Auftraggeber</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">_____, am _____</td> <td></td> </tr> </table>			Firmenstempel und Unterschrift	Auftragnehmer		_____, am _____		Auftraggeber		_____, am _____	
	Firmenstempel und Unterschrift										
Auftragnehmer											
_____, am _____											
Auftraggeber											
_____, am _____											

D4

Mustervertrag für Ertragsgarantien für Anwendungen außerhalb des Bereiches Geschoßwohnbau (Sanierungsexemplar)

VERTRAG

zur Regelung der Garantieübernahme für die Erträge aus der thermischen Solaranlage am Objekt

zwischen dem Auftraggeber _____ und dem
Auftragnehmer _____.

1. Allgemeine Organisation

- 1.1 Die Parteien stimmen überein, dass es die wesentliche Hauptleistungspflicht des Auftragnehmers ist, dass dieser sich gegenüber dem Eigentümer nach Maßgabe dieses Vertrags durch ein selbstständiges Garantieverprechen dazu verpflichtet, dass aus der von ihm errichteten Solaranlage ein jährlicher Mindestertrag erzielt wird und er hierfür gegenüber dem Eigentümer das volle wirtschaftliche Risiko übernimmt. Die Übernahme des wirtschaftlichen Risikos bedeutet, dass der Auftragnehmer bei Verfehlung der Mindestertragshöhe dem Eigentümer einen Ausgleich nach den Vorschriften dieses Vertrages leistet. Die Rechte der Vertragsparteien aus dem Vertrag zur Planung und Errichtung der Solaranlage bleiben unberührt.

2. Inhalt des selbstständigen Garantieverprechens

- 2.1 Der Auftragnehmer verpflichtet sich nach Maßgabe dieses Vertrags gegenüber dem Eigentümer der Solaranlage durch ein selbstständiges Garantieverprechen, die Garantie für die jährlich zu liefernde Mindestwärmemenge von _____ kWh pro Quadratmeter Absorberfläche zu übernehmen.
- 2.2 Das selbstständige Garantieverprechen wird bis zu einer Unterschreitung von _____ Prozent der der Planung zugrunde liegenden – vertraglich in 3.2 festgelegten – Wärmeabnahme während der Monate April bis September übernommen. Ab einer Unterschreitung von _____ Prozent der festgelegten Abnahme in den Monaten April bis September wird keine Garantie durch den Auftragnehmer übernommen.

3. Definition der garantierten Wärmemenge

- 3.1 Die Mindestertragshöhe wird unter den in den Punkten 3.2 bis 3.3 ausgeführten Bedingungen mit einem geeigneten Simulationsprogramm ermittelt und als garantierter Mindestertrag festgelegt. Die Grundlage für die Berechnung des Garantiewertes sind das vertraglich in Punkt 3.2 festgelegte Abnahmeprofil des Gebäudes (Warmwasserbedarf und Heizenergiebedarf) sowie die Standardwetterdaten des Simulationsprogramms für den jeweiligen Standort. Zur Berücksichtigung von möglichen klimatischen Abweichungen vom Wetterdatensatz der Simulation sowie geringfügigen Unschärfen in der Abbildung der Anlage in der Simulation wurde der simulierte Solarertrag für die Fixierung der Mindestertragshöhe um _____ Prozent reduziert.

** Dieser Wert sollte 10 Prozent nicht überschreiten. Mit 10 % Reduktion sind klimatische und simulationstechnische Unsicherheiten ausreichend abgedeckt.*

3.2	<p>Wärmebedarf</p> <p>Der Wärmebedarf und das Abnahmeprofil werden auf Basis einer Messung bzw. einer detaillierten Abschätzung für das Ausmaß nach allfälligen Effizienzsteigerungen des Wärmeverteilsystems durch dessen Sanierung bzw. Maßnahmen zur Verringerung des Wärmebedarfs vorgegeben. Der Bezugspunkt für die Aufnahme der Wärmemenge ist in 3.3 dargestellt. Der Wärmebedarf der mit der Solaranlage versorgten Verbraucher stellt sich während der Monate _____ bis _____ des Jahres _____ wie folgt dar:</p> <table border="1" data-bbox="624 506 1045 871"> <thead> <tr> <th></th> <th>Abnahme [kWh]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>April</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mai</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Juni</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Juli</td> <td></td> </tr> <tr> <td>August</td> <td></td> </tr> <tr> <td>September</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Daraus ergibt sich im angeführten Zeitraum eine gesamte Wärmeabnahme der mit der Solaranlage versorgten Verbraucher von _____ kWh. Dieser Wert stellt die Grundlage für die in Punkt 2.2 aufgeführten Kriterien für die Last dar.</p>		Abnahme [kWh]	April		Mai		Juni		Juli		August		September		Gesamt	
	Abnahme [kWh]																
April																	
Mai																	
Juni																	
Juli																	
August																	
September																	
Gesamt																	
3.3	<p>Messanordnung <i>Beschreibung der Messanordnung zur Messung des Wärmebedarfs inklusive Schema</i></p>																
3.4	<p>Für die Berechnung wurde der im Simulationsprogramm _____ (inkl. Version) vorhandene Wetterdatensatz für den Standort _____ herangezogen.</p>																
<p>4. Messtechnische Erfassung</p>																	
4.1	<p>Garantiewert Für die Ermittlung der durch die thermische Solaranlage bereitgestellten Wärmemenge wird ein Wärmemengenzähler, der die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt, an der in 4.3 dargestellten Position installiert. Die Ablesung des Garantiewerts erfolgt durch den Anlagenbetreiber.</p>																
4.2	<p>Verbrauchsprofil Für die Ermittlung der auftretenden Last während der Garantiephase wird ein Wärmemengenzähler bzw. werden Wärmemengenzähler, der/die die Speicherung von mindestens 12 Monatssummen unterstützt/unterstützen, an der/den in 4.3 dargestellten Position(en) installiert. Die Ablesung der Verbrauchswerte erfolgt durch den Anlagenbetreiber.</p>																
4.3	<p>Messanordnung <i>Beschreibung der Messanordnung für die Messung von Solarertrag und Verbrauch inklusive Schema</i></p>																
<p>5. Zeitlicher Ablauf</p>																	
5.1	<p>Optimierungsphase Nach der vollständigen Installation der thermischen Solaranlage und der in Punkt 4.1 und 4.2 beschriebenen Messtechnik beginnt die Optimierungsphase, in der die Funktion der Solaranlage überprüft und optimiert wird. Die Vertragspartner vereinbaren einen zeitlichen Rahmen der Optimierungsphase von _____ Wochen.</p>																

5.2	<p>Bestätigungsphase</p> <p>Die einjährige Garantiephase beginnt nach Abschluss der Optimierungsphase. Zu Beginn der Bestätigungsphase werden die Zählerstände der Wärmemengenzähler vom Anlagenbetreiber abgelesen und dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.</p> <p>Änderungen an der Solaranlage oder dem hydraulisch damit zusammenhängenden Wärmeabgabesystem bedürfen einer beidseitigen Abstimmung und müssen schriftlich bestätigt werden.</p>										
5.3	<p>Überprüfung des Garantiewerts</p> <p>Die Überprüfung des Mindestertrags erfolgt nach Ablauf der Bestätigungsphase durch ein Ablesen der Zählerstände der Wärmemengenzähler durch den Anlagenbetreiber. Die abgelesenen Werte werden dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt.</p>										
5.4	<p>Möglichkeiten zur Nachbesserung und Wiederholung der Bestätigungsphase</p> <p>Ergibt die Überprüfung des Mindestertrags einen geringeren als den in Punkt 2 festgelegten Mindestertrag, so hat der Garantiegeber auf eigene Kosten die Möglichkeit, die Solaranlage derart nachzubessern, dass der festgelegte Mindestertrag in Zukunft erzielt wird. Die Vertragspartner können ein weiteres Bestätigungsjahr vereinbaren. Die zweite Überprüfung hat rechtzeitig zu beginnen, dass sie vor Ablauf der Gewährleistungsfrist endet.</p>										
<p>6. Eintritt des Garantiefalls</p>											
6.1	<p>Wird der Garantiewert in der Bestätigungsphase nicht erreicht, tritt der Garantiefall ein. Der vom Auftragnehmer an den Auftraggeber zu überweisende Ausgleich wird wie folgt berechnet:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> $R = A \cdot K \cdot (EM - EG)$ </div> <div style="text-align: left;"> <p>R Ausgleichzahlungsbetrag pro m² Kollektorfläche</p> <p>A Lebensdauer der Solaranlage*</p> <p>K Durchschnittskosten der Nachheizenergie innerhalb der Gewährleistungsfrist (€/kWh)</p> <p>EM gemessene solare Wärmemenge</p> <p>EG Garantiewert</p> </div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;"><i>* Als anzusetzender Wert für die Lebensdauer in der Berechnung der Ausgleichzahlung werden 15 Jahre empfohlen.</i></p>										
<p>7. Besonderer Haftrücklass</p>											
7.1	<p>Zur Sicherstellung der allfälligen Ausgleichszahlung wird die Ausstellung einer Bankgarantie in der Höhe von 20 % der Höhe der Investitionskosten vereinbart. Diese dient ausschließlich zur Sicherung des vom Auftragnehmer angegebenen Mindestertrags. Wird der garantierte Wert während der vereinbarten Bestätigungsphase nicht erreicht, kann der nach der in 6.1 beschriebenen Methode berechnete Fehlbetrag vom Auftraggeber eingefordert werden. Die Laufzeit beläuft sich auf die Dauer des Gewährleistungszeitraumes.</p>										
<p>8. Nebenabsprachen</p>											
8.1	<p>Mündliche Nebenabsprachen gelten als nicht getroffen. Änderungen oder Ergänzungen des Vertrages bedürfen der Schriftform.</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="text-align: right; padding-right: 10px;">Firmenstempel und Unterschrift</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Auftragnehmer</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">_____, am _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Auftraggeber</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">_____, am _____</td> <td></td> </tr> </table>			Firmenstempel und Unterschrift	Auftragnehmer		_____, am _____		Auftraggeber		_____, am _____	
	Firmenstempel und Unterschrift										
Auftragnehmer											
_____, am _____											
Auftraggeber											
_____, am _____											

D5 Mindeststandard Kontrolleinrichtungen Optimierungsphase und Betriebsüberwachung

Betreffende Akteure

Fachplaner, Installateur, Betreiber

Hintergrundinformation und Anwendung

Unglücklicherweise wurden und werden solarthermische Anlagen zum Teil ohne Gerätschaften, die Ausfälle detektieren und eine Aufzeichnung der eingesparten Energie unterstützen, umgesetzt. Besonders bei solarthermischen Großanlagen, in denen auch Komplettausfälle bedingt durch die gegebene Nachheizung nicht zwingend durch Komforteinbussen in der Wärmeabgabe bemerkt werden, ist eine Überwachung des Anlagenbetriebes absolut notwendig.

In Anbetracht der drohenden Ertragseinbußen sollte dem Investor klar sein, dass es sinnvoll ist, für die Anlagenüberwachung auch etwas Geld in die Hand zu nehmen. Ein Ziel des vorgeschlagenen Standards ist es, dass Überwachungseinrichtungen einen standardmäßigen Eingang in die Planung von solarthermischen Großanlagen finden und nicht weiter wie gegenwärtig bedingt durch die Preiskonkurrenz gerade bei der Anlagenüberwachung Abstriche in Kauf genommen werden.

Bei der Darstellung der empfohlenen Anlagenüberwachung wird zwischen Anlagenoptimierungsphase, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung unterschieden. In der Optimierungsphase in den ersten Betriebswochen wird die Solaranlage parallel zur Heizungsanlage eingeregelt, die laufende Funktionskontrolle stellt das schnelle Erkennen von Anlagendefekten sicher und die Ertragsbewertung ermöglicht die langfristige Bewertung der erzielten Anlagenerträge im Vergleich mit den Planungszielen. Die erforderlichen Sensoren und Auswertungsroutinen sind im empfohlenen Standard als abgestimmtes Gesamtpaket definiert, das unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik zusammengestellt wurde. Es wird bewusst ein relativ hoher Qualitätsstandard der messtechnischen Überwachung als „Mindeststandard“ angesetzt. Dieser wird von den Autoren als für Großanlagen angemessen erachtet und soll zumindest eine Diskussionsgrundlage mit dem Anlagenplaner darstellen. Einige innovative, automatisierte Alternativen zur dargestellten Funktionskontrolle und Ertragsbewertung befinden sich momentan vor der Markteinführung. Als Vorteil des in D5 dargestellten Standards kann die universelle Anwendbarkeit mit bereits jetzt marktgängigen Komponenten und die umfassende Abdeckung von Anlagenoptimierung, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung gesehen werden.

Das Musterdokument D5 mit Mindestempfehlungen für die messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen stellt die Schnittstelle zum zweiten großen Schwerpunkt des vorliegenden Projektes dar, in dem diese Empfehlungen detailliert behandelt wurden (siehe dazu auch Kapitel 6). Nachdem bisher keine Standards in diese Richtung verfügbar bzw. etabliert waren, wurden Empfehlungen für messtechnische Anordnungen anhand von drei typischen österreichischen Hydrauliken, wie sie in Geschoßwohnbauten und im Hotel- und Gastgewerbe angewendet werden, dargestellt. Das Musterdokument D5 stellt kompakt die vom Investor an Fachplaner, Installateur und Betreiber weiterzugebenden Anforderungen zusammen, auf die auch aus diversen anderen Musterdokumenten verwiesen wird. Die Basis für die Umsetzung der beschriebenen Messtechnik sowie die Betreuung der beschriebenen Auswertungsroutinen in der Anlagenoptimierungsphase stellen die Erklärungen von Planer und Installateuren in ihren Pflichtenheften dar (siehe dazu auch Musterdokument D1).

Eine ausführlichere Beschreibung zur Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen durch Fachplaner und Installateure ist in aktualisierter Version unter www.solarwaerme.at/Profi-Center/Downloadcenter von den Planungspartnern zu beziehen.

D5

Mindeststandard Kontrolleinrichtungen Optimierungsphase und Betriebsüberwachung

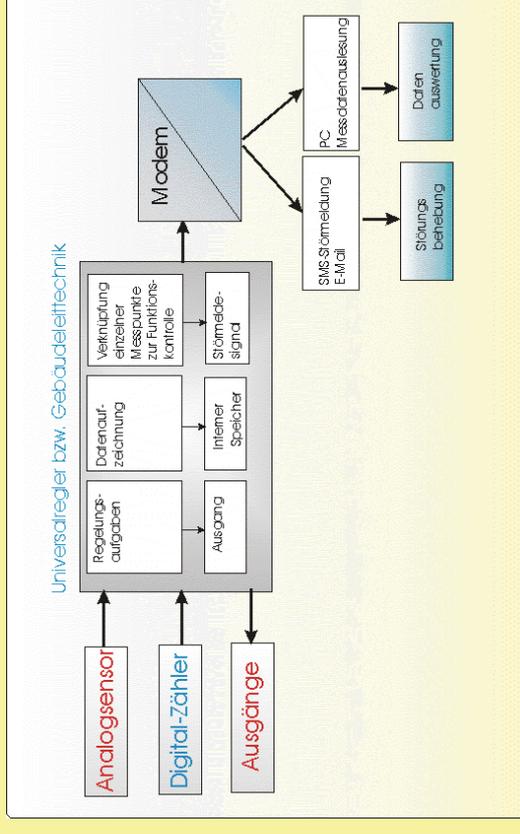
Anwendung

Die **Optimierungsphase** der thermischen Solaranlage wird parallel zu jener des konventionellen Heizsystems in der Inbetriebnahmephase durchgeführt. Dabei werden die wichtigsten Systemparameter durch eine Datenaufzeichnung mit Loggern und anschließender Auswertung in Diagrammen gemeinsam vom Anlagenplaner, Installationsunternehmen und Betreiber analysiert. Ihren Abschluss stellen die Abnahme einer optimal eingeregelt Anlage und die vollständige Dokumentation der Reglereinstellungen dar.

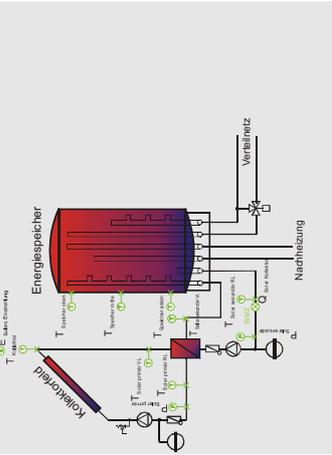
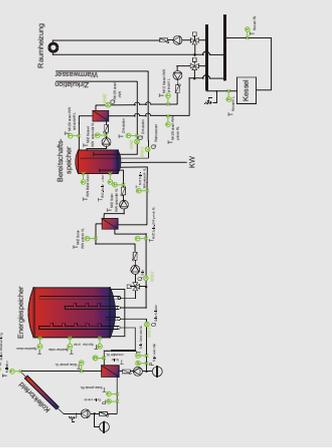
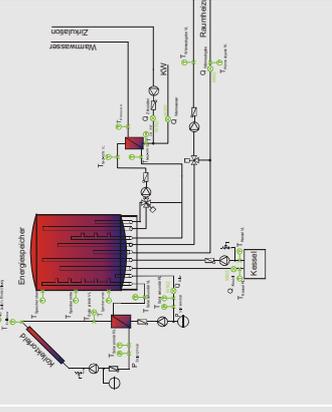
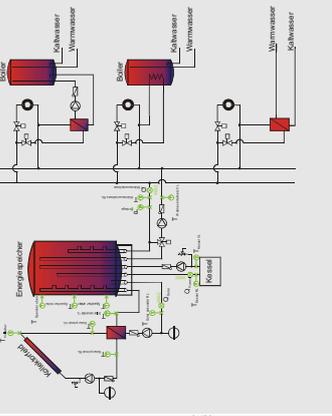
Die **Funktionskontrolle** als laufende Überwachung der Solaranlage hinsichtlich nachträglich auftretender Defekte kann die Überwachung von Komponenten an sich und die Überwachung von bestimmten gemessenen Parametern umfassen. Ziel ist die Erkennung von Komponentengebrechen, Anlagenausfällen und groben Anlagenmängeln. Bedingt durch die zumeist individuelle Planung von Großanlagen wird auch eine individuelle Planung der messtechnisch unterstützten Routineüberwachung durch den Anlagenplaner nötig. Diese ist für die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen insofern von besonderer Wichtigkeit, als Anlagenausfälle bei einer nicht gegebenen Routineüberwachung über lange Zeiträume unbemerkt bleiben können, weil die Nachheizung für den Nutzer unbemerkt die Wärmelieferung der Solaranlage ersetzt. Die Umsetzung erfolgt durch die Kontrolle von Systemparametern auf frei bestimmbar Grenzwerte sowie auf Abfragen logischer Verknüpfungen einzelner Messgrößen.

Als **Ertragsbewertung** wird die regelmäßige Überprüfung und Bewertung der tatsächlichen Einsparungen durch die Solaranlage bezeichnet, die neben der Anlagenoptimierung zu Beginn des Betriebes und der laufenden Funktionskontrolle durchzuführen ist. Erst die Langzeitanalyse erlaubt die Bewertung der Anlage im Vergleich zu den Planungszielen. Die Basis für die Ertragsbewertung sind Monatswerte für den solaren Ertrag und die Nachheizenergie zur Bereitstellung der benötigten Wärme. Diese werden von marktüblichen Wärmemengenzählern bereitgestellt und können im einfachsten Fall manuell ausgelesen und etwa in Excel-Diagrammen mit einer einfachen Energiebilanzierung und der Berechnung von typischen Kennwerten wie dem solaren Deckungsgrad ausgewertet werden.

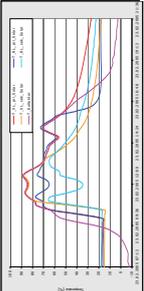
Beispielhafter Aufbau der Messanordnung:



Der Regler erfüllt im abgebildeten Beispiel neben der Anlagenregelung auch die Funktion eines Datenloggers. Diese wird in erster Linie für die Anlagenoptimierung benötigt. Im laufenden Betrieb übernimmt er die Funktionskontrolle und gibt Störmeldungen selbsttätig in Form von SMS-Kurznachrichten oder als E-Mail weiter. Die Ursachenerhebung wird durch die Möglichkeit der Analyse der aufgezeichneten Messdaten erleichtert.

	<p>Solkreis allgemein</p> 	<p>Standardhydraulik A</p> 	<p>Standardhydraulik B</p> 	<p>Standardhydraulik C</p> 
<p>Messstellen Planung und Einbau der angeführten Messstellen je nach gegebener Anlagenkonfiguration</p>	<p>T_{Kollektor} T_{Solar primär VL} T_{Solar primär RL} T_{Solar sekundär VL} T_{Solar sekundär RL} T_{Speicher oben} T_{Speicher mitte} T_{Speicher unten} P_{Solar primär} P_{Solar sekundär} (Q_{Solar} Kollektor bzw. Q_{Solar} Einstrahlung)</p>	<p>T_{WW Boiler oben} T_{WW Boiler unten} T_{Zirkulation} T_{NHZ Solar-WW primär VL} T_{NHZ Solar-WW primär RL} T_{NHZ Solar-WW sekundär VL} T_{NHZ Solar-WW sekundär RL} T_{NHZ Kessel-WW primär VL} T_{NHZ Kessel-WW primär RL} T_{NHZ Kessel-WW sekundär VL} T_{NHZ Kessel-WW sekundär RL} Q_{NHZ Kessel-WW (Q_{Warmwasser}) (Q_{Zirkulation})}</p>	<p>T_{Kessel VL} T_{Kessel RL} T_{Wärmeabgabe VL} T_{Wärmeabgabe RL} T_{Warmwasser} T_{Zirk/KW} T_{NHZ -WW VL} T_{NHZ -WW RL} Q_{Kessel (Q_{Wärmeabgabe}) (Q_{Zirkulation}) (Q_{Warmwasser})}</p>	<p>T_{Kessel VL} T_{Kessel RL} T_{Wärmeverteilt VL} T_{Wärmeverteilt RL} P_{Anlage} Q_{Kessel (Q_{Wärmeverteilt})}</p>
<p>Optimierungsphase Auswertung der je Anlagenkonfiguration angeführten Aspekte in Diagrammen</p>	<p>Untersuchung der Grädigkeit des Solarwärmetauschers im Solarkreis Untersuchung des Solarwärmetauschers im Solarkreis auf mögliche hydraulische oder regelungstechnische Probleme</p>	<p>Einregulierung Wärmetauscher zwischen Energiespeicher und Warmwasserbereitschaftsspeicher Rücklaufemperatur bei der Bereitschaftsspeicherbeladung durch den Energiespeicher bzw. durch den Kessel</p>	<p>Funktionsweise der Warmwasserbereitung im Frischwasserprinzip Ermittlung der tatsächlich wirksamen Größe des Bereitschaftsteils im Energiespeicher bzw. die Optimierung der Schalttemperaturen an den jeweiligen Fühlerpositionen</p>	<p>Einregulierung des Verteilnetzes Ermittlung der tatsächlich wirksamen Größe des Bereitschaftsspeichers bzw. die Optimierung der Schalttemperaturen an den jeweiligen Fühlerpositionen</p>

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

<p>Beispiel:</p> 	<p>Untersuchung der Schaltpunkte und des Regelungsverhaltens</p> <p>Untersuchung eines Stillstands von Teilstroman</p> <p>Untersuchung eventuell unterschiedlicher Durchströmungen der Kollektorfelder</p> <p>Untersuchung des Umschaltventils der Speicherschichtung</p> <p>Untersuchung des Drehzahlverhaltens bzw. der Volumenströme der Primär und der Sekundärpumpe</p> <p>Lecks und Defekte des Ausdehnungsgefäßes</p> <p>Ungewollte (nächtliche) Auskühlung des Speichers</p> <p>Erkennung von ungewollten Betriebszuständen mittels Temperaturabfrage</p> <p>Betriebsfehler wie z.B. Pumpenausfall der Primärpumpe, Hydraulikfehler, bzw. Fehler in der Regelung</p>	<p>Untersuchung Boiler-temperatur (Bereitschaftsspeicher):</p> <p>Einregulieren der Zirkulation und der Wärmeabnahme</p>	<p>Begrenzung der im oberen Speicherbereich wirksamen Nachheiztemperatur</p> <p>Untersuchung der Durchmischung der Speichertemperatur infolge des Nachheizungssystems</p>	<p>Kontrolle der geforderten Netzvorlauftemperatur und Überprüfung der Konstanz der Netzvorlauftemperatur</p> <p>Untersuchung der Durchmischung der Speichertemperatur infolge des Nachheizungssystems</p>
<p>Funktionskontrolle</p> <p>Überwachung der je Anlagenkonfiguration angeführten Fehlermöglichkeiten durch Logikverknüpfungen</p>				

D6 Musterdokumentation

Betroffene Akteure

Fachplaner und Installateur

Anwendung

Die Übergabe einer vollständigen Dokumentation der Inbetriebnahme und technischen Abnahme stellt den Abschluss der Anlagenumsetzung dar. Sie bildet die Grundlage für etwaige Optimierungen und Fehlerbehebungen während der Lebensdauer der thermischen Solaranlage für die heute von mindestens 25 Jahren ausgegangen wird. Als Kommunikationsmittel ist die Anlagendokumentation vor allem dann essentiell, wenn Planung, Ausführung und der Betrieb von jeweils unterschiedlichen Gewerken durchgeführt werden. Bei möglichen Wechseln der für die Betriebsführung beauftragten Firma ist sie wichtig für eine effiziente Übergabe und die Voraussetzung für die Fortführung des etablierten Überwachungsstandards. Die Dokumentation muss sämtliche Angaben zur Anlagenkonzeption, Montage und Inbetriebnahme (aktuelle Einstellwerte) enthalten. Neben dem letztgültigen Hydraulikschema sind Angaben zum Regelungssystem und zur Überprüfung von Funktion und Leistung zu dokumentieren.

Der im Musterdokument D6 dargestellte Dokumentationsstandard ist auf das im Projekt entwickelte Gesamtpaket an Maßnahmen abgestimmt. Verantwortlichkeiten und die Relevanz der einzelnen Posten sind im Musterdokument dargestellt. Als notwendig gekennzeichnete Elemente sind auf jeden Fall einzufordern. Die als empfohlen gekennzeichneten Elemente ergeben sich mit dem individuellen Paket an Qualitätssicherungsmaßnahmen, das im konkreten Projekt angewendet wurde.

Es wird empfohlen, eine Anlagendokumentation nach folgendem Muster von den beteiligten Partnern bereits bei der Vertragsvergabe einzufordern. Übernimmt der Installateur auch die Anlagenplanung sind die Verantwortlichkeiten des Planers auf diesen anzuwenden. Es muss sichergestellt werden, dass die vollständige Dokumentation der Solaranlage am Anlagenstandort verfügbar ist.

D6				
Musterdokumentation				
			Verantwortung	Relevanz
AD1	Ansprechpartner			
AD1.1	Ansprechpartner	Anschrift und Kontaktdaten von Verantwortlichen der beteiligten Firmen (Planer, Installateur, Isolierer, Elektriker, Regelungstechniker,...)		
AD2	Systembeschreibung und Dimensionierung			
AD2.1	Kurzbeschreibung Solarsystem	Grundsätzliche Beschreibung des Solarsystems und der Schnittstellen zur restlichen Haustechnik	Planer	Notwendig
AD2.2	Hydraulikschema	Letztgültiges Hydraulikschema inklusive Darstellung der Regelungselemente und Messstellen	Planer	Notwendig
AD2.3	Details Wärmebedarf und Abnahmeprofil	Dokumentationen von Angaben und Annahmen hinsichtlich der Last für Warmwasserbereitung bzw. Raumheizungsunterstützung	Planer	Notwendig
AD2.4	Komponenten-Dimensionierung	Nachvollziehbare Zusammenfassung der für die Dimensionierung der Komponenten (Kollektorfläche, Speicher, Wärmetauscher, Ausdehnungsgefäß, Pumpen,	Planer	Notwendig

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

		Sicherheitseinrichtungen, Rohrleitungen) verwendeten Verfahren einschließlich aller Annahmen z.B. den gewählten Betriebspunkt betreffend (solarer Deckungsgrad und spezifischer Solarertrag)		
AD2.5	Simulationsergebnisse bzw. Ertragsprognose	Nachvollziehbarer Bericht der Anlagensimulation bzw. Ertragsprognose zur Voraussage von Monatswerten für den Solarertrag und solaren Deckungsgrad unter vollständiger Angabe der zugrunde liegenden Rahmenbedingungen (Klimadaten, Last, etc.) und der verwendeten Software	Planer	Empfohlen
AD2.7	Regelkonzept	Beschreibung des Regelkonzepts	Planer	Notwendig
AD2.8	Überwachungskonzept	Beschreibung der Messanordnung und der Auswertungsroutinen für die Optimierungsphase, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung (siehe D5)	Planer	Empfohlen
AD4	Anlagenerrichtung			
AD4.1	Datenblätter	Datenblätter, Bedienungsanleitungen und Garantien der Hersteller zu den jeweiligen Komponenten und Materialien, insbesondere Pumpen, Ventile, Regler, Speicher, Kollektoren.	Installateur	Notwendig
AD4.2	Ausführungspläne	Installationszeichnungen, Elektroanschlusspläne, Befestigungspläne	Installateur	Notwendig
AD4.3	Reglereinstellungen	Beschreibung der Reglerwerte (Solltemperaturen, Grenzwerte, Schalthysteresen)	Installateur	Notwendig
AD4.4	Abnahmeprotokoll D7	Unterzeichnetes Abnahmeprotokoll mit den letztgültigen Einstellungen (siehe D7)	Installateur	Notwendig
AD4.5	Wartungsprotokoll D9	Wartungsprotokoll für die Anlagenwartung mit angegebenen Soll-Werten für Anlagenparameter (siehe D9)	Planer	Empfohlen
AD4.6	Garantie-Erklärung D3 bzw. D4	siehe D3 und D4	Installateur	Empfohlen
AD4.7	Wartungsvereinbarung D8	siehe D8	Planer	Empfohlen
AD5	Betriebsanweisungen			
AD5.1	Sicherheitsanweisungen	Erklärungen und Anweisungen für den Betreiber zu Sicherheitsaspekten (In- und Außerbetriebnahme der Anlage, Kontakt im Notfall, etc.)	Installateur	Notwendig
AD5.2	Anleitung Routineüberwachung	Anleitung für den Betreiber zur Routineüberwachung und Wartungstätigkeiten (siehe D5)	Planer	Empfohlen
AD5.3	Anleitung Ertragsbewertung D10	Anleitung zur Durchführung einer einfachen Funktionskontrolle durch den Vergleich der simulierten Monatswerte mit den abgelesenen Monatswerten für solare Nutzwärme und Verbrauch (siehe D10)	Planer	Empfohlen
AD6	Anlagenlogbuch			
AD6.1	Anlagenlogbuch	Dokument zur Aufzeichnung von Problemen, Änderungen der Systemkonfiguration, Notizen, etc.	Betreiber	Notwendig

D7 Muster Abnahmeprotokoll

Betroffene Akteure

Fachplaner, Installateur und Anlagenbetreiber

Hintergrundinformation und Anwendung

Das Abnahmeprotokoll übernimmt grundsätzlich die Dokumentation der Inbetriebnahmephase und stellt ein am Markt etabliertes Qualitätssicherungsinstrument dar. Entsprechende Musterprotokolle sind Bestandteil der in Kapitel 5.2 dargestellten Standards und Gütesiegel. Es dient dem umsetzenden Unternehmen gewissermaßen als Checkliste und stellt gleichzeitig durch die Unterzeichnung eine Verbindlichkeit gegenüber dem Bauherrn dar.

Im vorliegenden Paket an Maßnahmen nimmt das dargestellte Abnahmeprotokoll eine noch zentralere Rolle in der Qualitätssicherungskette ein, weil darin auch die Erfüllung der durch den Investor vorgegebenen Anlagenoptimierung sowie die Einrichtung der vorgesehenen Funktionskontrolle durch das ausführende Unternehmen - wie in D1 bzw. in den Vergabeverträgen gefordert – dokumentiert wird. Damit geht die Funktion des Abnahmeprotokolls deutlich über die der gängig verwendeten Abnahmeprotokolle hinaus. Zudem wurde das präsentierte Muster-Abnahmeprotokoll speziell für die Anwendung in solarthermischen Großanlagen angepasst.

Das Abnahmeprotokoll stellt ein zentrales Element der Anlagendokumentation dar, in dem viele aktuelle Einstellwerte für spätere Anpassungen nachvollziehbar sind. Das dargestellte Musterdokument D7 ist speziell für die Anwendung bei solarthermischen Großanlagen angepasst und sehr umfassend gestaltet. Es bildet für den Planer bzw. Installateur, falls dieser auch die Anlagenplanung übernimmt, eine Grundlage zur Anpassung für die individuellen, das Projekt betreffenden Rahmenbedingungen, wie es in D1 Punkt 6 gefordert wird. Von Planer bzw. Installateur sind auch die entsprechenden Soll-Einstellwerte zu definieren.

Als zukünftiger Verantwortlicher für den Betrieb der Anlage ist das Abnahmeprotokoll neben dem ausführenden Unternehmen auch vom Anlagenbetreiber zu unterzeichnen, der spätestens in der Anlagenoptimierungsphase intensiv in das Projekt einbezogen werden sollte. Es wird empfohlen, die Dokumentation von Inbetriebnahme und Anlagenoptimierung nach folgendem Muster von den beteiligten Partnern bereits bei der Vertragsvergabe einzufordern.

D7 Muster Abnahmeprotokoll	
Anlagenstandort	
Betreiber	
Ansprechpersonen: Fachplaner: Installateur: Elektriker:	
Errichtungsdatum:	
Anlagendaten:	

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

	Gesamtkollektorfläche		m ² / Ausrichtung / Neigung
			Hersteller/Typ
	Pufferspeicher		m ³ /Isolierstärke
			Hersteller/Typ
	Warmwasserspeicher		m ³ /Isolierstärke
			Hersteller/Typ
	Wärmeträger		Liter
			Hersteller/Typ
	Ausdehnungsgefäß		Hersteller/Typ
			Liter / Vordruck
	Wärmetauscher Solarkreis		Hersteller/Typ
	Kollektorkreispumpe		Hersteller/Typ
	Regelung		Hersteller/Typ

1. Montage	SOLL	IST/OK	Bemerkung
<input type="checkbox"/> Komponenten laut Hydraulikplan und installiert			
<input type="checkbox"/> Thermosiphone (U-Rohre) bei Speicheranschlüssen installiert			
<input type="checkbox"/> Spüleinrichtung vorhanden			
<input type="checkbox"/> Richtige Drehrichtung und Einbaulage der Pumpen kontrolliert			
<input type="checkbox"/> Beschriftung von Instrumenten und Rohrleitungen wurde durchgeführt			
<input type="checkbox"/> Kollektoren fachgerecht installiert			
<input type="checkbox"/> Kollektoren sind dicht und frei von Rahmen/Glas-Schäden			
<input type="checkbox"/> Alle (Dach-)Durchdringungen sind entsprechend abgedichtet und isoliert			
<input type="checkbox"/> Korrosion zwischen ungleichen Metallen wurden in allen Elementen unterbunden			
<input type="checkbox"/> Opferanode (wenn vorhanden) am Speicher ist für Wartungszwecke zugänglich			
<input type="checkbox"/> Isolierung ist durchgehend geschlossen und fertig gestellt			
<input type="checkbox"/> Isolierung im Außenbereich ist entsprechend geschützt (gegen UV, Regen, Hagel, Vögel und Nagetiere, ...)			
<input type="checkbox"/> Blitzschutz vorhanden			

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

	<input type="checkbox"/>	Solarleitung und Kollektorrahmen/Gestell an Potenzialausgleich angeschlossen		
	<input type="checkbox"/>	Korrektur Einbau des Kollektorfühlers überprüft		
	<input type="checkbox"/>	<i>Bei Brauchwassererwärmung über PWT:</i> Mischventil heizkreisseitig vor Wärmeübertrager installiert		
	<input type="checkbox"/>	Temperatur am Mischer eingestellt		
	<input type="checkbox"/>	Wartungsventil für Ausdehnungsgefäß vorhanden	___ °C	
	<input type="checkbox"/>	Bei mehreren oder ungleichen Kollektorfeldern: Strangregulierventile Kollektorfeld eingestellt		
2.	Inbetriebnahme	SOLL	IST/OK	Bemerkung
	<input type="checkbox"/>	Solarkreis gespült und abgedrückt inklusive Prüfung der Dichtheit von Armaturen, Verschraubungen und Lötstellen		
	<input type="checkbox"/>	Druckanzeigeeinstrumente in Ordnung		
	<input type="checkbox"/>	Druckprüfung mit vorgegebenem Prüfdruck erfolgreich durchgeführt		
	<input type="checkbox"/>	Anlagenfülldruck (kalt) überprüft und Druck eingestellt auf	_____ bar	
	<input type="checkbox"/>	Vordruck Ausdehnungsgefäß Solarkreis eingestellt auf	_____ bar bei _____ °C	
	<input type="checkbox"/>	Frostschutzflüssigkeit geprüft	_____ bar	
		Füllmenge		
			_____ l	
		Mischungsverhältnis		
			_____ %	
		Frostsicherheit bis		
			_____ °C	
	<input type="checkbox"/>	Anlage nachentlüftet		
	<input type="checkbox"/>	Ventilfunktionen laut Datenblättern überprüft und richtig eingestellt		
	<input type="checkbox"/>	Schmutzfänger kontrolliert und gereinigt		
	<input type="checkbox"/>	Temperaturanzeige in Ordnung		

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

	o KFE-Ventil Kappen zugeschraubt			
	o Einstellung Umwälzpumpen vorgenommen			
	Durchfluss Primärkreislauf			
		_____ l/min		
	Drehzahlstufe			
	Durchfluss Sekundärkreislauf			
		_____ l/min		
	Drehzahlstufe			
	o Durchflüsse in einzelnen Kollektorfeldern überprüft			
	Rücklauftemperatur			
		_____ °C		
	Vorlauftemperatur Kollektorfeld 1			
		_____ °C		
	Einstellwert Regulierventil Kollektorfeld 1			
	Vorlauftemperatur Kollektorfeld n			
		_____ °C		
	Einstellwert Regulierventil Kollektorfeld n			
	o Abschließende Sichtprüfung der Anlage			
	3. Regelsystem	SOLL	IST/OK	Bemerkung
	o Anlagenschema mit entsprechend eingetragenen Fühlerpositionen und Reglerausgängen (Pumpen, Ventilen und Mischern) beigelegt			
	o Umgesetzter Regelalgorithmus und Einstellwerte vollständig in Anlagendokumentation D6 Punkt AD4.3 dokumentiert			
	<i>Beispiele:</i>			
	<i>Differenztemperatur und Hysterese zwischen Kollektorfühler und Pufferfühler</i>	_____ K		
	<i>Maximale Boilertemperatur</i>	_____ °C		
	<i>usw.</i>			

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

o	Genauere Aufstellung der einzelnen Reglerkomponenten und der eingesetzten Fühlertypen in Anlagendokumentation D6 Punkt AD4.1 beigelegt			
o	Sicherheitskopie des Regelungsprogramms beigelegt			
o	Temperaturfühler zeigen realistische Werte an			
o	Temperaturdifferenz im Solarkreis ablesbar			
o	Temperatursensoren im Speicher sind entsprechend der Planung positioniert			
o	Position Temperaturfühler Kollektor geprüft			
4.	Messtechnik	SOLL	IST/OK	Bemerkung
o	Anlagenschema mit entsprechend eingetragenen Fühlerpositionen übergeben			
o	Wärmemengenzähler entsprechend Planung positioniert und den Vorgaben entsprechend in Betrieb genommen			
o	Funktion Wärmemengenzähler / Volumenmessgeräte überprüft			
o	Alle weiteren Sensoren laut Messtechnikschema eingebaut und auf Funktion überprüft			
5.	Optimierungsphase	SOLL	IST/OK	Bemerkung
o	Aufgezeichnete Systemparameter laut Planungsvorgabe (Dokumentation D6 Punkt AD2.8) während des vorgegebenen Zeitraums ausgewertet			
		Dauer Optimierungsphase: _____		
o	Maßnahmen zur Anlagenoptimierung unter Punkt 8 bzw. als Beilage dokumentiert			
o	Bei geeigneter Messtechnik: Ertragsbewertung durch Vergleich von Einstrahlungssumme und Solarertrag durchgeführt und dokumentiert			

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

6.	Funktionskontrolle	SOLL	IST/OK	Bemerkung
	o	Kontrollfunktionen laut Planungsvorgabe (Dokumentation D6 Punkt AD2.8) umgesetzt und dokumentiert (Beschreibung und Logikdarstellung)		
	o	Rufnummern bzw. E-Mailadresse der/des Betreibers		
		Herr/Frau.....		
		Herr/Frau.....		
		Herr/Frau.....		
	o	Funktionstest mit entsprechend simulierten Fühlersignalen bzw. simulierten Fehlern durchgeführt.		
7.	Einweisung des Betreibers durch Installateur und Planer	SOLL	IST/OK	Bemerkung
	o	Grundfunktion und Bedienung der Regler und der Anzeigen erklärt		
	o	Ablesung und Anzeige/Anzeichen von Betriebsstörungen erklärt		
	o	Kontrollintervalle definiert		
		Kontrollintervall: _____		
	o	Aushändigung der vollständigen Dokumentation nach dem Muster D6		
8.	Bemerkungen			
Datum, Unterschrift Betreiber		Datum, Unterschrift des ausführenden Unternehmens		Datum, Unterschrift Bauherr

D8 Muster Wartungsvereinbarung

Betroffene Akteure

Installateur bzw. Solarfirma

Hintergrundinformation und Anwendung

Die Wartungsvereinbarung bezieht sich hauptsächlich auf den solarthermischen Anlagenteil, zu dessen Wartung der Betriebsführer in der Regel über kein Know-how und keine technischen Mittel verfügt. Auch wenn thermische Solaranlagen nach der in den ersten Betriebswochen durchgeführten Optimierung und Einregelung äußerst wartungsarm sind, besteht die Notwendigkeit einer periodischen Kontrolle etwa der Wärmeträgerflüssigkeit im Kollektorkreis durch eine Fachfirma.

Der Wartungsvertrag wird optimalerweise mit der eingebundenen Solarfirma und dem installierenden Betrieb abgeschlossen. Es wird empfohlen, eine Wartungsvereinbarung nach folgendem Muster vom Installateur bereits bei der Vertragsvergabe einzufordern. Wichtig ist dabei das kombinierte Einfordern der Verwendung eines definierten Wartungsprotokolls nach dem Muster D9, in dem die Wartungsleistungen auf Basis der Vorgaben des Fachplaners spezifiziert und dokumentiert sind.

D8

Muster Wartungsvereinbarung

abgeschlossen zwischen Firma _____

und als Auftraggeber

Name

Anschrift

Telefon

Die oben genannte Firma übernimmt ab _____ bis _____ oder bis auf Widerruf die Wartung der thermischen Solaranlage am Objekt _____

jährlich zum derzeit gültigen Preis von _____ inkl. ___ % USt. und inkl. Fahrtkosten.

Zahlbar: nach Erhalt der Rechnung oder _____

Besondere Vereinbarung: _____

In der Servicevereinbarung enthaltene Leistungen:

Wartung der thermischen Solaranlage anhand des definierten Wartungsprotokolls [D9](#), das folgende Leistungen beinhaltet:

- Optische Sichtkontrolle der Anlage auf Beschädigungen jeglicher Art
- Überprüfung der Regelungsparameter und Funktion der Steuerungsabläufe
- Überprüfung der Anlage auf Dichtheit
- Überprüfung der Solarstation, insbesondere Funktion der Umwälzpumpen, Mengendurchlaufregelung und Schwerkraftbremsen
- Überprüfung der Sicherheitsventile
- Ausdehnungsgefäß auf Vordruck prüfen
- Überprüfung der Frostschutzsicherheit
- Überprüfung des pH-Wertes des Wärmeträgermediums
- Überprüfung der elektrischen Anschlüsse der Regelung und Temperaturfühler
- Überprüfung der Isolierung der Vor- und Rücklaufrohre auf Beschädigung
- Überprüfung der Kollektorbefestigung
- Überprüfung der Kollektoren auf Rahmen- und Glasbeschädigung
- Entlüftung der Anlage
- Übergabe eines ausgefüllten und unterzeichneten Wartungsprotokolls [D9](#), welches die Überprüfung der oben angeführten Punkte dokumentiert.

Kosten durch folgende Fehler sind in der Servicevereinbarung nicht enthalten:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten für erforderliches Material, insbesondere für fehlendes Wärmeträgermedium, etc. sind im Pauschalbetrag nicht enthalten und werden bei Bedarf extra verrechnet. 	
Allgemeines:	
<p>Der Vertrag verlängert sich jeweils um 1 Jahr, wenn er nicht 8 Wochen vor seinem jeweiligen Ablauf schriftlich gekündigt wird. Die Mindestlaufzeit ist 1 Jahr. Die Vertragsschließenden sind sich darüber einig, dass die Pauschalpreise für Verlängerungsjahre vom Auftragnehmer unter angemessener Berücksichtigung möglicher Lohn-, Fahrt-, oder Nebenkostenveränderungen neu festgesetzt werden können. Ist der Auftraggeber im Einzelfall mit der Neufestsetzung nicht einverstanden, so kann er den Vertrag unter Einhaltung einer Frist von 1 Monat nach Erhalt der Rechnung kündigen, jedoch muss die Rechnung innerhalb dieser Frist beglichen sein.</p> <p>Erfüllungsort und Gerichtsstand: Sitz der Servicefirma</p>	
Stempel der Wartungsfirma	Unterschrift des Kunden
	Ort: Datum

D9 Muster Wartungsprotokoll

Betroffen Akteure

Installateur bzw. Solarfirma

Anwendung

Wie in der Beschreibung von D8 angeführt sind die Wartungsleistungen im dargestellten Muster-Wartungsprotokoll genauer spezifiziert. Das Dokument dient auch zur Bestätigung der Umsetzung durch das beauftragte Unternehmen. Wiederum wurde auf Basis von verfügbaren Musterprotokollen im Projekt ein speziell auf die Anwendung bei solarthermischen Großanlagen angepasstes Dokument erarbeitet.

Je nach dem, ob ein auf dem Solargebiet erfahrenes Unternehmen mit der Betriebsführung beauftragt wurde, können Elemente der Kontrolle des Solarkreises, der Anlagenregelung und der Wärmemengenzähler auch in die in kürzeren Intervallen stattfindenden Routinekontrollen aufgenommen werden, wie sie in Musterdokument D10 dargestellt sind. Bei Betriebsführern mit wenig spezifischem Know-how zu thermischen Solaranlagen sollte die Anlagenwartung im in D9 dargestellten Umfang durch eine Fachfirma durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, die Dokumentation der Anlagenwartung nach folgendem Muster vom Installateur bereits bei der Anlagenausschreibung bzw. Auftragsvergabe einzufordern. Dieses Musterdokument ist vom Planer bzw. vom Installateur, falls dieser auch die Anlagenplanung übernimmt, im Zuge der Anlagenplanung an die individuellen das Projekt betreffenden Rahmenbedingungen anzupassen, wie auch in D1 Punkt 6 gefordert. Die anzugebenden Soll-Werte sind auf Basis der Einstellungswerte bei der Anlagenabnahme zu definieren.

D9

Muster Wartungsprotokoll

Anlagenstandort					
Betreiber:					
Errichtungsjahr:					
Anlagendaten:					
Letzte Wartung am:			durchgeführt von:		
1.	Solarkreis	SOLL	IST/OK	Mängel	beheben am
1.1	Anlagendruck	_____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur			
1.2	Sichtprobe Solarflüssigkeit				
1.3	pH-Wert Solarflüssigkeit	_____			
1.4	Frostschutz gegeben bis	_____ °C			
1.5	Kollektorkreis entlüftet				
1.6	Volumenströme Solarkreis geprüft *)				
	Primärkreis Maximaldrehzahl	_____ m ³ /min			
	Primärkreis Minimaldrehzahl	_____ m ³ /min			
	Sekundärkreis Maximaldrehzahl	_____ m ³ /min			
	Sekundärkreis Minimaldrehzahl	_____ m ³ /min			
1.7	Rückschlagklappe überprüft				
1.8	Schmutzfänger gereinigt (wenn vorhanden)				
1.9	Sicherheitsventil überprüft				
1.10	Anlage entlüftet				
1.11	Gleichmäßigkeit der Durchflüsse in einzelnen Kollektorfeldern überprüft				
1.12	Pumpen auf Funktion überprüft				
1.13	Vordruck Ausdehnungsgefäß überprüft				
1.14	Grädigkeit des Wärmeübertragers mit Planung verglichen				
2.	Sonnenkollektoren	SOLL	IST/OK	Mängel	beheben am
2.1	Sichtprüfung Verschmutzung				
2.2	Sichtprüfung Kollektorhalterung				
2.3	Sichtprüfung Glas- , Rahmen- und Dichtungsbeschädigung				
2.4	Sichtprüfung Rohrisolierung im Innen- und Außenbereich				

Grundlagen für die Anlagenbewertung im Vergleich zu den Planungszielen. Für den nicht empfohlenen Fall, dass Überwachungseinrichtungen zur Funktionskontrolle und Ertragsbewertung nicht in dem in D5 dargestellten Ausmaß zur Anwendung kommen, bietet das dargestellte Protokoll eine Minimalvariante der Anlagenkontrolle. Durch eine einfache Sichtprüfung von Anlagendruck und Volumenströmen im Solarkreis sowie den monatlichen Vergleich von erwarteten (Soll-Werte sind durch den Fachplaner bereitzustellen) und gemessenen Werten (abgelesen an den Wärmemengenzählern) für den Solarertrag können Anlagendefekte erkannt werden. Wenn wie empfohlen vorhanden, ist für die Detailanalyse von Optimierungsbedarf und Fehlerursachen wiederum eine Sammlung von Messdaten, wie sie in der in D5 empfohlenen Messeinrichtung enthalten ist, sehr hilfreich.

Dieses Musterdokument ist vom Planer bzw. vom Installateur, falls dieser auch die Anlagenplanung übernimmt, im Zuge der Anlagenplanung an die das jeweilige Projekt betreffenden Rahmenbedingungen anzupassen (Prognosewerte für Solarertrag und Nachheizbedarf) und dem Anlagenbetreiber bereitzustellen.

Eine im Internet unter www.solarwaerme.at/Profi-Center beziehbare elektronische Version des Kontrollprotokolls D10 ermöglicht eine automatisierte Berechnung des solaren Deckungsgrades und des spezifischen Solarertrags.

D10		
Monatliches Kontrollprotokoll für Betreiber		
Anlagenstandort		
Betreiber:		
Kontrolljahr:		
Kollektorbezugsfläche	m ² Aperturfläche / Absorberfläche / Bruttokollektorfläche	
1.	Sichtprüfungen	SOLL
1.1	Anlagendruck	_____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur
1.2	Sichtprüfung Volumenströme im Solarkreis	
	Primärkreis	_____ l/min
	Sekundärkreis	_____ l/min
2.	Ertragsbewertung	

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Ertragsvorhersage			Messergebnisse		
Monat	Solarertrag	Nachheizenergie	Monat	Solarertrag	Nachheizenergie
	kWh	kWh		kWh	kWh
Jänner			Jänner		
Februar			Februar		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
März			März		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
April			April		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
Mai			Mai		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
Juni			Juni		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
Juli			Juli		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
August			August		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
September			September		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
Oktober			Oktober		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
November			November		
<i>kumuliert</i>			<i>kumuliert</i>		
Dezember			Dezember		
Jahressumme			Jahressumme		
Spezifischer Solarertrag		kWh/m ² .a	Spezifischer Solarertrag		kWh/m ² .a
Solarer Deckungsgrad		%	Solarer Deckungsgrad		%
3.	Bemerkungen				
Datum	Name		Unterschrift		

D11 Betriebslogbuch

Betroffene Akteure

Betreiber, Installateur, Wartungsbeauftragter

Hintergrundinformation und Anwendung

Als Teil der Anlagendokumentation müssen in einem Betriebslogbuch alle nach der Anlagenabnahme durchgeführten Änderungen an den Komponenten und den Regelparametern bzw. auch die durchgeführten Wartungsarbeiten durch die in Betriebsführung und Wartung der solarthermischen Anlage eingebundenen Akteure dokumentiert werden.

Die Pflege eines Betriebslogbuches nach dem dargestellten Muster ist vom Anlagenbetreiber zu fordern. Es muss dafür gesorgt werden, dass das Betriebslogbuch gemeinsam mit der Anlagendokumentation vor Ort bei der Heizungsanlage verfügbar ist.

D11

Betriebslogbuch

Datum	Maßnahme	Verantwortlicher
<i>Beispiel:</i> 4. Juni 2009	Jährliche Wartung durchgeführt Wartungsprotokoll beigelegt	Zeichnung Wartungsfirma

5.3.1 Ausblick und Empfehlungen für die Anwendung etwa durch Förderstellen oder Wohnbauunternehmen

Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung von solarthermischen Großanlagen, die sich in den letzten Jahren in der Praxis bewährt haben wurden im Projekt verglichen, teilweise erweitert bzw. für die spezielle Anwendung bei solarthermischen Großanlagen angepasst und zu einem in sich schlüssigen und direkt anwendbaren Paket von Qualitätssicherungsmaßnahmen zusammengefasst. Durch die entwickelten elf Musterdokumente, welche die Qualitätssicherungskette eines Projektes von der Projektentwicklungsphase bis zum Nachweis der geplanten Einsparungen abdecken, stehen konkrete Hilfestellungen zur Verfügung, die eine Umsetzung der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen entscheidend erleichtern. Wenn auch bei der Zusammenstellung der Musterdokumente bereits auf ein umsetzbares und vor allem in sich schlüssiges Ausmaß an Maßnahmen Wert gelegt wurde, ist das entwickelte Paket als beispielhaft umfassender Ansatz zu verstehen, der bei Bedarf durch die Anwender entsprechend zu adaptieren ist.

Vor allem „einmalige“ Anwender (z.B. Tourismusbetriebe oder Eigentümergemeinschaften von Wohnbauten), die nicht die Möglichkeit haben, spezifisches Know-how in wiederholten Projekten aufzubauen, sollen die gegebenen Empfehlungen und Werkzeuge als Leitfaden dabei unterstützen, eine wirtschaftlich und technisch effiziente Einbindung von solarthermischer Technologie zu realisieren. Die empfohlenen Maßnahmen sollten für erfahrene Anbieter keinen großen Neuigkeitswert mehr besitzen, können jedoch unerfahrene, aber seriöse Anbieter bei der Umsetzung solarthermischer Technologie nach dem aktuellen Stand der Technik entscheidend unterstützen. Es ist zu hinterfragen, ob Anbieter, die sich gegen die hohe Transparenz des beschriebenen Prozesses sträuben für die Installation einer solarthermischen Anlage geeignet sind.

Generell ist zu bemerken, dass der Aufwand und damit die Kosten über alle Projektphasen durch die beschriebenen Maßnahmen höher ausfallen als bei Projekten, die ohne Qualitätssicherungsmaßnahmen umgesetzt werden. Diese zusätzlichen Kosten muss der Bauherr bereit sein zu tragen. Der vorliegende Endbericht, die kompakten Ratgeber für Projektentwickler und die Musterdokumente sollen Investoren und Fachplanern eine Unterstützung bieten, sich auf ein für das Bauvorhaben angemessenes Ausmaß an Qualitätssicherungsmaßnahmen zu einigen. Umfassende Informationen über das Ausmaß der messtechnischen Überwachung einer solarthermischen Anlage, welche einen entscheidenden Kostenfaktor darstellt, bietet der zweite Schwerpunkt des vorliegenden Projektes (Kapitel 6).

Für Planungsabteilungen von Wohnbaugenossenschaften können die vorliegenden Ergebnisse die Grundlage darstellen, bei optimalen Rahmenbedingungen das volle Potential von solarthermischer Technologie in Heizungssystemen von Neubauten auszunutzen und aus den Ergebnissen eigene, interne Qualitätsstandards für den Umgang mit solarthermischer Technologie zu entwickeln. Vor allem bei einer nach der Lernkurve in den ersten Projekten routinemäßigen Anwendung sollte der Mehrwert der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen gegenüber Projekten ohne diese eindeutig gegeben sein.

Wie in Kapitel 5.2.10 beschrieben, wurden in Österreich durch Erfahrungen mit nicht optimal geplanten und betriebenen Anlagen in der Vergangenheit begonnen, Qualitätsaspekte in Förderrichtlinien zu integrieren. Die Ergebnisse des vorliegenden Projekts stellen eine Reihe von Ansatzpunkten, die in Vorgaben integriert werden können, dar. Die Herausforderung bei der Integration in Förderschemen ist, ohne exorbitanten Aufwand für die Förderstelle und ohne Abschreckung von Förderwerbern eine tatsächliche Qualitätssteigerung der Installationen zu erreichen. In Wien wurden mit der Unterstützung des Projektteams bereits an die Projektergebnisse angelehnte Qualitätsvorgaben für solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche über 50 m² in der Förderrichtlinie integriert. Es handelt sich dabei um die Kombination des Nachweises einer fundierten Ertragsvorhersage in monatlicher Auflösung, die nach einem Betriebsjahr den realen Einsparungen in einem bereitgestellten Ertragsformular gegenüberzustellen ist und dem Nachweis eines vorgegebenen Abnahmeprotokolls. Die Dokumente für die Umsetzung orientieren sich an den im Qualitätssicherungspaket des vorliegenden Projektes enthaltenen Dokumenten „Monatlichen Kontrollprotokoll für Betreiber“ und „Muster-Abnahmeprotokoll“.

In komprimierter Form eines grafisch aufbereiteten Ratgebers wurden die Ergebnisse dieses Kapitels jeweils für die Zielgruppe des Neubaubereichs bzw. des Sanierungsbereichs aufbereitet. Im Ratgeber sind Verweise auf die empfohlenen Musterdokumente, die dem Ratgeber beigelegt sind, enthalten.

Um für Verbesserungen flexibel zu sein und Interessenten zur einfacheren Verarbeitung die Musterdokumente in elektronischer Form zu Verfügung stellen zu können, werden diese in ihrer aktuellsten Version auf Österreichs umfangreichster Informationsplattform für Solarwärmeanwendungen unter www.solarwaerme.at/Profi-Center zum Download bereitstehen.

6 Messtechnisch unterstützte Optimierung und Betriebsführung von solarthermischen Anlagen

6.1 Erhebung zur aktuellen Verbreitung messtechnischer Überwachung bei solarthermischen Großanlagen in Österreich

Mittels einer telefonischen Befragung der Verantwortlichen für umgesetzte Solaranlagen in Österreich (meist Gebäudeverwalter und Anlagenbetreiber jedoch auch teilweise Techniker und Architekten) wurde die zu dem Zeitpunkt aktuelle Anwendung von messtechnischen Maßnahmen in Verbindung mit großen thermischen Solaranlagen analysiert. Neben der tatsächlichen Verbreitung von messtechnischen Maßnahmen, wurden die beteiligten Personen auch nach ihren Einschätzungen zur Notwendigkeit von Qualitätssicherungsmaßnahmen sowie zum sinnvollen Ausmaß messtechnischer Überwachung von solarthermischen Großanlagen befragt.

Struktur der erhobenen Gebäude

Solaranlagen größer 50 m² werden primär in den Bereichen mehrgeschossiger Wohnbau, Tourismus, Nahwärmenetze, Heime und öffentliche Gebäude wie Schulen und Hallen eingesetzt. In der durchgeführten Befragung ergab sich ein Überhang der untersuchten Anlagen auf dem Sektor des mehrgeschossigen Wohnbaus durch die Konzentration einer großen Zahl von Solaranlagen bei einzelnen Wohnbauträgern bzw. Ansprechpartnern.

Tabelle 2 zeigt die Aufteilung der untersuchten Solaranlagen auf die einzelnen Bereiche.

Aufteilung der untersuchten Solaranlagen	
Einzelanlagen	72 23,5 %
Tourismus	10 3,3 %
Schulen, Hallen	2 0,7 %
Seniorenheim	6 2,0 %
Contracting/Nahwärme	54 17,6 %
Wohnbauträger	234 76,5 %
Total	306

Tabelle 2: Aufteilung der untersuchten Solaranlagen

Von den zum Zeitpunkt der Untersuchung geschätzten 1.700 in Betrieb befindlichen solarthermischen Großanlagen in Österreich repräsentiert die Erhebung bei insgesamt 306 erfassten Anlagen einen Anteil von etwa 18 %.

Überwachte Anlagen und verwendete Geräte

Laut Angabe der befragten Personen werden 83 % der 306 erhobenen Anlagen messtechnisch überwacht. Unter dieser grundsätzlichen Überwachung wurden jedoch auch einfache Messgeräte wie Wärmemengenzähler oder Drucksensoren verstanden.

Bei genauerer Analyse der einzelnen Anwendungsbereiche ergeben sich im Bereich Geschoßwohnbau 80 Prozent, im Bereich Tourismus 70 Prozent, im Bereich Schulen und Hallen von Gemeinden 50 Prozent und bei Wohnheimen und bei Anlagen mit Contractingmodellen bzw. die in Nahwärmenetze eingebunden sind, jeweils 100 Prozent in irgendeiner Form messtechnisch überwachte Anlagen (siehe Abbildung 14).

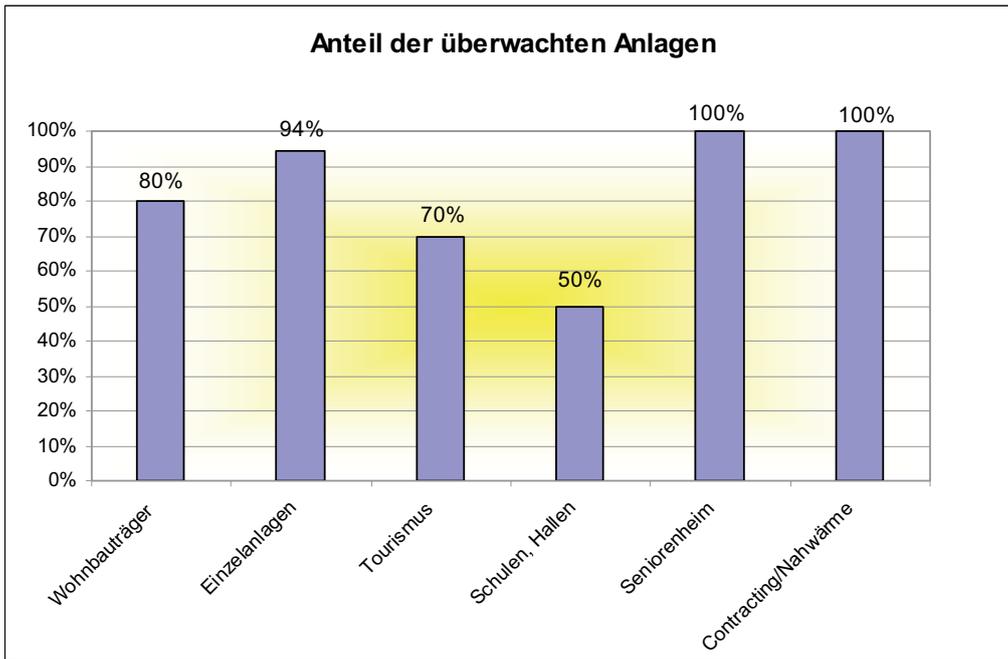


Abbildung 14: Anteil der überwachten Anlagen unterteilt in Anlagen von Wohnbauträgern und einzelnen Betreibern (Untergruppen einzeln ausgewiesen)

Im Bezug auf die verwendete Hardware war zu erkennen, dass der Großteil der solarthermischen Anlagen mittels modularer Haustechnik (z.B. DDC) mit Anschluss an einen PC zur Auswertung überwacht wird. Ergänzt werden diese Daten häufig durch manuelles Ablesen von anderen Messgeräten, wie beispielsweise eines Gaszählers. Auffallend war, dass nur wenige der erhobenen Anlagen durch frei programmierbare Kompaktregelgeräte überwacht werden, obwohl sich einige geeignete Geräte am Markt befinden.

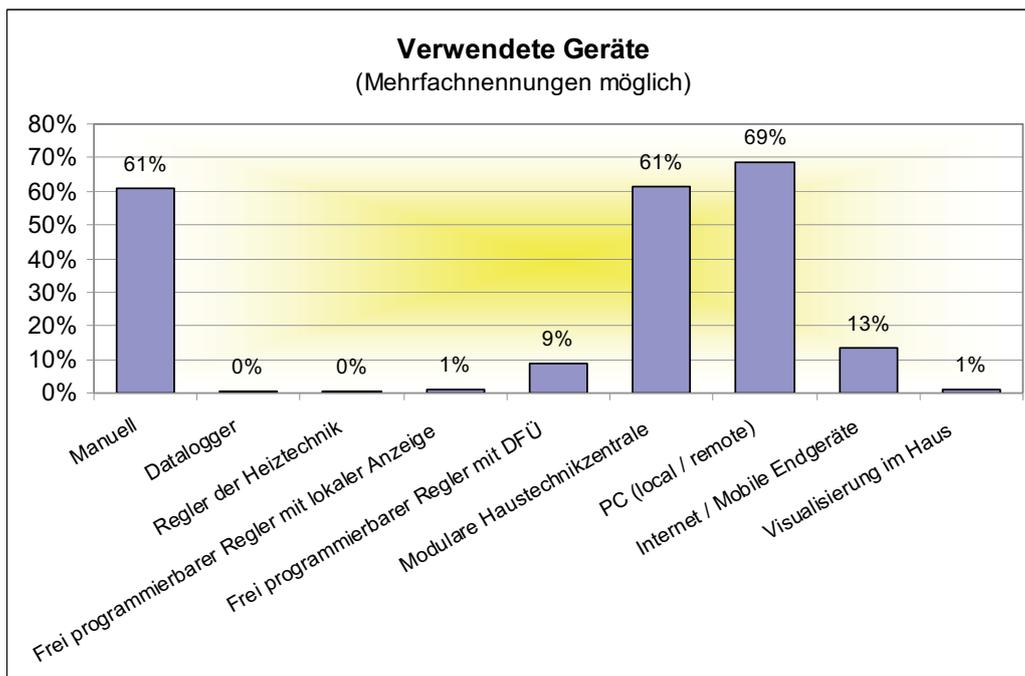


Abbildung 15: Verteilung der zum Monitoring verwendeten Geräte bei den Anlagen, die messtechnisch überwacht werden (Mehrfachnennungen waren möglich)

Als Auswahlmöglichkeit in Bezug auf die Wichtigkeit einer messtechnischen Überwachung von großen thermischen Solaranlagen wurden den Befragten die Kategorien unwichtig, wichtig und unumgänglich angeboten. Es stellte sich heraus, dass insgesamt über 82% der Befragten eine messtechnische Überwachung für unumgänglich, lediglich 1,9% der Befragten diese für verzichtbar und der Rest der Befragten, knapp 16 %, sie zumindest für wichtig ansieht. Auffallend war jedoch, dass praktisch alle befragten Besitzer und Betreiber von großen Solaranlagen eine messtechnische Überwachung für unumgänglich, also absolut notwendig halten, während lediglich ein Viertel der befragten Techniker dieser Meinung ist und der Rest die messtechnische Überwachung für „wichtig“ hält.

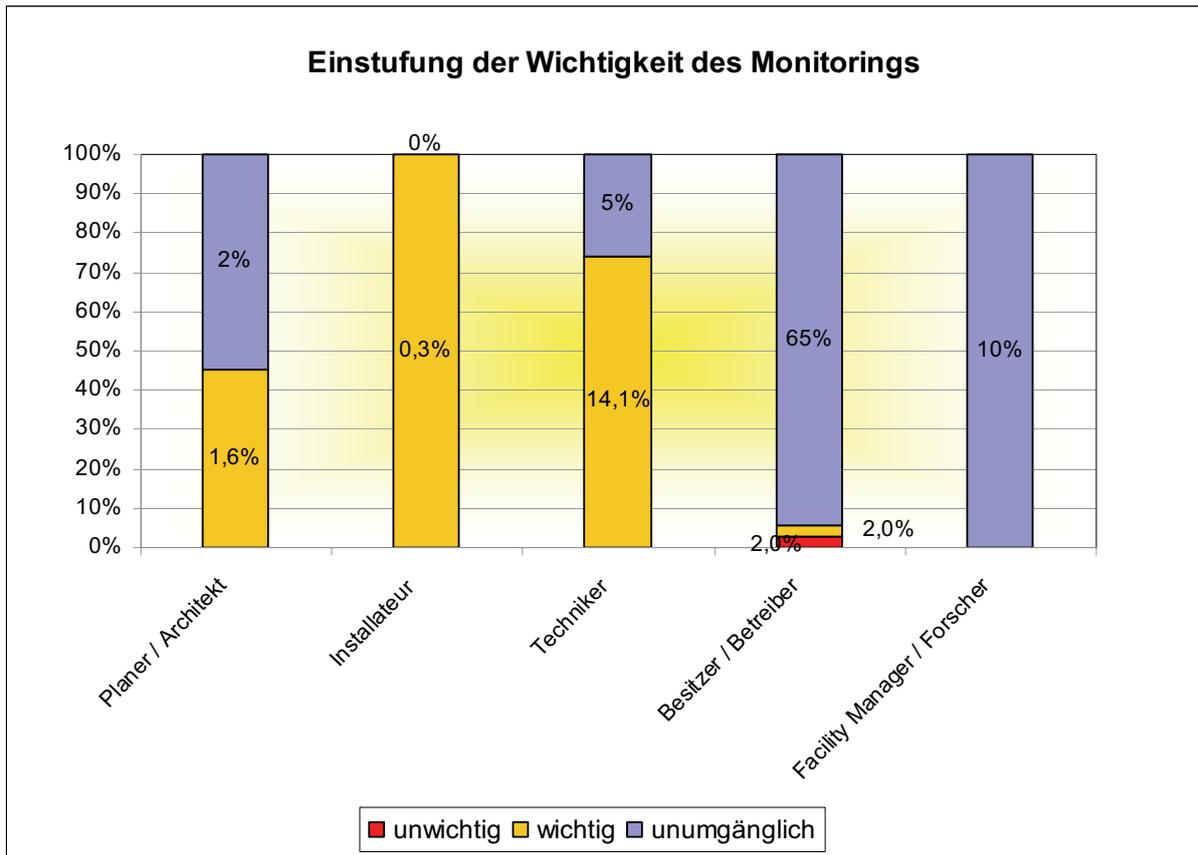


Abbildung 16: Einstufung der Wichtigkeit einer messtechnischen Überwachung je nach Funktion der befragten Personen (Prozentwerte bezogen auf Anzahl aller Befragten).

Zusammenfassung

Grundsätzlich ist zur Erhebung anzumerken, dass vor allem auf dem Gebiet des Wohnbaus tendenziell mit der Solartechnik erfahrene Betriebe durch die Erhebung erfasst wurden und so das Ergebnis hinsichtlich Durchdringung der Messtechnik etwas zu optimistisch zu beurteilen ist. Unterstützt wird diese Tendenz noch dadurch, dass bedingt durch eine bessere Erreichbarkeit eher Referenzanlagen und für ihre Erfahrung mit Solaranlagen bekannte Unternehmen bei der Erhebung befragt wurden.

Die Untersuchung zeigt, dass sich vor allem Anwender, die wiederholt auf solarthermische Technologie setzen, der Bedeutung einer messtechnischen Überwachung bewusst sind. So wird bei Einzelprojekten z.B. im Tourismus häufiger auf eine Überwachung verzichtet als bei wiederholter Anwendung z.B. durch Wohnbauträger. Bei der Befragung kam hervor, dass diese Tatsache nicht nur auf mangelnde Erfahrung sondern letztendlich häufig auf die entstehenden Mehrkosten zurückzuführen ist. Erfahrene Anwender (hier vor allem

Wohnbauträger und Energiedienstleistungsunternehmen) nehmen aufgrund der Vorteile im Betrieb bewusst höhere Investitionskosten in Kauf, während Kunden bei Einzelprojekten aus Kostengründen darauf verzichten und dies häufig im Nachhinein bereuen. So wollen einige der befragten Hoteliers demnächst ihre Anlagen mit einer Ertragskontrolle nachrüsten.

Eine detaillierte, telefonische Erhebung des Status Quo betreffend messtechnischer Überwachung z.B. hinsichtlich der Detailliertheit der Vermessung hat sich unter anderem durch die Vielzahl an möglichen und angewendeten Messanordnungen sowie den vielfältigen, teilweise sogar austauschbaren Verwendung der Begriffe Funktionskontrolle und Ertragskontrolle als schwierig erwiesen. Die klare Unterscheidung und Definition der Begriffe „Funktionskontrolle“ und „Ertragsbewertung“ wurde erst in weiterer Folge des Projektverlaufs vorgenommen.

Befragt auf die ihrer Ansicht nach sinnvolle Ausprägung der messtechnischen Überwachung von großen Solaranlagen lässt sich jedoch grundsätzlich eine eindeutige Präferenz für eine kombinierte Anwendung von laufender Funktionskontrolle und langfristiger Ertragsbewertung erkennen. Deren optimale Ausprägung im Sinne eines Kosten-Nutzen-Optimums wird hingegen durchaus unterschiedlich eingeschätzt.

6.2 Anwendungsgebiete und Kategorisierung der messtechnischen Überwachung bei solarthermischen Anlagen

Wie im Zuge der durchgeführten Befragung deutlich wurde, ist es für eine gründliche theoretische Aufarbeitung des Themas notwendig, eine klare Kategorisierung der verschiedenen Anwendungsgebiete der messtechnischen Überwachung vorzunehmen.

Angelehnt an theoretische Arbeiten in Deutschland, die in den Kapiteln 6.2.1 und 6.4 näher beschrieben werden, wird in der Folge für die Optimierung und Überwachung von großen thermischen Solaranlagen zwischen drei wesentlichen Bereichen unterschieden. Neben der Anlagenoptimierung während der Inbetriebnahmephase zählen dazu die laufende Funktionskontrolle der Anlage und die Bewertung der Leistung der Anlage durch einen Vergleich mit den Planungszielen. Die drei Bereiche und die zugehörigen Parameter werden in Abbildung 17 dargestellt.

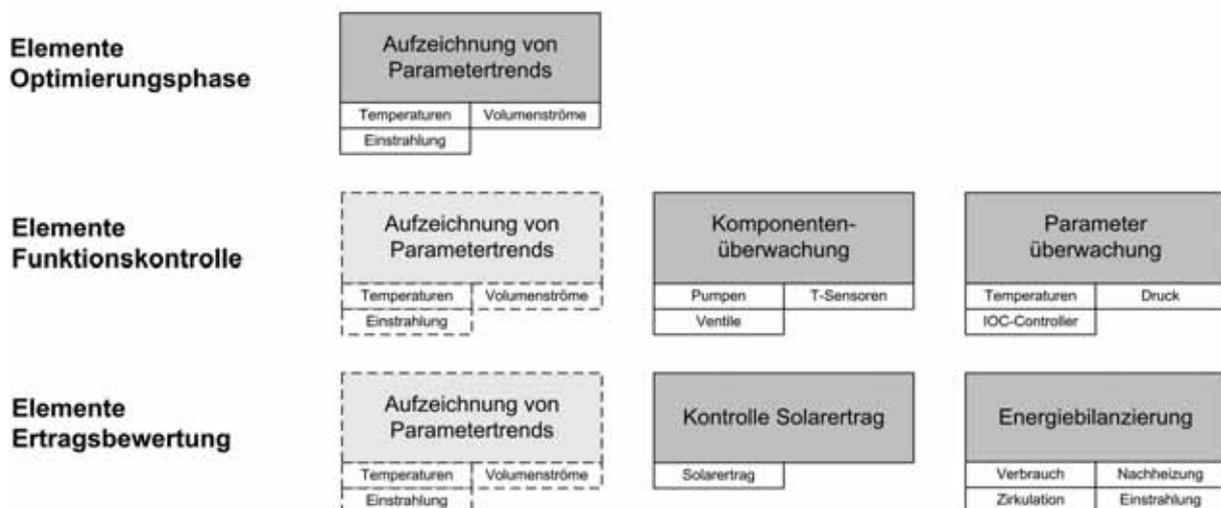


Abbildung 17: Darstellung der drei wesentlichen Anwendungsbereiche für die messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen

Optimierungsphase

Während der Inbetriebnahmephase werden die wichtigsten Systemparameter durch eine Datenaufzeichnung und anschließender Auswertung in Diagrammen analysiert. Während dieser Optimierungsphase werden Komponenten und Regelungseinstellungen auf korrekte Funktion überprüft und gezielte Anpassungen durchgeführt. Dabei kann größtenteils mit den ohnehin für die Regelung vorhandenen Temperatursensoren das Auslangen gefunden werden. Die Aufzeichnung und Auslesung der Parameter Trends wird von vielen Universalreglern bzw. der Gebäudeleittechnik in Verbindung mit einer entsprechenden Visualisierungssoftware unterstützt. Alternativ können während der Inbetriebnahmephase fixe oder mobile Mini-Logger zum Einsatz kommen. Für etwaige Fehlersuchen oder spätere Anlagenadaptionen kann die Aufzeichnung von Parameter Trends routinemäßig als Sammlung von Rohdaten auch nach der Inbetriebnahmephase weitergeführt werden. Am Ende der Optimierungsphase steht die Anlagenabnahme und Übergabe der vollständigen Dokumentation sämtlicher Anlagenparameter und Einstellungen. Beim später beschriebenen automatisierten *ISTT Verfahren* (siehe Kapitel 6.2.1) steht am Ende dieser Phase sogar bereits ein auf Messdaten basierender Prognosewert für den Jahresertrag der betreffenden Anlage zur Verfügung.

Funktionskontrolle

Die Funktionskontrolle als laufende Überwachung der Solaranlage auf Defekte kann die Überwachung von Komponenten an sich und die Überwachung von bestimmten gemessenen Parametern umfassen. Ziel ist die schnelle Erkennung von Komponentengebrechen, Anlagenausfällen und groben Anlagenmängeln. Abgesehen von einzelnen Komponenten wie Pumpen oder Regelungen, die eine aktive Erkennung von Ausfällen unterstützen und entsprechende Fehlermeldung weiterleiten, sind keine Standardlösungen für die Funktionskontrolle von großen thermischen Solaranlagen am Markt. Bedingt durch die zumeist individuelle Planung von Großanlagen wird auch eine individuelle Planung der messtechnisch unterstützen Routineüberwachung durch den Anlagenplaner nötig. Diese ist für die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen insofern von besonderer Wichtigkeit, als Anlagenausfälle bei einer nicht gegebenen Routineüberwachung über lange Zeiträume unbemerkt bleiben können, da die Nachheizung für den Nutzer unbemerkt die Wärmelieferung der Solaranlage übernimmt. Für die Funktionskontrolle von Solaranlagen kann eine Reihe von Methoden zur Anwendung kommen. Am einfachsten ist die Überwachung von zentralen Komponenten durch Aufschaltung an die Summenstörmeldung der Heiztechnik. Eine verfeinerte Funktionskontrolle stellt die Kontrolle von Systemparametern auf frei bestimmbare Grenzwerte dar, die für Temperaturen und Drücke festgelegt werden können. Wenn auch zeitlich sehr niedrig aufgelöst, ermöglicht auch die Kontrolle des monatlichen Solarertrags eine Überwachung der Funktion der Anlage. Die Ursachen für Funktionsstörungen können im Detail durch die Analyse zeitlich höher aufgelöster Parameter Trends (laufende Auszeichnung von Rohdaten durch Datenlogger) untersucht werden.

Ertragsbewertung

Neben der Anlagenoptimierung zu Beginn des Betriebes und der laufenden Funktionskontrolle ist es sinnvoll, die tatsächlichen Einsparungen durch die Solaranlage regelmäßig zu überprüfen und zu bewerten. Obwohl durch den Vergleich von Einstrahlung und Solarertrag auch eine kurzfristige Ertragsbewertung im Sinne einer Funktionskontrolle möglich ist, wird der Begriff der Ertragsbewertung in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich im Zusammenhang mit der Langzeitbeobachtung der Anlage im Vergleich mit den Planungszielen behandelt. Bei einer grundsätzlich fehlerfrei funktionierenden Solaranlage gibt es eine Reihe von möglichen Gründen für nicht der Erwartung entsprechende solare Erträge, wie zum Beispiel die falsche Dimensionierung von Komponenten, ein von der Dimensionierung abweichender Energiebedarf, geänderte Einstrahlungsverhältnisse oder

unvorteilhaftes Regelungsverhalten. Basis für die Ertragsbewertung sind Monatswerte für den solaren Beitrag, den Beitrag der Nachheizung zur Bereitstellung der benötigten Wärme und für die Wärmeabnahme der Verbraucher. Diese werden von marktüblichen Wärmemengenzählern bereitgestellt und können im einfachsten Fall manuell ausgelesen und etwa in Excel-Diagrammen mit einer einfachen Energiebilanzierung und der Berechnung von typischen Kennwerten wie dem solaren Deckungsgrad ausgewertet werden. Weitere Möglichkeiten der Ertragsbewertung ergeben sich durch die Aufzeichnung von monatlichen Einstrahlungsdaten und durch die Analyse von routinemäßig aufgezeichneten Parameterrends. Die Auswertung dieser Rohdaten ermöglicht detaillierte Einblicke in die Wirkungsweise der Solaranlage und erlaubt Rückschlüsse auf konkretes Optimierungspotential etwa die Regelung betreffend. Treten bezüglich Einstrahlung oder Energieabnahme gravierende Abweichungen bezogen auf die der Dimensionierung zugrunde liegenden Werte auf, müssen die prognostizierten Erträge der Solaranlage neu bewertet werden. Eine wichtige Grundlage für die Ertragsbewertung und Anlagenoptimierung ist neben den erhobenen Daten auch eine vollständige Dokumentation, welche auch die wichtigsten Planungsgrundlagen und Einstellungen beinhaltet.

6.2.1 Recherche von Ansätzen zur Standardisierung und Automatisierung der messtechnischen Begleitung von Inbetriebnahme, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung

Wie bereits angedeutet, kann die messtechnisch unterstützte Optimierung und Anlagenüberwachung von solarthermischen Großanlagen heute noch nicht zum Stand der Technik gezählt werden. Bestrebungen zur Standardisierung, Automatisierung und letztendlich Kostensenkung der messtechnischen Begleitung beschäftigen vor allem wissenschaftliche Einrichtungen mit solarthermischem Schwerpunkt seit einigen Jahren. Besonders in Deutschland wurde das Thema umfangreich behandelt und auf einigen Instituten wurden automatisierte Routinen für messtechnische Überwachung entwickelt.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde versucht, einen möglichst umfassenden Überblick über den Stand der Technik bzw. Wissenschaft zu diesem Thema zu recherchieren. Die in diesem Kapitel dargestellten Methoden bildeten auch den Ausgangspunkt für die im Projekt entwickelten Vorschläge für die Kosten-Nutzen optimierte Anlagenüberwachung (siehe Kapitel 6.6).

In-Situ-Short-Term-Testing-Verfahren (ISTT) zur Ertragsbewertung und Anlagenabnahme

In Zusammenarbeit zwischen der Universität Stuttgart (ITW) und dem Bayerischen Zentrum für angewandte Energieforschung in München (ZAE) wurde das In-Situ-Short-Term-Testing-Verfahren entwickelt. Das Verfahren ermöglicht die Überprüfung der Funktion und die Überprüfung eines garantierten solaren Ertrags einer solarthermischen Anlage unter den bei der Planung zugrunde gelegten Betriebsbedingungen (Wetter, Last- bzw. Verbrauchsprofil). Für die Anwendung in Verbindung mit Solarertragsgarantieverträgen kann mit diesem Verfahren der jährliche Solarertrag auch komplexerer Systeme vor Ort innerhalb von 4-6 Wochen mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Auf eine aufwändige Jahresvermessung, um einen vom Planer prognostizierten Jahresenergieertrag mit der tatsächlich gelieferten Energie nach der Installation vergleichen zu können, kann somit verzichtet werden. Eine zusätzliche Stärke dieses Verfahrens stellt die Möglichkeit der Anlagenoptimierung bzw. Fehler- und Schwachstellenanalyse während des Überprüfungszeitraums dar.

Das Verfahren kann grundsätzlich auch dann eingesetzt werden, wenn Details zu den verwendeten Anlagenkomponenten nicht bekannt sind. Es genügt die Kenntnis der Systemverschaltung und die Größen des Kollektorfeldes und des Speichers. Dadurch eignet sich das Verfahren auch für Untersuchungen in Streitfällen bei bestehenden Anlagen.

Die Überprüfungsphase mit dem ISTT-Verfahren kann eingesetzt werden, sobald die Anlage betriebsbereit ist und offensichtliche Anlagenmängel, die eine Nachbesserung erfordern, ausgeschlossen werden können. Es erfolgt in fünf Schritten:

1. Zu Beginn des Verfahres steht die In-Situ-Vermessung der Anlage über einen Zeitraum von 4-6 Wochen. Während der Messung werden alle relevanten Größen aufgezeichnet (Einstrahlung, Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit, Temperaturen und Massenströme in Kollektor- und Pufferspeicherkreis). Dabei werden gegebenenfalls bestimmte Zustände erzwungen, die im normalen Betrieb der Anlage nicht auftreten (z.B. hohe Temperaturen im Kollektor), aber für eine zuverlässige Bestimmung der einzelnen Parameter notwendig sind.
2. Die zu untersuchende Anlage wird in einem komponentenorientierten, dynamischen Auslegungsprogramm, z.B. in TRNSYS, als Simulationsmodell abgebildet.
3. Anschließend werden die Parameter der einzelnen Anlagenkomponenten durch eine Parameteridentifikation variiert, bis die Abweichungen der Simulationsergebnisse von den Messdaten deutlich unter 5 % liegen.
4. Die Kontrolle der identifizierten Parameter erfolgt sowohl für die einzelnen Komponenten als auch für den gesamten solaren Anlagenteil über eine Vorhersage des Kollektorkreis- bzw. des Solarsystemertrags unter den gemessenen Randbedingungen. Auch hier gilt die Anpassung als ausreichend genau, wenn die Abweichung zwischen Simulation und Messung deutlich unter 5 % liegt.
5. Mit dem Simulationsmodell der gesamten Warmwasseranlage (solarer und konventioneller Anlagenteil) können unter Verwendung der identifizierten Parameter Ertragsberechnungen für standardisierte Randbedingungen vorgenommen werden und damit die Ertragswerte der Planung überprüft werden.

Wesentliches Ziel bei der Entwicklung einer angepassten Messtechnik war es, um die Gewährleistung nicht zu beeinträchtigen, konsequent Eingriffe in die Solaranlage zu vermeiden und alle relevanten Messgrößen von außen in „clamp-on“ Technik aufzunehmen. Abbildung 18 zeigt die eingesetzten Messstellen für eine thermische Solaranlage zur Warmwasservorwärmung. Die Systemgrenze GSR1 definiert den Kollektorkreisertrag während GSR2 die Grenze für den Solarsystemertrag darstellt.

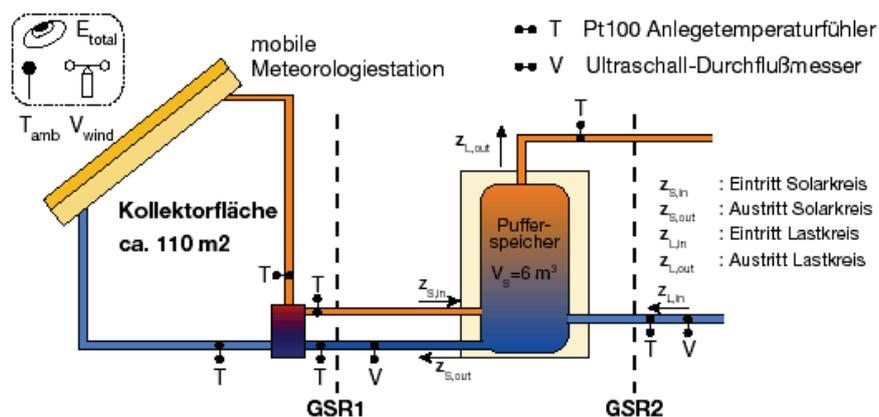


Abbildung 18: Schema mit Messstellen des ISTT Verfahrens (Quelle: ZAE Bayern)

In Forschungsprojekten konnte nachgewiesen werden, dass die relative Abweichung zwischen Simulation und Messung in den strahlungsreichen Sommermonaten für den Kollektorkreis- und Solarsystemertrag unter 5 % liegt und das ISTT-Verfahren damit eine sehr interessante Dienstleistung für die Abnahmemessung darstellt [SCHW03]. Der tatsächliche Anlagenzustand ist allerdings nur für den Zeitraum bekannt, für den Messdaten vorliegen. Anlagenmängel welche nach Beendigung der Messphase auftreten werden ohne Langzeitüberwachung nicht erkannt. Das Verfahren wird vom Entwickler ZAE-Bayern als Dienstleistung zu Kosten von etwa 5.000 bis 10.000 € angeboten⁶.

Input-/Output Analyse zur Funktionskontrolle

Eine naheliegende und einfache Lösung zur Funktionskontrolle von thermischen Solaranlagen ist die Erstellung eines Input-/Output-Diagramms, in dem der Energieinput (eingestrahlte Energie auf den Kollektor) mit dem Energieoutput (durch die Solaranlage bereitgestellte Wärme) verglichen wird. Hierzu ist je nach Anwendung der tägliche/wöchentliche/monatliche Ertrag der Solaranlage in Abhängigkeit von der Globalstrahlung (in der Kollektorebene) des entsprechenden Zeitraumes aufzutragen. Die aufgetragenen Werte sollten grundsätzlich untereinander in einem linearen Zusammenhang stehen. Vor allem bei Großanlagen, die in aller Regel darauf ausgelegt sind, auch im Sommer nicht in Stagnation zu gehen, ergeben sich Abweichungen allenfalls etwa durch niedrigere Kaltwassertemperaturen im Frühjahr. Ausreißer aus dem linearen Zusammenhang deuten auf unplanmäßige Anlagenzustände hin. Werden Tageswerte aufgetragen, können auch Stagnationszeiten zu Ausreißern führen. Wird die solare Nutzenergie bei Vorwärmssystemen mit allein durch die Solaranlage beladenen Speichern am Ausgang des Speichers aufgenommen, wird es bei Tageswerten zu Ausreißern durch die Verschleppung von Wärme auf den nächsten Tag kommen.

Werden Monatswerte im Input-/Output-Diagramm aufgetragen, kann durch Aufnahme der Vergleichswerte aus der Ertragsprognose mit einem Simulationsprogramm bzw. aus Referenzwerten mit diesem Werkzeug auch eine manuelle Ertragsbewertung zur Beurteilung der Anlage erfolgen. Als beispielhafte Anwendung wurden während der Jahre 2003 bis 2006 in Wien durch die Förderrichtlinie das Erstellen eines Input-/Output Diagramms mittels Aufzeichnung der solaren Wärme und der kumulierten solaren Einstrahlung auf die Kollektorfläche für die Förderung von Großanlagen mit einer Kollektorfläche über 50 Quadratmeter eingefordert (siehe Abbildung 19).

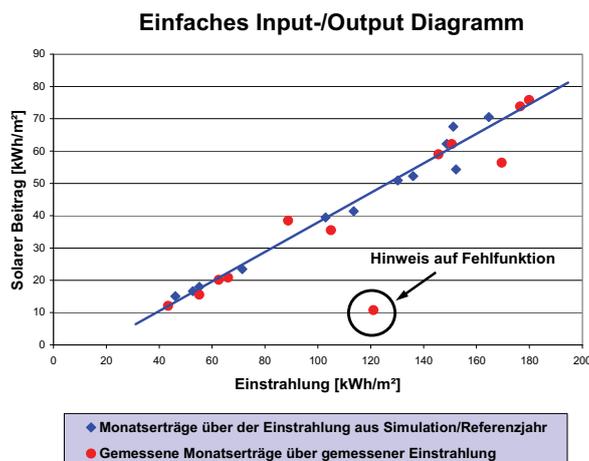


Abbildung 19: Einfaches Input-/Output Diagramm mit Referenzdaten
(Quelle: arsenal research)

⁶ Auskunft von DI Staudacher vom ZAE Bayern, 2007

Zur Bestimmung der beiden verglichenen Energiemengen ist lediglich die Installation eines Strahlungsmessgerätes, eines Wärmemengenzählers sowie eines Gerätes zur Aufzeichnung und Auslesung der aufgenommenen Daten nötig. Eine gewisse Barriere, die wohl die Ursache dafür ist, dass dieses einfache Prinzip nicht viel weiter verbreitet ist, stellt die Notwendigkeit der Strahlungsmessung dar, die bei der Anwendung von Pyranometern zu signifikanten Mehrkosten führt. Untersuchungen [STO04] haben gezeigt, dass kalibrierte Solarzellen für diese Anwendung ausreichende Genauigkeit bieten. Einige wenige speziell für diese Anwendung in Solaranlagen entwickelte Mess- und Aufzeichnungsgeräte, sind auf dem Markt verfügbar, befinden sich jedoch nicht im klassischen Sortiment der großen Anbieter von Komponenten für solarthermische Anlagen.

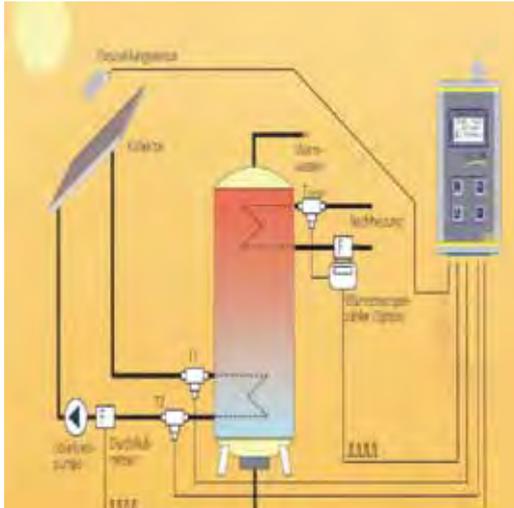


Abbildung 20: Schema eines speziell für die Aufnahme der für das Input-/Output-Prinzip relevanten Größen optimierten Datenloggers (Quelle: TRITEC)



Abbildung 21: Stand-alone Messgerät mit interner Aufzeichnung von Strahlungssummen, Auslesemöglichkeit und Auswertungssoftware (Quelle: SOLARC)

Durch die minimale Messanordnung sind durch die Input-/Output-Analyse lediglich mit Wärmemengenzählern und Strahlungsintegriergerät das Ausmachen von Fehlerursachen sowie die Möglichkeit der Optimierung sehr begrenzt. Die Verfeinerung und Automatisierung des Prinzips stellt der automatisierte Input-/Output-Controller dar, der auch die Fehlerursache in Diagrammen mit Tagesparameter Trends unterstützt.

Input-Output-Controller (IOC) zur Funktionskontrolle und Ertragsbewertung

Am Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) wurde in den letzten Jahren zur kombinierten Funktionskontrolle und Langzeitüberwachung von thermischen Solaranlagen ein Verfahren basierend auf dem Input-Output-Kontrollalgorithmus (IOC) entwickelt. Das Grundprinzip entspricht dem weiter oben beschriebenen Input-/Output-Verfahren des Vergleichs eines erwarteten Ertrags mit dem tatsächlich von der Solaranlage erbrachten Ertrag. Bei entsprechend hoher Auflösung und Prognosegenauigkeit kann mit diesem Verfahren eine weitgehend standardisierte Funktionskontrolle des solarthermischen Anlagenteils realisiert werden. Folgende drei Zentralelemente stellen das Grundprinzip beim IOC-Verfahren dar:

1. Innerhalb eines Bilanzzeitraums wird der tatsächlich von der Solaranlage erbrachte solare Ertrag gemessen (Ist-Ertrag).

2. Für die im Bilanzzeitraum gegebenen Betriebsbedingungen (Wetter, Last) wird der theoretisch zu erwartende solare Ertrag ermittelt (Soll-Ertrag).
3. Je nach Grad der Abweichung zwischen Ist- und Sollertrag erfolgt eine Bewertung des Systems, die in Form einer Meldung ausgegeben wird.

Die Schritte 2 und 3 können vor Ort in einem Kompakt-IOC-Gerät erfolgen oder in Leitrechnern moderner DDC-Steuerungsanlagen bzw. bei Anschluss eines Data-Loggers zur lokalen Messwertaufnahme über Datentransfereinrichtungen in zentralen Servern durchgeführt werden. Durch die automatisierte Auswertung der in der Solaranlage erfassten Messwerte mit dem IOC-Algorithmus ist es möglich, ohne manuelles Eingreifen direkt ein Signal zu generieren, das erkennen lässt, ob die Anlage im erwarteten Effizienzbereich läuft oder ob signifikante Abweichungen des realen Ertrags vom „theoretisch“ erwarteten Ertrag vorliegen. Der erwartete Ertrag wird dabei anhand der gemessenen Einstrahlung (Input), der Charakteristiken des installierten Kollektors und den Gegebenheiten des realen Anlagenbetriebs in-situ ermittelt. Eine zentrale Rolle spielt die korrekte Parametrierung der Solaranlage im Regler für die korrekte Ertragsermittlung.

Das IOC-Verfahren zeichnet sich durch eine geringe messtechnische Zusatzausrüstung, einer weitgehenden Standardisierung der Messtechnikforderungen sowie einen einheitlichen und vielseitig anwendbaren Algorithmus zur Bestimmung der gemessenen und erwarteten Erträge aus. Während bei der Anwendung des IOC-Verfahren für Kleinanlagen die solare Nutzwärme im Kollektorkreis aufgenommen werden kann, liegt die Kontrollgrenze für den solaren Ertrag bei typischen Groß-Solaranlagen mit Puffer-Boiler Lösungen am Wärmetauscher zur Solarspeicherentladung (siehe Abbildung 22).

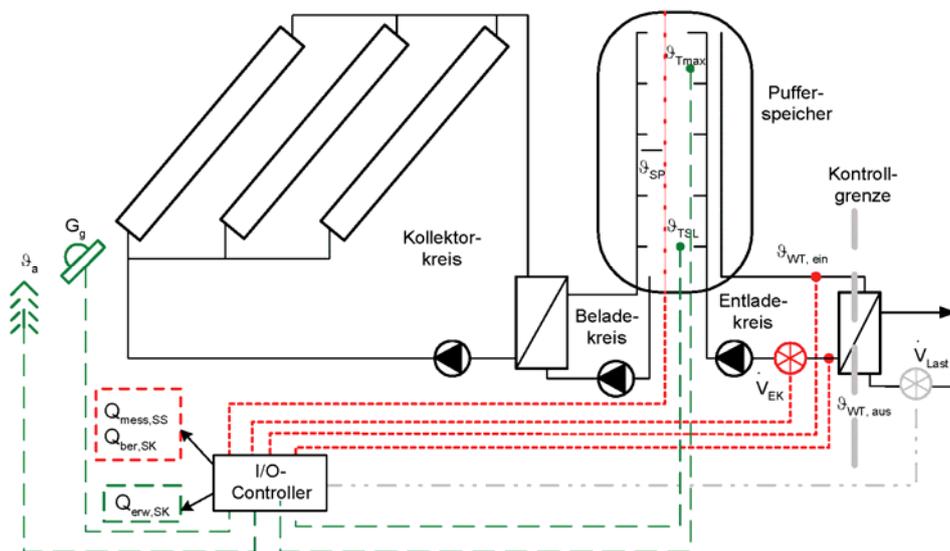


Abbildung 22: IOC Messanordnung bei solarthermischen Großanlagen zur Warmwasservorwärmung (Quelle: ISFH)

Lastreduktionen werden im Algorithmus durch die eingeführte „typische solare Last-Temperatur“ [VAN06] berücksichtigt, sodass Mindererträge durch ausbleibende Abnahme nicht als Anlagenmängel deklariert werden. Darüber hinausgehende Mängel werden im Verfahren durch den Vergleich mit unterschiedlichen Standardbetriebszuständen erkannt. Bei Abweichungen vom normalen Betriebszustand ermittelt das System selbständig die mögliche Ursache und gibt mit Hilfe eines Zusatzprogramms (Software „IOC-Klick“ siehe

Abbildung 23) Lösungsvorschläge für die Störung an. In einem Diagramm werden Tagesgänge der Sensorwerte dargestellt um die Gründe der Abweichungen zu veranschaulichen. Bei untolerierbaren Abweichungen, die auf Unregelmäßigkeiten oder Störungen beruhen, wird eine Meldung ausgegeben.

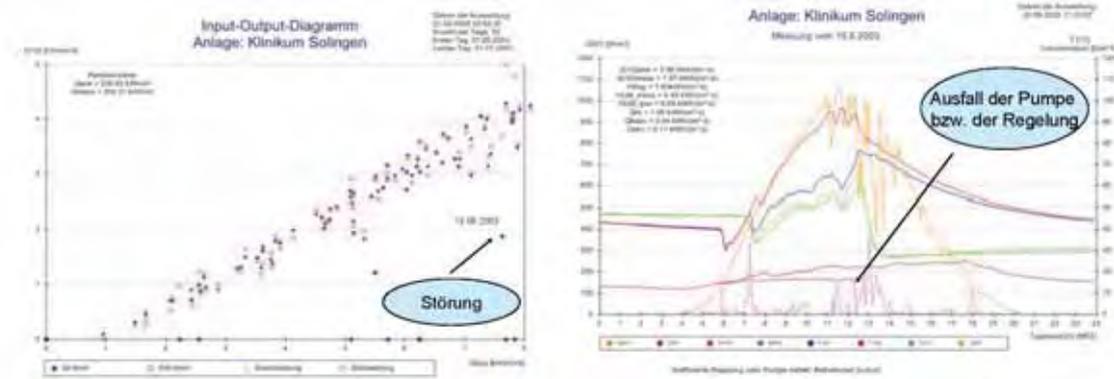


Abbildung 23: ICO Diagramm mit Tageswerten und einem automatisch durch Anklicken des auffälligen Tages generierten Diagramm mit Parameterverläufen zur Analyse der Störung (Quelle: ISFH)

Bei korrekter Parametereingabe erkennt das System nach Angaben des ISFH 99 % aller Störungen mit einer Verfahrensunsicherheit von 6,6 %. Die gegebene Messtechnik- und Softwareumgebung kann auch für eine Ertragsbewertung und das manuelle Erkennen von Anlagenoptimierungspotential durch die Analyse von Tagesgängen in der Software herangezogen werden.

Für die Anwendung in Kleinanlagen ist mittlerweile das erste kommerzielle IOC Modul auf dem Markt. In der ersten Version des Kontrollmoduls wird der Kollektorkreis und somit die dazu gehörenden Systemelemente wie Regelung, Pumpen, Ventile und Wärmeübertrager überwacht. Es besitzt 13 Sensoreingänge und einen Datenspeicher für 64 Tage zur Aufzeichnung aller Temperaturen und der kumulierten Wärmemengen. Die Fernauslesung der Daten erfolgt über ein GSM-Paket des Herstellers. Für die in Großanlagen interessante Implementierung des Kontrollalgorithmus in die Gebäudeleittechnik wurde ebenso bereits die kommerzielle Umsetzung in Angriff genommen.

Automatisierte Langzeitüberwachung der Uni Kassel

An der Uni Kassel wurde in den letzten Jahren ein kombiniertes, automatisiertes Verfahren zur Inbetriebnahmeprüfung (Anlagenoptimierung durch Erkennen von Montage- und Einstellungsfehlern) und Langzeitüberwachung (laufenden Funktionskontrolle und Ertragsbewertung) von solarthermischen Großanlagen entwickelt.

Das entwickelte System basiert auf automatisierten Plausibilitätsprüfungen und einer simulationsbasierten Ertragskontrolle. Messdaten werden über den Anlagenregler aufgenommen, auf einem PC-System an der Solaranlage zwischengespeichert und schließlich tageweise automatisch zu einem Auswertungssystem übertragen. Dort findet die eigentliche Funktionskontrolle statt. Bei der Plausibilitätsprüfung handelt es sich um eine automatisierte Überprüfung der Messdaten auf unplausible Werte. Hierzu wurde das Anlagenverhalten durch stationäre mathematische Algorithmen abgebildet und die einzelnen Messdaten sukzessive nach Fehlern durchsucht. Die Überprüfungen laufen dabei in verschiedenen Komplexitätsstufen ab. Zur Überprüfung von Regelungsvorgängen werden kurze Datenintervalle (1-Minuten-Mittelwerte) aufgezeichnet, die für einige Teilprüfungen in längere Datenintervalle umgerechnet werden. Ausgefallene Regler und Sensoren können mit dem Verfahren direkt identifiziert werden. Ebenso gelingt nach Angabe der Uni Kassel die

Detektion vieler Regelabweichungen, wodurch falsch arbeitende oder falsch eingestellte Regler identifiziert werden können. Die Grenzen dieses Verfahrens liegen darin, dass nicht für alle denkbaren Fehlzustände Identifikationsalgorithmen gefunden werden können und die Systemverschaltungen bei Großanlagen häufig individuell geplant sind. Damit sind, je nach Anlage, sehr unterschiedliche Fehler denkbar und es verbliebe auch bei sehr sorgfältiger Anpassung der Algorithmen an das jeweilige Solarsystem ein (Rest-)Risiko, dass ein Fehlzustand mit erheblichen Ertragsnachteilen nicht erkannt würde. Um dieses weitgehend auszuschließen, wird als weiterer Kontrollschritt die simulationsgestützte Ertragskontrolle angewendet. Bei diesem Verfahrensteil findet ein Vergleich von gemessenen mit unter gleichen Randbedingungen in der Simulationssoftware TRNSYS simulierten Tageserträgen statt. Als Vergleichsstellen werden dabei die Energieerträge für Be- und Entladung der Solarspeicher gewählt. Ausgefallene Komponenten können nicht direkt identifiziert werden, grobe Systemstörungen werden aber in jedem Fall bemerkt. Des Weiteren gibt dieses Verfahren darüber Auskunft, wie groß die Ertragseinbußen sind, wenn in den Plausibilitätskontrollen Mängel festgestellt und gemeldet wurden. Damit ist wiederum eine Entscheidung möglich, wie schnell ein Mängelzustand behoben werden muss. Eine Inbetriebnahmeprüfung ist deshalb möglich, weil die gemessenen Größen mit Auslegungs- und/oder Herstellerkennwerten verglichen und keine auf den Anfangszustand des Systems bezogenen Vergleichsgrößen benutzt werden.

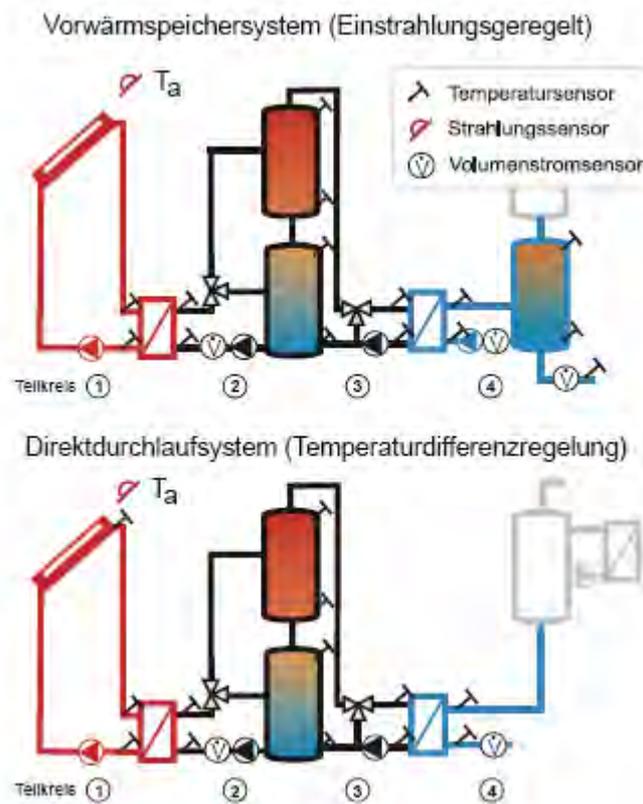


Abbildung 24: Referenzhydraulikschemen inklusive Messtechnik im Projekt "Langzeitüberwachung großer solarintegrierter Wärmeversorgungsanlagen" (Quelle: Uni Kassel)

Zusätzlich zur Standardausrüstung die für die Regelung werden je ein Strahlungs- und Volumenstromsensor sowie, je nach Regelschema, etwa vier Temperatursensoren benötigt. Zur Anbindung an den lokalen PC wird ein mit dem Regler entwickeltes Loggingmodul verwendet. Der als Auswertungsrechner fungierende PC-Computer kann eine Vielzahl von Anlagen überwachen und stellt damit anlagenbezogen kaum eine nennenswerte Investition

dar [WIE06]. Die Herausforderung stellt die Abbildung bzw. das Einbinden eines neuen Systems in die komplexe Simulationsumgebung und Überwachungsroutine auf dem zentralen Überwachungscomputer dar. Die jährlichen Kosten für diese Dienstleistung werden bei der Verwendung von kostengünstigen Aufzeichnungs- und Übertragungslösungen von der Uni Kassel in der Größenordnung von 250 bis 1.000 € pro Jahr beziffert [VAJ07].

Standardisierte Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle von solarthermischen Großanlagen im wissenschaftlich begleiteten Feldversuch OPTISOL

Unter der Projektleitung der AEE INTEC verfolgte das Projekt OPTISOL anhand von 10 Beispielanlagen die Zielsetzung nachzuweisen, welche Anlagenergebnisse bei entsprechend hohen Qualitätsstandards in Planung, Umsetzung und Betrieb zu Erreichen sind. Im Projekt wurden 10 Anlagen des gleichen Typs (solare Kombianlagen mit zentralem Pufferspeicher und 2-Leiter-Verteilnetz) messtechnisch mit einer standardisierten Messanordnung und Datenauswertung begleitet.

Nach der Inbetriebnahme des Wärmeversorgungssystems und dem Bezug der Wohnungen erfolgte für die Demonstrationsobjekte eine intensive Monitoring- oder Optimierungsphase (ca. 2 Monate). Daraufhin erfolgten eine weiterführende „Routineanlagenüberwachung“ und die Erstellung von Energiebilanzen über ein Betriebsjahr. Abbildung 25 zeigt anhand eines typischen Hydraulikschemas die gewählten Messstellen.

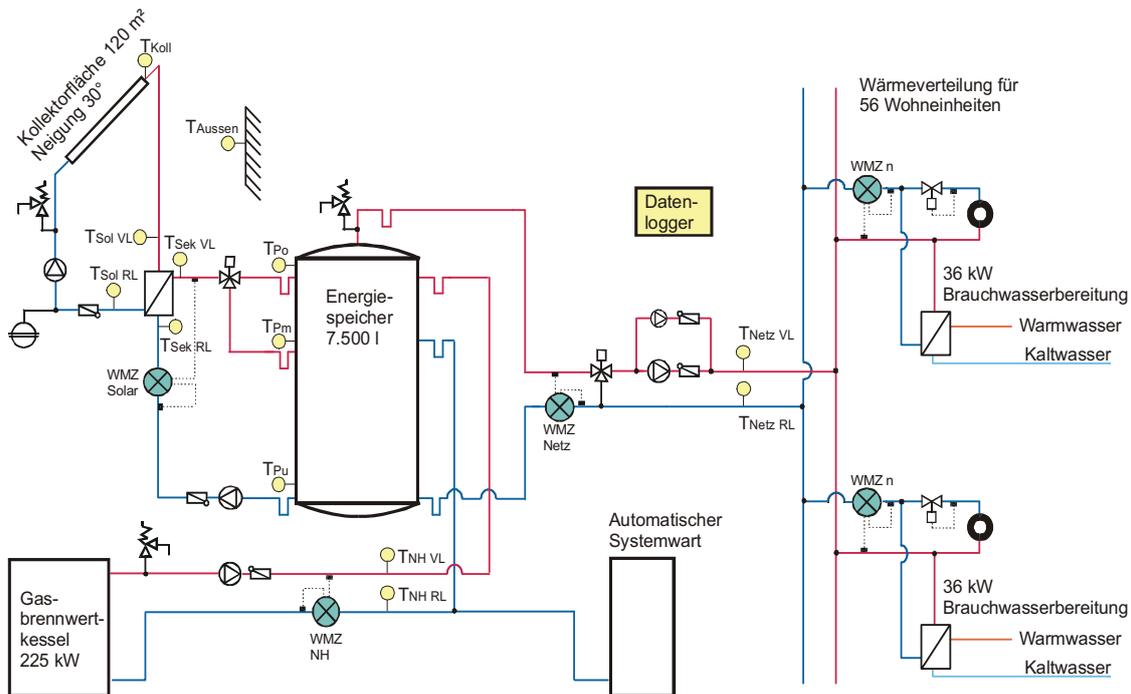


Abbildung 25: Typisches Hydraulikschema mit den standardisierten Messstellen im Projekt OPTISOL (Quelle: AEE INTEC)

Zur Datenaufzeichnung und Routineüberwachung wurde teilweise die vorhandene Gebäudeleittechnik bzw. vor allem in kleineren Wohnbauten ohne Gebäudeleittechnik freiprogrammierbare Regler eingesetzt, die ebenfalls alle Anforderungen zur Datenauswertung erfüllte. Trotz der wissenschaftlichen Ausrichtung der messtechnischen Überwachung wurde versucht mit einem effizienten Satz an Messstellen zu arbeiten. Sämtliche Temperaturmesspunkte, die auch zur Regelung verwendet werden, stehen auch für Monitoringzwecke zur Verfügung. Die am Regler zwischengespeicherten Daten können je nach nötiger Detaillierung (in der Monitoringphase beispielsweise täglich) zeitverzögert über

ein Telefonnetz ausgelesen werden. Störmeldungen (Systemtemperaturen bzw. Temperaturverhältnisse) können selbsttätig an entsprechende Stellen versendet werden.

Während die umfangreiche Energiebilanzierung unter die Kategorie wissenschaftliches Monitoring zur Bewertung der Anlagenhydraulik fällt, sind vor allem die Funktionskontrollen anhand von Temperaturkriterien interessant, die für ähnliche Anlagentypen in dieser Form verwendet werden können (siehe dazu auch Kapitel 6.6).

Vor Inbetriebnahme der Anlage wurden folgende Temperaturgrenzen definiert, bei deren Über- bzw. Unterschreitung automatisch eine Störmeldung (z.B. als Email) generiert wurde. Darin sind die Art des Fehlers, die Uhrzeit des Fehlereintritts und die Höhe der Unter- bzw. Überschreitung der definierten Temperatur angegeben. Folgende Temperaturkriterien wurden im gegenständlichen Projekt als Basis für Störmeldungen definiert:

- Wärmeverteilstrom vorlauf kleiner 55°C
- Energiespeicher im oberen Bereich kleiner 60°C und größer 100°C
- Wärmeverteilstrom rücklauf größer 40°C
- Kollektortemperatur um 20 K über der unteren Energiespeichertemperatur
- Speichermaximaltemperatur (80°C) nicht erreicht
- Primärvorlauf der Solaranlage größer 100°C

Die Kosten für Hardware und Betreuung des Monitorings in OPTISOL betragen ca. 5.000-10.000€ je nach Größe des Systems und Aufwand in der Optimierungsphase.

Standardisierte Ertragsbewertung und Funktionskontrolle von solarthermischen Anlagen zur Warmwasservorwärmung in Frankreich

In Frankreich wurde viele Jahre lang in Verbindung mit einer Standardhydraulik für Warmwasser-Vorwärmanlagen der Einbau einer standardisierten Messanordnung zur monatlichen Ertragserfassung und zur Kontrolle von Ertragsgarantien unter dem Schlagwort „Garantierte solare Resultate (GSR)“ eingefordert. Diese standardisierte Messanordnung, die auch ein Minimum an Funktionskontrolle erlaubt, kommt mit einem Kaltwasserzähler, vier Temperatursensoren und zwei Betriebsstundenzählern der Pumpen im solaren Primär- und Sekundärkreis aus.

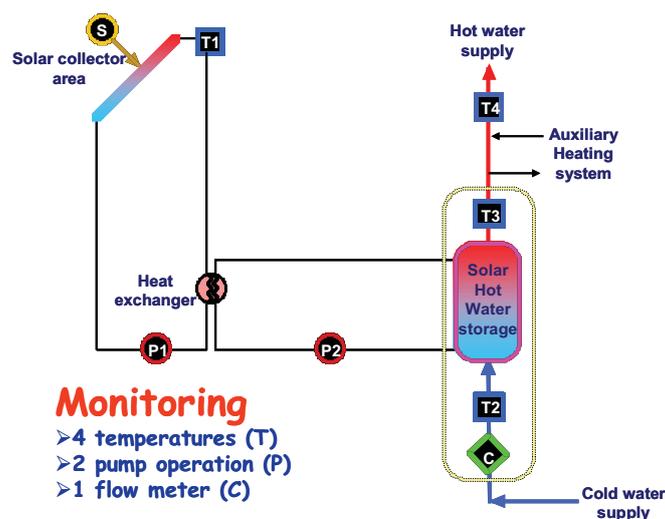


Abbildung 26: Typische, in Frankreich im Zusammenhang mit GSR realisierte Anlagenhydraulik mit den für das Verfahren notwendigen Messstellen (Quelle: TECSOL)

Neben der durch die monatliche, auf einer Simulation basierenden Ertragsbewertung bewerkstelligten groben Funktionskontrolle wird eine automatisierte Plausibilitätsprüfung der Pumpenlaufzeiten im Verfahren angewendet.

Die Messwerte, insbesondere die von den Kollektoren gelieferten Wärmemengen, werden 10-minütlich erfasst und nachts per Modem zu einem Rechner mit der installierten Auswertungssoftware übertragen. Automatisiert wird eine grobe Plausibilitätsprüfung auf Basis der aufgezeichneten Laufzeit der Pumpen durchgeführt. Monatlich wird die von den Kollektoren gelieferte Energie bilanziert. Durch einen manuellen Vergleich mit monatlichen Simulationsergebnissen aus dem Simulationsprogramm f-chart werden bei diesem Vorgehen Ertragsminderungen detektiert. Die Unsicherheiten der Analyse betragen nach Angaben der Entwickler rund 10 % der solaren Jahres-Wärmelieferung. Eine Fehlerdetektion ist wie auch bei den in weiterer Folge beschriebenen Verfahren abgesehen von den über den Vergleich der Pumpenlaufzeiten ableitbaren Mängeln erst lange Zeit nach dem ersten Auftreten der Störung möglich. Das einfache, in Frankreich standardisierte Konzept mit der geringen Anzahl von Sensoren beruht auf einer Anlagenhydraulik, in der trinkwasserführende Solarspeicher eingesetzt werden. Für diese spezielle Anwendung gibt es Regler mit integriertem Datenlogger und eine standardisierte Software auf dem Markt. Diese Art von Systemen stellen aus Hygienegründen in Österreich nicht mehr den Stand der Technik bei großen Solaranlagen dar. Die Kosten für die Messwerterfassung und Auswertung betragen in etwa 10.000 € [LUB97].

Zusammenfassung

Die Anzahl der in diesem Kapitel beschriebenen Ansätze zur automatisierten Optimierung bzw. Überwachung von solarthermischen Anlagen zeigt, dass in den letzten Jahren eine Reihe von interessanten Verfahren und auch bereits erste Geräten entwickelt wurden. Aktuell ist die Verbreitung und Bekanntheit dieser Konzepte auf dem Markt jedoch noch sehr gering. Außerhalb von Forschungsprojekten marktrelevant sind in Österreich aktuell vor allem individuelle Lösungen zur Ertragsbewertung und mit der damit einhergehenden groben Funktionsüberwachung von solarthermischen Großanlagen. Dieses „Verfahren“ ist jedoch zur kurzfristigen Fehlererkennung und vor allem für die Anlagenoptimierung, wie sie bei solarthermischen Großanlagen notwendig ist, nicht ausreichend bzw. geeignet.

Hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Genauigkeit lassen die beschriebenen automatisierten Methoden wenige Wünsche offen. Durch ihre Komplexität sind sie aber gegenwärtig als Dienstleistung an die entwickelnden Institute gebunden und führen zu Mehrkosten, die noch kaum in einer Projektkalkulation unterzubringen sind. Einzig das IOC-Verfahren befindet sich im Status der Patentierung und des kommerziellen Markteintritts, wodurch sich in Zukunft vor allem bei Nutzung der Kostensenkungspotentiale breitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sollten.

Bis zur Marktreife der dargestellten automatisierten Verfahren ist zu erwarten, dass individuelle Lösungen, die im Rahmen der Gebäudeleittechnik oder mit frei programmierbaren Regelungen umgesetzt werden, zur Anlagenoptimierung und Betriebsüberwachung zum Einsatz kommen werden. So beschäftigte sich das vorliegende Projekt mit der Aufbereitung der theoretischen Grundlagen für die Umsetzung von individuellen Lösungen zur Anlagenüberwachung mittels aktuell am Markt verfügbaren Gerätschaften. Weiterentwicklungen der dargestellten Verfahren sollten genau beobachtet werden, weil ein möglichst hohes Maß an Standardisierung und Vorfertigung die Umsetzung einer messtechnischen Überwachung in Zukunft deutlich erleichtern könnte. Auch die Implementierung von Elementen der dargestellten Verfahren, etwa eines IOC-Moduls für die Funktionskontrolle des Kollektorkreises als Element eines individuellen Konzepts könnte in Erwägung gezogen werden.

6.3 Grundlagen zur Ertragsbewertung und zum Anlagenvergleich

6.3.1 Kennwerte für solarthermische Anlagen

Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von thermischen Solaranlagen im Vergleich zu den Planungszielen wird im Projekt unter dem Begriff Ertragsbewertung behandelt. Nachdem die Planung und Dimensionierung von thermischen Solaranlagen anhand von technologiespezifischen Kennwerten erfolgt, orientiert sich auch die Bewertung der Anlage in der Langzeitanalyse an diesen.

Die Tatsache, dass bei der Integration solarthermischer Technologie eine Vielzahl von hydraulischen Einbindungen und Ausformungen der Wärmeverteilung möglich sind (etwa die Unterscheidung zwischen Anlagen zur reinen Brauchwassererwärmung bzw. Anlagen die auch der Heizungsunterstützung dienen) macht es schwierig, allgemeingültige Definitionen von Kennwerten festzulegen. Verbunden damit ist die Schwierigkeit, klare Angaben zur Positionierung der Wärmemengenzähler zur Aufnahme der nötigen Messdaten zu geben. Sind nicht eine Vielzahl von Informationen zur Solaranlage bekannt, ist es in der Praxis schwierig, seriöse Bewertungen und vor allem Vergleiche zwischen solar unterstützten Heizungssystemen zu unternehmen.

Als eines der Ziele des vorliegenden Projektes, Standards für Kennwerte auszuarbeiten, die Anlagen leichter vergleichbar machen, werden in diesem Kapitel die wichtigsten Kennwerte von solarthermischen Anlagen zusammengefasst. Die Zusammenfassung beruht auf Definitionen internationaler Standards und Richtlinien wie etwa der ISO EN 9488 oder der VDI Richtlinie 6002. Es wird versucht, den Kontext klar zu machen, in dem diese Kennwerte wichtig für die Analyse von solarthermischen Anlagen sind und woraus sich unterschiedliche Interpretationen ergeben könnten.

Die verwendeten Bezeichnungen der Kennwerte ziehen sich durch die Ergebnisse in diesem Projekt und werden Akteuren der Solarbranche zur einheitlichen Verwendung bei Dimensionierungsrichtlinien und Leistungsangaben von solarthermischen Anlagen empfohlen. Dieses Kapitel stellt damit einen Schritt in Richtung interpretierbarer und vergleichbarer Angaben zu solarthermischen Anlagen dar. Es liefert Anwendern wichtige Grundlagen für das grundlegende Verständnis und die fachgerechte Anwendung solarthermischer Technologie.

Kollektor-Bezugsfläche

Bei der Beschreibung des Aufbaus von thermischen Sonnenkollektoren wird zwischen drei Bezugsflächen unterschieden. Abbildung 13 veranschaulicht die Unterscheidung zwischen Bruttokollektorfläche, Aperturfläche und Absorberfläche.

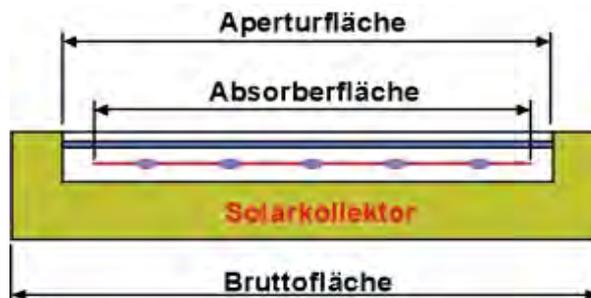


Abbildung 27: Darstellung der unterschiedlichen Kollektorbezugsflächen
(Quelle: Haupt Haustechnik)

Aufgrund der von Kollektortype zu Kollektortype teils signifikanten Unterschiede zwischen dem Verhältnis von Bruttokollektorfläche zur Absorberfläche würde bei der Berechnung von Kennwerten die Verwendung von Daten in welchen unterschiedliche Bezugsflächen verwendet wurden, zu großen Ungenauigkeiten führen. Um die Möglichkeit einer Vergleichbarkeit von berechneten Kennwerten zu gewährleisten, sollte immer klar angegeben sein, auf welche Fläche der Wert bezogen ist. In der Praxis dient häufig die Bruttokollektorfläche als Bezugswert zur Berechnung von spezifischen Kennwerten der gesamten Solaranlage. Offizielle Prüfberichte über Leistungstests verwenden bei der Angabe von Leistungsdaten in erster Linie Werte mit der Aperturfläche als Referenzfläche. Über die unterschiedlichsten Kollektorbauarten hinweg zeigt sich, dass zumeist nur die Aperturfläche eindeutig und technisch einfach ermittelbar ist. Die Aperturfläche liegt größtenteils immer zwischen der Bruttofläche und der Absorberfläche und ist in vielen Fällen gleich der Absorberfläche. Aus diesem Grund empfiehlt sich die Aperturfläche als die Kollektor-Bezugsfläche zur Berechnung von Kennwerten zur Ertragsbewertung.

Solare Nutzwärme Q_{SOLAR}

Als solare Nutzwärme wird jene Energiemenge bezeichnet, die dem Wärmeversorgungssystem von der thermischen Solaranlage bereitgestellt wird. Der Wert ist an der hydraulisch letzten möglichen, eindeutig der thermischen Solaranlage zugehörigen Aufnahmeposition aufzunehmen.

Bei kleineren Solarsystemen, welche den Solarspeicher über interne Wärmeübertrager beschicken, muss dieser Wert direkt im mit Glykol-Wasser-Gemisch gefüllten Solarkreis aufgenommen werden, was den Nachteil einer ungenaueren Messung mit sich bringt. Bei großen Solaranlagen mit externem Wärmeübertrager wird der Wert durch einen Wärmemengenzähler im sekundären Solarkreis aufgenommen. Voraussetzung dafür ist eine gemeinsame Beschickung des Energiespeichers durch das Solarsystem und der komplementären Heizung. Wird der Solarspeicher allein zur Pufferung der Solarenergie verwendet wie in manchen Hydraulikkonzepten zur reinen Brauchwasservorwärmung durch die Solaranlage, ist die solare Nutzwärme nach dem Solarspeicher aufzunehmen. So werden die Verluste des eindeutig der Solaranlage zuzuordnenden Speichers der Solaranlage zugerechnet.

Wärmeeintrag des komplementären Wärmeerzeugers Q_{KOMP}

Die Aufnahme dieser Energiemenge erfolgt über einen Wärmemengenzähler zwischen Wärmeerzeuger und Energiespeicher bzw. Boiler. Dieser Wärmeeintrag wird in der Folge zumeist als Q_{Kessel} bezeichnet. Werden die entsprechenden Ungenauigkeiten in Kauf genommen, kann auch der Verbrauch an Primärenergieträgern (Öl, Gas) unter Berücksichtigung typischer Nutzungsgrade der Wärmeerzeugungsanlagen zur Ermittlung dieses Wertes herangezogen werden.

Auf Kollektor-Bezugsfläche eingestrahelte Energiemenge $Q_{\text{Einstrahlung}}$

Eine wichtige Größe zur Beurteilung von Solaranlagen stellt die jährlich eingestrahelte Energiemenge $Q_{\text{Einstrahlung}}$ (in weiterer Folge auch als $E_{\text{Einstrahlung}}$ bezeichnet) dar. Diese wird mit Hilfe von Strahlungsmessgeräten, welche in einer Ebene mit den Kollektoren montiert sind, aufgezeichnet. Zur Berechnung der spezifischen Einstrahlung „pro m² Kollektorfläche“ ist die Angabe der herangezogenen Kollektor-Bezugsfläche zu beachten.

Spezifischer Solarertrag

Als entscheidende Leistungsgröße von Solaranlagen stellt der spezifische Solarertrag die bedeutendste Kennzahl zur Beurteilung von großen thermischen Solaranlagen dar. Er beschreibt die jährliche Energiemenge, die von einem Quadratmeter Kollektor-Bezugsfläche dem Wärmeversorgungssystem zugeführt wird. Für die richtige Interpretation des Solarertrags müssen weitere Informationen die Dimensionierung und Wärmeabnahme bzw. Systemverluste betreffend vorliegen. Beim Vergleich mit anderen Berechnungsergebnissen ist zu prüfen, auf welche Fläche der spezifische Ertrag bezogen wird.

$$\text{Spezifischer Solarertrag} = \frac{Q_{\text{SOLAR}}}{A_{\text{Kollektor-Bezugsfläche}}} \quad (\text{kWh/m}^2\text{a})$$

Q_{SOLAR} Solare Nutzwärme in kWh
 $A_{\text{Kollektor-Bezugsfläche}}$ Kollektor-Bezugsfläche in m²

Solarer Deckungsgrad

Mit dem solaren Deckungsgrad wird jener Anteil des Energiebedarfs bzw. Energieverbrauchs beschrieben, der durch die Solaranlage gedeckt wird. Trotz der zentralen Bedeutung dieser Zahl gibt es für den „solaren Deckungsgrad“ keine einheitliche Definition. Je nach Betrachtungsweise kann sich dieser auf den Energieinput in das System (verbrauchsorientiert) aber auch auf den Energiebedarf beziehen.

Die gängigste Berechnungsweise ist die verbrauchsorientierte, bei der die solare Nutzenergie in Bezug zum gesamten Energieinput gesetzt wird. Die Systemverluste durch Speicherung (Ausnahme: ausschließlich für die Solarenergie verwendete Speicher) und Verteilungen teilen sich dabei auf die beiden Wärmeerzeuger auf bzw. werden der Nutzenergie (Energie, die dem Verbraucher zur Verfügung gestellt wird) zugerechnet. Diese Berechnungsform wird auch in den gängigen Simulationsprogrammen verwendet. Die verbrauchsorientierte Definition des solaren Deckungsgrades ist messtechnisch am einfachsten erfassbar, ist auch gut auf verschiedenste Hydraulikvarianten übertragbar und erlaubt am ehesten einen direkten Anlagenvergleich.

$$\text{Solarer Deckungsgrad SD} = \frac{Q_{\text{SOLAR}}}{Q_{\text{KOMP}} + Q_{\text{SOLAR}}} \quad (\%)$$

Q_{SOLAR} Solare Nutzwärme in kWh
 Q_{KOMP} Wärmeeintrag des/der komplementären Wärmeerzeuger(s) in kWh

Eine andere Definition des solaren Deckungsgrades beschreibt jenen Anteil, den die durch die Solaranlage bereitgestellte Wärme am jeweiligen Nutzenergiebedarf Q_{NUTZ} deckt. Wichtig ist dabei die Angabe, ob die thermische Solaranlage lediglich die Brauchwassererwärmung (mit oder ohne solarer Zirkulationsrücklaufanhebung) oder auch die Raumheizung unterstützt. Verteil- und Zirkulationsverluste können dabei vor allem bei großen Gebäuden und ungünstig ausgeführten Rohrleitungen einen signifikanten Anteil am Energiebedarf einnehmen und sind zu berücksichtigen bzw. getrennt auszuweisen.

Die verwendete Berechnungsmethode entspricht der Definition des solaren Deckungsgrades in der ISO EN 9488. Sie führt zu höheren Werten des solaren Deckungsgrades gegenüber der verbrauchsorientierten Berechnungsweise. Nachdem er das Wärmeversorgungssystem nicht ganzheitlich betrachtet, besitzt er auch zur Beurteilung des Nutzens der Solaranlage nur eine begrenzte Aussagekraft.

$$\text{Solarer Deckungsgrad SD} = \frac{Q_{\text{SOLAR}}}{Q_{\text{NUTZ}}} \quad (\%)$$

Q_{SOLAR} Solare Nutzwärme in kWh

Q_{NUTZ} Nutzenergiebedarf in kWh

Angesichts signifikanter Unterschiede bei den Ergebnissen wird klar, dass der solare Deckungsgrad immer nur unter Angabe der verwendeten Berechnungsmethode sinnvoll interpretierbar ist.

Auslastung

Dieser Kennwert gibt an, wie viele Liter Brauchwasser (unter Berücksichtigung der entsprechenden Vorlauftemperatur) bzw. wie viele Kilowattstunden Gesamtwärmebedarf in einem bestimmten Zeitraum pro Quadratmeter Kollektor-Bezugsfläche seitens des Verbrauchers abgenommen werden. Er beinhaltet in Verbindung mit der Größe der Solaranlage gesetzte Angaben zur Wärmeabnahme und ist daher in der Dimensionierung und Analyse von thermischen Solaranlagen von zentraler Bedeutung. Als spezifischer Wert stellt er sowohl für Dimensionierung als auch Ertragsbewertung den für die Verbrauchsseite stehenden Ergänzungswert zum Solarertrag und zum solaren Deckungsgrad dar. Üblicherweise richtet sich die Auslegung von großen thermischen Solaranlagen danach, die Kollektorfläche genau so zu dimensionieren, dass die produzierte Wärme vollständig durch die Verbraucher abgenommen werden kann. Nachdem im Sommer das höchste Solarenergieangebot und die geringste Wärmeabnahme gegeben sind, orientiert sich die Bemessung der Kollektorfläche nach der Auslastung eines typischen Sommertages. Je nach dem, ob Zirkulationsverluste von der Solaranlage abgedeckt werden können sind diese bei der Angabe der Auslastung zu berücksichtigen.

Solarer Systemnutzungsgrad

Der solare Systemnutzungsgrad gibt Auskunft über die Effizienz der Nutzung der auf die Kollektor-Bezugsfläche eingestrahlten Energie. Dabei wird die eingestrahlte Energie mit der an das Wärmeversorgungssystem abgegebenen solaren Nutzwärme in Verhältnis gesetzt.

$$\text{Solarere Systemnutzungsgrad} = \frac{Q_{\text{SOLAR}}}{Q_{\text{Einstrahlung}}} \quad (\%)$$

Q_{SOLAR} Solare Nutzwärme in kWh

$Q_{\text{Einstrahlung}}$ Auf die Kollektorbezugsfläche eingestrahlte Energie in kWh

Wesentliche Einflussfaktoren auf den Systemnutzungsgrad sind einerseits die Dimensionierung der Anlage sowie andererseits die Qualität des Solarsystems (Kollektorwirkungsgrad, Verluste der Rohrleitungen, etc.). Niedrige solare Systemnutzungsgrade ergeben sich bei Anlagen, die sich in den Sommermonaten teilweise im Stillstand befinden.

Jahressystemnutzungsgrad

Die Beurteilung von großen thermischen Solaranlagen steht immer in engem Zusammenhang mit der Analyse der Effizienz des gesamten solarunterstützten Wärmeversorgungssystems. Brauchwasserbereitungs- und Heizungssysteme weisen von der Wärmeerzeugung bis zum eigentlichen Verbraucher (Bedarf an Brauchwasser durch den Bewohner, sowie die Wärmeabgabesysteme) Verluste auf, welche bei der Bewertung der Gesamteffizienz von Wärmeversorgungsanlagen möglichst zu berücksichtigen sind.

Die Effizienz des gesamten Wärmeversorgungssystems kann durch den Jahressystemnutzungsgrad beschrieben werden. Die allgemeine Definition des Nutzungsgrades lautet Nutzen durch Aufwand. Als Nutzen wird die an den Verbrauchsstellen (Zapfstellen für Brauchwasser und Wärmeabgabesysteme) zur Verfügung gestellte Energie betrachtet. Als Aufwand werden sämtliche Wärmemengen (Solarsystem, konventioneller Wärmeerzeuger) bezeichnet, die in den Energiespeicher geliefert werden. Somit ergibt sich nachfolgende Definition:

$$\text{Jahressystemnutzungsgrad} = \frac{Q_{\text{HW}} + Q_{\text{BW}}}{Q_{\text{KOMP}} + Q_{\text{SOLAR}}} \quad (\%)$$

Q_{HW}	Heizwärmebedarf der Wohnungen in kWh
Q_{BW}	Brauchwasserbedarf der Wohnungen in kWh
Q_{KOMP}	Wärmeeintrag des komplementären Wärmeerzeugers in kWh
Q_{SOLAR}	Solare Nutzwärme in kWh

Die Ermittlung des Jahressystemnutzungsgrades erfordert eine messtechnisch aufwändige Erfassung der Verteilsystemverluste (Messgeräte in den Wohnungen) und wird in den in der Folge empfohlenen Messanordnungen nur als Option dargestellt.

Vergleichbarkeit von thermischen Solaranlagen

Offensichtlich ist mit den essentiellen Kennwerten des spezifischen Solarertrags, des solaren Deckungsgrades und der Auslastung (aus der Wärmeabnahme bzw. dem Nachheizbedarf abgeleitet) bereits eine relativ umfangreiche Beurteilung der Güte von Dimensionierung und Betriebsweise einer thermischen Solaranlage möglich.

Geht man einen Schritt weiter und will Anlagen untereinander vergleichen, ist zu bedenken, dass weitere Rahmenbedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit einer thermischen Solaranlage haben. Es sind diese die Qualität der eingesetzten Komponenten (Kollektortyp, Speicher, Isolierung), die hydraulische Verschaltung sowie die klimatischen und gebäudetechnischen Rahmenbedingungen.

Als mögliche Grundlage einer Anlagendatenbank, die ein Benchmarking von solarthermischen Anlagen erlaubt, wurde versucht, alle unbedingt notwendigen Parameter zusammenzufassen, die bekannt gegeben werden müssen, um die Anlagen einem Urteil bzw. einem Vergleich unterziehen zu können. Eine diesbezügliche Möglichkeit für ein „Datenblatt für solarthermische Anlagen“ ist in Abbildung 28 dargestellt. Die Auslastung bezogen auf den Warmwasserbedarfs ist grundsätzlich auch für die Beurteilung der Abnahme von solare Kombisysteme geeignet nachdem in der einstrahlungsreichsten Zeit zumeist nur Warmwasserbedarf gegeben ist.

Datenblatt für solarthermische Anlagen

		Planung	Real	
Spezifischer Solarertrag				kWh/m ² .a
Solarer Deckungsgrad	berechnet als Solare Nutzwärme /			%
Durchschnittliche Auslastung				
	inkl. Zirkulationsaufwand			Liter/m ² .d (60°C)
	exkl. Zirkulationsaufwand			Liter/m ² .d (60°C)
Schema				
Solaranlage				
Kollektortechnologie				m ²
Kollektorbezugsfläche				
	Bruttokollektorfläche Aperturfläche Absorberfläche			
Abweichung Süd				°
Kollektorneigung				°
Speichervolumen				m ³
	Energiespeicher			m ³
	Brauchwasserspeicher			m ³
Solare Nutzwärme				kWh/a
Gebäude				
Personenbelegung				Personen
Warmwasserbedarf				Liter/a (60°C)
	inkl. Zirkulationsaufwand exkl. Zirkulationsaufwand			
Heizenergieverbrauch				kWh/a
Beheizte Fläche				m ² BGF
Energiekennzahl				kWh/m ² .a
Klimadaten				
Jährliche Einstrahlung horizontal				kWh/m ² .a
Durchschnittl. Jahresaussentemp.				°C
* alle m ² - Angaben stehen für m ² Kollektorbezugsfläche				

Abbildung 28: Datenblatt mit den wesentlichen Informationen zu thermischen Solaranlagen

6.3.2 Anlagensimulation und Ertragsvorhersage

In Verbindung mit der Ertragsbewertung muss der seriösen Ertragsvorhersage spezielles Augenmerk gewidmet werden. Ertragsprognosen sind für die Umsetzung von Ertragsgarantien notwendig und auch für die monatlichen Routinekontrollen der Solarerträge durch den Anlagenbetreiber von Nutzen. Der Vergleich von Monatswerten des Solarertrags mit Erwartungswerten stellt eine der einfachsten Möglichkeiten für die Funktionskontrolle dar. Nicht zuletzt sollte eine möglichst hochwertige Ertragsprognose jeder Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Solaranlage zugrunde liegen.

Grundsätzlich kann für das Gebiet der Gemeinschaftsanwendungen je nach versorgtem Abnehmer zwischen drei Vorgehensweisen zur Ermittlung von Prognosewerten unterschieden werden.

Die einfachste und eher als Benchmark denn als Ertragsvorhersage zu bewertende Methode stellt das Definieren eines typischen jährlichen Sollwerts des spezifischen Solarertrags für den jeweiligen Anlagentyp dar, der basierend auf der Verteilung der Einstrahlung auf monatliche Sollwerte heruntergebrochen wird. Diese Vorgehensweise wird etwa auf der Homepage der Online-Energiebuchhaltung von Heizungsanlagen unter www.energiebuchhaltung.at gewählt, um darzustellen, ob Solaranlagen im Soll-Bereich oder unterdurchschnittlich arbeiten. Dabei wird der etablierte Soll-Wert von 350 kWh pro Quadratmeter Bruttokollektorfläche und Jahr für Anwendungen im Geschößwohnbau zugrunde gelegt. Die Pauschalisierung des spezifischen Solarertrags, den eine Anlage „ernten sollte“, ist für die individuelle Anlagenanalyse nur bedingt anwendbar.

Wiederum für den Bereich Geschößwohnbau, für den untersuchte, wiederkehrende Lastprofile und typische Verbrauchswerte vorliegen, sind Auslegungsnomogramme eine flexiblere Möglichkeit, den Ertrag abzuschätzen und dabei auch auf den Zusammenhang mit der gegebenen Energieabnahme und dem solaren Deckungsgrad eingehen zu können. Diese Nomogramme beruhen auf umfangreichen Simulationen typischer Hydraulikschemen in verschiedenen Auslegungsvarianten. Für Österreich wurden entsprechende Berechnungen von der TU Graz durchgeführt. Aufgrund der in unseren Breiten vergleichbaren klimatischen Bedingungen können solche Nomogramme für die Abschätzung des zu erwartenden spezifischen Solarertrags und solaren Deckungsgrades verwendet werden.

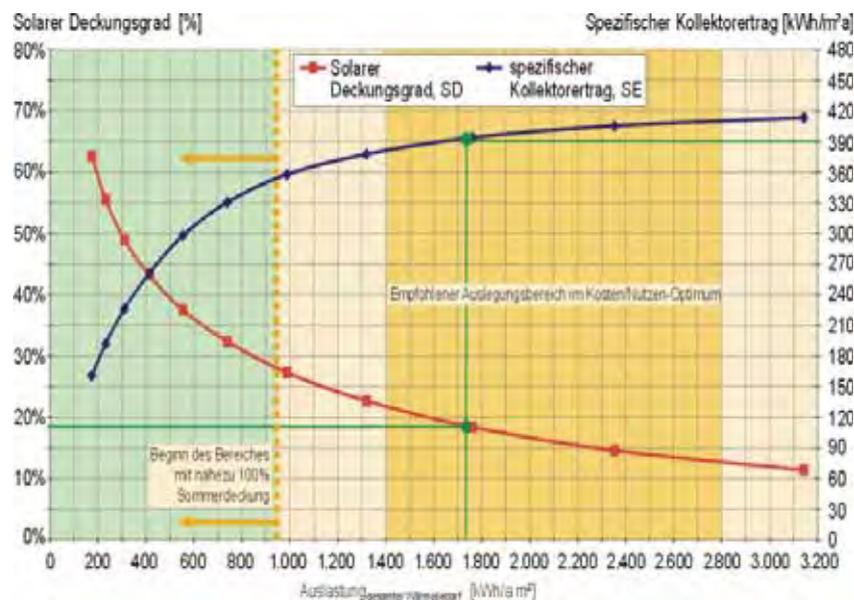


Abbildung 29: Beispiel für ein Auslegungsnomogramm, das als Grundlage zur Ertragsprognose von Anlagen gleichen Typs verwendet werden kann (Quelle: AEE INTEC)

Durch eine prozentuelle Aufteilung der Jahreserträge auf die jeweiligen Monate (etwa anhand der jährlichen Verteilung der auf die Kollektorfläche einfallenden Solarstrahlung) erhält man die nötigen Grundlagen für eine monatliche Ertragsbewertung. Abbildung 29 zeigt beispielhaft ein solches Auslegungsdiagramm für die Anlagenvariante solares Kombisystem mit 2-Leiter-Verteilnetz im Geschloßwohnbau. Entsprechende Auslegungsdiagramme sind auch für andere Anwendungen (Warmwasseranlagen für Geschloßwohnbau oder Tourismus) verfügbar.

Das Maximum an Genauigkeit bei der Ertragsvorhersage wird heute durch die Berechnung der Anlage in speziellen Simulationsprogrammen für thermische Solaranlagen erreicht. Vor allem bei Anwendungen, deren Wärmeabnahmeprofile von Anlage zu Anlage stark unterschiedlich sind (Tourismusbetriebe, Gewerbebetriebe, etc.) muss die Ertragsvorhersage auf diesem Weg erfolgen. Mit der Ausnahme des Bereichs sozialer Wohnbau, für den sich besagte Auslegungsnomogramme als ausreichendes Werkzeug erwiesen haben, sollte die Auslegung jeder größeren thermischen Solaranlage durch eine Anlagensimulation überprüft werden. Obwohl auch Simulationsrechnungen mit einem Unsicherheitsfaktor belegt sind, stellen diese das Maximum an Planungssicherheit dar, das gegenwärtig erreichbar ist. Ein wichtiger Vorteil bei der Ertragsbewertung ergibt sich durch die Möglichkeit, die Anlage mit gemessenen Werten für die Einstrahlung und die Wärmeabnahme nachzusimulieren. Abbildung 30 zeigt ein beispielhaftes Ergebnis für die monatliche Ertragsvorhersage mit dem Simulationsprogramm T*SOL.

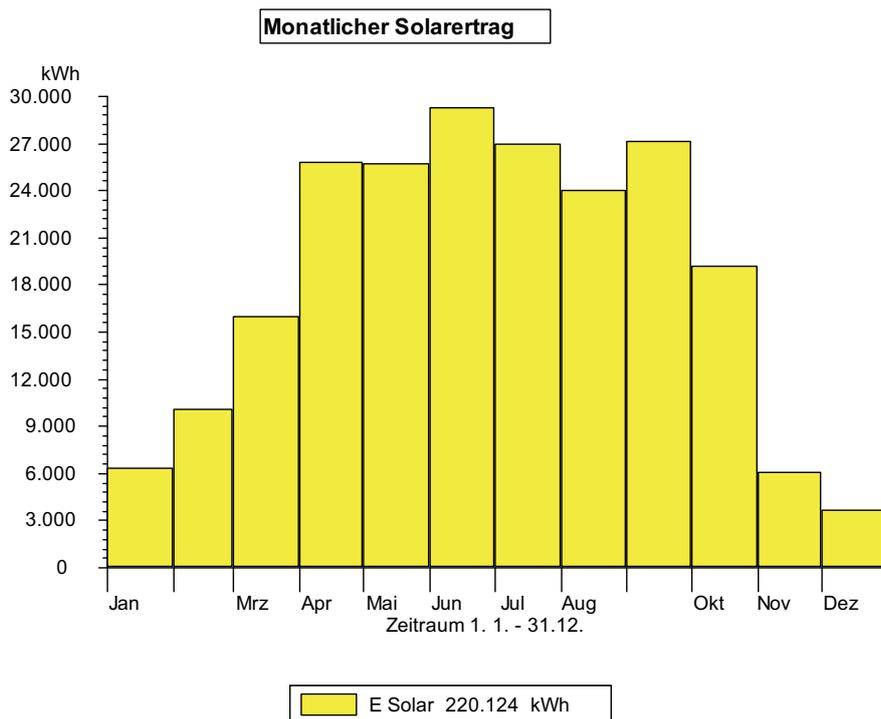


Abbildung 30: Im Simulationsprogramm T*SOL simulierter monatlicher Solarertrag einer 600 Quadratmeter großen Solaranlage für ein Pflegeheim

Eine gründliche Einarbeitung sowie Datenerhebung etwa zur Wärmeabnahme sind Voraussetzung für die sinnvolle Anwendung von Simulationsprogrammen. Während mit einfachen Programmen für Standardanlagen schnelle Ergebnisse erreicht werden können, muss zur Berechnung größerer Anlagen auf komplexere Programme zurückgegriffen werden, deren fachgerechte Anwendung ein gewisses Know-how erfordert. Aus diesem Grund ist es häufig so, dass die Simulation von komplexeren Anlagen durch anbietende

Solarfirmen bereitgestellt wird, die über entsprechende Software und Erfahrung bei der Anwendung dieser verfügen.

Am Markt existiert eine Reihe von Simulationsprogrammen für unterschiedliche Anwendungen die durch die einzelnen Programmverfahren in Kalkulationsprogramme, Zeitschrittprogramme, Simulationsprogramme und Hilfsprogramme unterteilt werden können. In der Folge werden die gängigsten Simulationsprogramme für thermische Solaranlagen vorgestellt. Die Beschreibungen der Simulationsprogramme baut auf jenen im „Leitfaden Solarthermische Anlagen“ der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie [KAS01] auf und wurde um einige Punkte ergänzt.

Kalkulationsprogramme

Als Berechnungsgrundlage werden bei Kalkulationsprogrammen statische Berechnungsverfahren benutzt, die auf Monatsmittelwerten der einzelnen Standorte basieren. Über die jeweiligen Parameter wie Ausrichtung, Kollektortyp und Größe der Kollektorfläche sowie dem Warmwasserbedarf kann der solare Ertrag der Gesamtanlage bestimmt werden. Das Anlagenverhalten wird unter bestimmten Bedingungen in kleinen Zeitintervallen nicht erfasst und die Auswahlmöglichkeit an Anlagenkonfigurationen ist sehr eingeschränkt.

f-chart

Das Kalkulationsprogramm *f-chart* bietet hohe Benutzerfreundlichkeit und Übersichtlichkeit auch für unerfahrene Anwender. Mit diesem Programm können verschiedene Planungsanforderungen, die sich mit der Dimensionierung solarthermischer Trinkwassererwärmungsanlagen mit/ohne Speicher im Ein- oder Zweifamilienhausbereich befassen, gut erfüllt werden. Ebenso können solarthermische Anlagen mit Heizungsunterstützung einfach simuliert werden. Das Programm besteht aus einer benutzerfreundlichen Oberfläche samt Eingabemaske, an der Hinweise zu Grenzwerten bzw. zur Größe der einzugebenden Parameter gefunden werden können. Die gewünschten berechneten Parameter werden mittels Graphik oder Tabelle veranschaulicht.

Zeitschrittanalyseprogramme

Im Unterschied von Kalkulationsprogrammen kann mittels Zeitschrittanalyseprogrammen eine dynamische Bewertung von solarthermischen Anlagen in verschiedenen Zeitabständen erstellt werden. Die hierzu verwendeten Daten stammen aus Wetterdaten und Verbrauchswerten in verschiedener Auflösung. Diese zum Teil sehr genauen Daten ermöglichen ausreichend gute Vorhersagen für Ertragsprognosen. Neben dem solaren Deckungsbeitrag wird auch die erzielbare Brennstoffeinsparung verglichen mit konventionellen Systemen ermittelt. Einige Programme verfügen über eine Optimierungsfunktion wodurch eine ökologische Bewertung anhand von Emissionsdaten ebenso möglich wird wie die Bewertung der Anlagenwirtschaftlichkeit. Die Simulationsrechnungen ermöglichen es, Vergleiche zwischen Kollektorbauarten, Anlagenkonzepten und unterschiedlichen Wärmelasten durchzuführen. Aufgrund der guten grafischen Benutzeroberflächen und der grafischen und tabellarischen Ergebnisausgabe sind diese Programme die am häufigsten angewendeten am Markt.

GetSolar

GetSolar ist ein Zeitschrittanalyseprogramm, das dem Benutzer bei der schnellen Simulation von thermischen Solaranlagen hilft. Es können jedoch keine Wirtschaftlichkeits- und Emissionsberechnungen durchgeführt werden. Im Programm

sind Wetterdateien für verschiedene Standorte und die Möglichkeit Daten aus dem Programm METEONORM zu importieren. Durch eine Zeitlupenfunktion kann der Anwender die einzelnen Prozesse genauer betrachten.

*T*SOL*

Das Programm T*SOL ist eines der bekanntesten Zeitschrittanalyseprogramme und wird in drei verschiedenen Versionen angeboten (Express, Expert und Professional). Die verschiedenen Varianten ermöglichen unterschiedliche Detaillierungsgrade und Eingabemöglichkeiten für die Anlagendimensionierung und stellen dementsprechend unterschiedliche Anforderungen an die Vorkenntnisse des Benutzers und an den Zeitaufwand zur Durchführung einer Simulation.

Die Express Version ist ein einfaches, praktisches und vielseitiges Werkzeug zur schnellen und überblicksmäßigen Auslegung von solarthermischen Anlagen. Diese Version ist vom Funktionsumfang nicht sehr ausführlich, jedoch passt sie sich an die Bedürfnisse der Installateure und Planer an.

In der Expert Version sind eine Vielzahl an Simulations- und Variationsmöglichkeiten enthalten. Ebenso können vorab gemessene Werte für Wasserverbrauch und Strahlung importiert werden. Damit lässt sich das Programm zusätzlich für experimentelle Zwecke nutzen, da auch die einzelnen Datenbanken der Anlagenkomponenten je nach belieben erweitert werden können und aus den einzelnen Simulationen der physikalische Hintergrund der Prozesse ersichtlich wird.

Mit der Professional Version können Simulationen in beliebigen Zeitabständen mit beliebigen Anlagentypen durchgeführt werden. Die Analyse der Ergebnisse erfolgt mit entsprechenden Graphiken oder Tabellen. Ebenso sind Wirtschaftlichkeits- und Emissionsberechnungen sowie eine mögliche Kopierfunktion für den Ex- bzw. Import von Ergebnis- oder Verbrauchsdaten im Programm enthalten.

Polysun

Polysun wird ebenso in drei verschiedenen Varianten angeboten (Light, Professional und Designer). Die umfangreichen Bibliotheken der Komponenten können durch den Import von Daten beliebig erweitert werden und das Programm bietet eine hohe Flexibilität bei der Abbildung von verschiedenen Hydraulikvarianten. Mit einem Verschattungseditor kann eine thermische Gebäudesimulation anhand verschiedener Gebäudetypen durchgeführt werden kann. Um die Pumpenauslegung optimal zu gestalten, wird ein Zusatzprogramm angeboten, das die Druckverluste im Solarkreis berechnet. Die Ergebnisse der Simulationen werden wie in T*SOL als Präsentations-, Detail-, oder Ingenieursreports durch Monatswerte ausgegeben.

Simulationssysteme

Dynamische Simulationssysteme kommen überwiegend für wissenschaftliche Zwecke und zur detaillierten Analyse von Sonderanlagen ab einer Größe von 100 m² zur Anwendung, eignen sich allerdings auch für die simulationstechnische Untersuchung verschiedenster Heizungsanlagenkonzepte und von ganzen Gebäuden. Mit Hilfe dieser Werkzeuge wird es den Planern zwar ermöglicht, Komplettsysteme zu simulieren jedoch ist der Aufwand aufgrund der modularen Struktur, der Komplexität und der vielseitigen Einsetzbarkeit für eine sinnvolle Benutzung des Programms dementsprechend hoch. Daher muss bei einer gewollten Verwendung von einer längeren Einarbeitungszeit über mehrere Wochen bis hin zu Monaten ausgegangen werden. Dem erfahrenen Anwender ist es möglich, die Programme durch neue Modelle zu erweitern. Die zeitliche Auflösung der Simulationsrechnungen ist frei wählbar.

TRNSYS

Mit Hilfe dieses Simulationssystems wird es Planungsbüros oder Installationsbetrieben ermöglicht, thermische Gebäude- und energetische Anlagensimulationen durchzuführen. Hierbei arbeitet das Programm mit sehr hoher Leistungsfähigkeit und Genauigkeit. TRNSYS zeichnet sich durch große Flexibilität aus. Dem Benutzer steht es offen, Quelltexte zu editieren oder mögliche Schnittstellen zu anderen Programmen zu nutzen. Für solarthermische Anlagen stehen eine Reihe von Anlagenkonfigurationen und vorgefertigte Komponententypen zur Verfügung, die vom Anwender entsprechend parametrisiert werden müssen. Zusatzprogramme mit denen die Bedienungsfreundlichkeit um vieles erleichtert wird, da nur noch einzelne Parameter einzugeben sind und der Rest mit vordefinierten Komponenten berechnet wird, sind ebenfalls am Markt erhältlich.

DK-Solar

DK-Solar richtet sich ebenso wie TRNSYS an große Planungsbüros oder Installationsbetriebe die eine komplexe dynamische Gebäude- und Anlagensimulation durchführen möchten. Dieses Programm bietet neben der parallelen Simulation von Gebäuden mit Solaranlagen auch die Möglichkeit Kollektoren welche in die Gebäudehülle integriert werden sollen zu simulieren oder verschiedene Regelstrategien für Mehrspeichersysteme auszuprobieren. Außerdem sind eine Kostenrechnung, ein Strahlungs- und Klimagenerator sowie die Berücksichtigung von Abschattung und Behaglichkeit in den Wohnräumen in diesem Programm implementiert.

Wie beschrieben, können die genannten Zeitschrittanalyseprogramme und Simulationssysteme als geeignet für die Ertragsvorhersage von großen thermischen Solaranlagen angesehen werden. Auswahlkriterien seitens des Anwenders sind die Genauigkeit der Berechnungen, Einarbeitungs- und Bedienungsaufwand, Flexibilität des Programms und natürlich der Preis. Grundsätzlich gilt, dass der Aufwand für den Benutzer mit der Flexibilität des Programms ansteigt.

Tabelle 3 bietet einen Überblick über die beschriebenen Simulationsprogramme und beinhaltet weitere Informationen zu Kosten und Bezugsmöglichkeiten.

Tabelle 3: Vergleich der beschriebenen Simulationsprogramme

Produktname	F-Chart	Getsolar	Polysun	T*SOL	TRNSYS	DK-Solar
Aktuelle Version	7.03	7.2	4.0	4.4	16	4.0
Markteinführung	1988	1993	1994	1993	1974	1980
Basispreis [€], inkl. MwSt.	297,50	355,81	499,00	696,00	5171,5	4250,00
Internet	www.isnet.de	www.getsolar.de	www.spf.ch	www.valentin.de	www.transolar.de	www.delcyb.com
Anwendungsgebiete	Auslegung von Standardanlagen im Ein- und Zweifamilienhausbereich	Simulation von Solaranlagen mit/ohne Heizungsunterstützung	Trinkwasseranlagen für EFH/MFH mit Heizungsunterstützung sowie Großanlagen und Gebäudesimulation	Trinkwasseranlagen für EFH/MFH mit Heizungsunterstützung sowie Großanlagen und Schwimmbäder	Gebäudesimulation, solare Trinkwasseranlagen, saisonale Wärmespeicherung etc.	Viefältige Gebäude- und Anlagensimulation inkl. solarthermischer, photovoltaischer Anlagen, Wärmerückgewinnung, etc.
Besonderheiten/weitere Einsatzmöglichkeiten	Übersichtliches, bedienungsfreundliches und schnelles Grobanalyseprogramm für Kleinanlagen	Zeitschritt-simulationsprogramm für die detaillierte Analyse solarthermischer Systeme, vereinfachte Parameterfassung zur leichteren Bedienbarkeit	Dynamisches Zeitschritt-simulationsprogramm für die detaillierte Analyse solarthermischer Systeme, Optimierung der Kollektororientierung, Optimierungshilfe für Umwälzpumpen, automatische Flächenbedarfsberechnung durch Zielvorgabe der solaren Einsparung	Zeitschritt-simulationsprogramm für die detaillierte Analyse solarthermischer Systeme, Monitoring, Zusatzmodul Schwimmbadauslegung, Zusatzmodul zur Berechnung großer Solaranlagen	Dynamisches, modular aufgebautes Gebäude- und Anlagen-Simulationssystem zur Analyse des Verhaltens von Systemen zur aktiven und passiven Solarenergienutzung oder Systemen zur rationalen Energienutzung, Zusatzprogramm TRNSYSlite	Dynamisches Gebäude- und Anlagensimulationssystem, kompletter Klimagenerator
Ertragsprognose	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Systemoptimierung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Komponenten Import	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Zeitliche Auflösung der Ergebnisse	Monate, Jahr	Stunden, Monat, Jahr	Stunden, Monat, Jahr	Stunden, Monat, Jahr	beliebig	beliebig

6.4 Expertenworkshop zu Kategorisierung und Standardisierung der messtechnischen Überwachung

Die Partner aus Forschung und Industrie im Projekt sowie eine Auswahl an namhaften Experten auf dem Gebiet der Solarwärmenutzung für Gemeinschaftsanwendungen wurden in einem Workshop eingeladen, ihre Erfahrung zur Entwicklung standardisierter Kennwerte zur Beurteilung großer Solaranlagen sowie zur Definition der bestgeeigneten Parameter zur laufenden Anlagenüberwachung einzubringen. Die zu diesem Zeitpunkt erarbeiteten Ansätze des Projektteams zu dieser Standardisierung wurden im Workshop vorgestellt und zur Diskussion gestellt. Der Workshop fand am 8. Juni 2006 in Wien statt.

Ziel des Workshops war es auf Basis der Praxiserfahrungen der Teilnehmer möglichst anwenderorientierte Projektergebnisse zu erreichen. Zur Abstimmung der Bestrebungen zur Vereinheitlichung von Kennwerten und Diktionen im deutschsprachigen Bereich konnte mit DI Lars Staudacher vom ZAE Bayern ein Vertreter des VDI-Ausschusses, der parallel zum vorliegenden Projekt eine Richtlinie zum Thema „Funktions- und Ertragskontrolle an thermischen Solaranlagen“ erarbeitet, begrüßt werden. Auf der Anwenderseite brachte Gerhard Turneretscher, der bei der Steirischen Gas-Wärme GmbH für die Betriebsführung eine großen Anzahl an solarthermischen Großanlagen im mehrgeschossigen Wohnbau verantwortlich ist, seine reichhaltige Erfahrung mit einer Präsentation in die Diskussion ein.

Das Programm gestaltete sich wie folgend:

13:30	Begrüßung, Projektvorstellung und Einleitung zu Kategorisierung von Messkonzepten sowie Kennzahlen	Dipl. Ing. Fritz Brandstetter, Ing. Jan Schindl arsenal research
14:00	Funktion- und Ertragskontrolle von thermischen Solaranlagen aus Sicht eines Anlagenbetreuers	Gerhard Turneretscher Steirische Gas-Wärme GmbH
14:20	Status Quo der Erarbeitung der VDI Richtlinie „2169 - Funktions- und Ertragskontrolle an thermischen Solaranlagen“	Dipl. Ing. Lars Staudacher Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V
14:40	Vorstellung der im Projekt entwickelten Messkonzepte für große thermische Solaranlagen	Ing. Waldemar Wagner AEE INTEC
15:10	Diskussion	

Als Teilnehmer konnten Vertreter aus Wissenschaft, Industrie (Komponentenanbieter, Regelungshersteller) und auch von der Anwenderseite der technischen Abteilungen von Wohnbauträgern begrüßt werden:

Ing. Kurt Fichtenbauer, Technische Alternative, KF
Gerhard Turneretscher, Steirische Gas & Wärme, GT
DI Marcus Deopito, Neue Heimat Steiermark, MD
DI Lars Staudacher, ZAE Bayern, LS
DI Harald Dehner, ASIC, HD
DI (FH) Christian Buchbauer, Gasokol, CB
DI Josef Buchinger, arsenal research, JB

Jan Schindl, arsenal research, JS

DI Friedrich Brandstetter, arsenal research, FB

Ing. Waldemar Wagner, AEE-INTEC, WW

Roger Hackstock, Austria Solar, RH

Alfred Schmuck, Sonnenkraft, AS

Ablauf und Ergebnisse des Workshops

Im Anschluss an die Projektvorstellung wurden von JS die Ergebnisse der Betreiberbefragung zu aktuell gängigen Formen der messtechnischen Überwachung, die im Projekt vorgenommene Kategorisierung von Messkonzepten und Kenngrößen sowie die ausgewählten Standardhydrauliken präsentiert. Während von der Anwenderseite (GT) der praktische Nutzen der Kategorisierungsversuche und Begriffsklärungen hinterfragt wurde, kam es doch zu einem wichtigen Austausch mit LS zu der in der in Deutschland erarbeiteten VDI Richtlinie verwendeten Diktion. Man war sich einig, dass gerade wenn es darum geht, Richtlinien und Empfehlungen zu verfassen, eine einheitliche Wortwahl zumindest im deutschsprachigen Raum sehr hilfreich sei. Schon bei der Definition der Begriffe „Funktionskontrolle“ und „Ertragsbewertung“ wurden signifikante Unterschiede zwischen dem vorliegenden Projekt und der VDI Richtlinie zum Zeitpunkt des Workshops deutlich. Es wurde vereinbart, bis zur Fertigstellung der jeweiligen Ergebnisse möglichst einheitliche Definitionen zumindest der wichtigsten Grundbegriffe zu erreichen.

Bei der Diskussion der von JS vorgeschlagenen Übereinkünfte zu einheitlichen Definitionen und messtechnischen Ermittlung der zur Anlagenbewertung elementaren Kenngrößen „spezifischer Solarertrag“ und „solarer Deckungsgrad“ zeigte sich einmal mehr die diesbezügliche Schwierigkeit, diese Begriffe eindeutig zu definieren. Ziel des Bemühens ist es, thermische Solaranlagen möglichst unabhängig von der gegebenen Hydraulik untereinander auf ihrer Leistungsfähigkeit hin zu vergleichen. Einzig hinsichtlich der Bezugsfläche für spezifische (auf die Kollektorfläche bezogene) Kennwerte konnte man sich auf die „Aperturfläche“ als die korrekteste Größe einigen. Diese wird bei der Normprüfung ermittelt, der praktisch alle am Markt befindlichen thermischen Sonnenkollektoren unterzogen werden. Für eine Diskussion zur Definition des solaren Deckungsgrades und der Aufnahme der zugehörigen Parameter erwies sich die zur Verfügung stehende Zeit als zu kurz und die Skepsis, sich auf eine einheitliche Definition zu einigen war seitens der Workshopteilnehmer groß. KF merkte im Speziellen an, dass er es als schwierig beurteilt, die Speicherverluste entsprechend dem solarthermischen bzw. dem konventionellen Anlagenteil zuzuordnen.

LS präsentierte den Status Quo bei der Erarbeitung der VDI Richtlinie „2169 – Funktions- und Ertragskontrolle an thermischen Solaranlagen“ in Deutschland. Besagte Richtlinie wird sehr ähnliche Inhalte wie das vorliegende Projekt beinhalten. So soll diese unter anderem Hilfestellungen zur Beurteilung einzelner Komponenten, zur Ertragsbewertung, für Vertragsabschlüsse bei garantierten Erträgen, zur Inbetriebnahme und Instandhaltung beinhalten. In der VDI Richtlinie werden in den letzten Jahren in Deutschland entwickelte Verfahren zur automatischen bzw. manuellen Funktionskontrolle bzw. Ertragsbewertung beschrieben. Diese Verfahren sind auch in diesem Bericht in Kapitel 6.2.1 kurz zusammengefasst. Diskutiert wurden Unterschiede bei der Diktion, aber auch die unterschiedlichen hydraulischen Lösungen, die sich für solarthermische Großanlagen in Deutschland bzw. in Österreich etabliert haben. Die österreichischen Teilnehmer bemerkten, dass die zur Darstellung der Großanlage gewählte Hydraulik auf dem österreichischen Markt in dieser Komplexität praktisch nicht umgesetzt wird. Weiters werden in der VDI Richtlinien nicht wie im vorliegenden Projekt Standardhydrauliken zur Veranschaulichung der jeweiligen Messanordnungen verwendet, sondern lediglich zwei beispielhafte Anlagentypen zur Warmwasserbereitung (Standardanlage für den Einfamilienhausbereich und komplexe Vorwärmanlage für Gemeinschaftsanwendungen) behandelt. Gut aufgenommen wurde die in

Deutschland verwendete Unterscheidung zwischen Ertragsbewertung und Funktionskontrolle. Im Unterschied zum vorliegenden Projekt beschränkt sich die VDI Richtlinie mit der messtechnischen Überwachung von thermischen Solaranlagen und beschäftigt sich abgesehen von Hilfestellungen zur technischen Umsetzung von Ertragsgarantiemodellen nicht weiter mit umfassenden Qualitätssicherungsstrategien.

In der Präsentation zur „Funktions- und Ertragskontrolle von thermischen Solaranlagen aus Sicht eines Anlagenbetreuers“ erläuterte GT seine Erfahrungen aus der Praxis. Auf die selbst aufgeworfene Frage, ob Energiebuchhaltung und Anlagenüberwachung lediglich ein Zusatzgeschäft für den Anlagenbetreiber oder eine technische Notwendigkeit sind, führt er aus, dass aus seiner Sicht zumindest in den ersten Betriebswochen eine Überwachung und Optimierung der Haustechnikanlage eine absolute Notwendigkeit darstellen. In den ersten Betriebswochen können Fehler erkannt und behoben werden und so die Anlageneffizienz gesteigert werden. GT macht deutlich, dass optimalerweise der solarkompetente Betriebsführer bereits in der Planungsphase in den Qualitätssicherungsprozess eingebunden wird und das Projekt über die Umsetzung und Anlagenoptimierung bis zur Bestätigung des Solarertrags begleitet. Für die technische Umsetzung der Anlagenüberwachung wird bei der Steirischen Gas-Wärme GmbH zumeist auf eine im Neubau vorhandene Gebäudeleittechnik zurückgegriffen für die laut GT die namhaften Anbieter bereits spezielle Module zur Aufzeichnung und Visualisierung des Betriebes von thermischen Solaranlagen anbieten. JS stellt zur Diskussion, ob diese Lösung verglichen mit der Verwendung von Solarregelungen in Verbindung mit Datenlogger nicht zu relativ hohen Kosten führt. GT erklärte seine Präferenz für die Flexibilität der Gebäudeleittechnik, welche zumeist ohnehin vorgesehen ist und die geringen zusätzlichen Kosten für die Gerätschaft zur Überwachung der solarthermischen Anlage in den Gesamtkosten zumeist untergingen. Als Solarexperte ist GT von der Wichtigkeit einer Projektbetreuung des Anlagenbetreibers von der Planung weg überzeugt. Er verdeutlichte die aus seiner Sicht gegebene Notwendigkeit der Aufzeichnung von Temperaturverläufen, die dann in Diagrammen vor allem in den ersten Betriebswochen ausgewertet werden. Auch für eine seriöse Beurteilung des Ertrags der thermischen Solaranlage sei es nötig, diese mit einer etwas aufwändigeren Messanordnung und Auswertung zu untersuchen.

WW präsentierte den Ansatz des Projektteams zur standardisierten Anlagenüberwachung von solarthermischen Anlagen. JS verdeutlichte auf Nachfrage von LS den Ansatz dass im geplanten Leitfaden für Techniker die vorgeschlagenen Messanordnungen anhand standardisierter Hydraulikschemen, die sich auf dem österreichischen Markt in Gemeinschaftsanwendungen durchgesetzt haben, beschrieben werden sollen. Auf die Frage von KF, welche Lösungen für komplexere Systeme die von den Standardhydrauliken abweichen (Mehrverbrauchersysteme z.B. im Tourismus) andacht seien stellte LS klar, dass für die Bewertung komplizierter Systeme immer Sonderlösungen notwendig seien, die jedoch nach Möglichkeit durch den Einsatz möglichst einfacher hydraulischer Lösungen vermieden werden sollten. Sowohl die VDI Richtlinie und das vorliegende Projekt zielen mit ihren Empfehlungen auf Einverbraucherlösungen ab.

Zur Thematik des sinnvollen Ausmaßes der messtechnischen Überwachung bracht GT ein, dass der Kundennutzen der gewählten Lösung im Endeffekt am wichtigsten sei und damit die Erwartungshaltung des Kunden den Markt bestimmt. Er schilderte seine Erfahrung, dass gegenwärtig bei Solaranlagen mit einer Kollektorfläche von etwa 200 m² sehr wenig über die Mehrkosten der umfassenden Messtechnik, wie sie von seinem Unternehmen angewendet wird, diskutiert wird. Bei kleineren Anwendungen hält er eine Standardisierung und wenn möglich Integration der notwendigen Funktionen in die Solarregelung für sinnvoll. WW merkt in diesem Zusammenhang an, dass die besten Daten nutzlos seien, wenn der mit der Betreuung der Anlage beauftragte nicht in der Lage sei, mit diesen umzugehen und sie unter vertretbarem Zeitaufwand auszuwerten. Er stellt dabei in Frage, ob die Auswertung auf dem PC die Optimallösung darstellt oder ob eine Routinekontrolle nicht auch einfacher über standardisierte Lösungen und Aufzeichnungen durch den Solarregler erfolgen sollte. LS verwies auf die bestehenden Ansätze zur Automatisierung aus Deutschland. GT räumte neuerlich ein, dass er die Entwicklung von speziellen Reglern nicht als unbedingt notwendig

empfindet und mit DDC Anlagen im Geschößwohnbau gute Erfahrungen gemacht wurden und diese sich auch im vertretbaren Kostenrahmen bewegen.

KF als Vertreter einer Firma, die auf Solarregelungen spezialisiert ist wirft die Frage nach der nötigen Qualität der Prüfmittel auf und ob diese bei den Empfehlungen des vorliegenden Projekts eine Rolle spielen werden. JS räumte ein, dass auf die Messgenauigkeit nicht im Detail eingegangen wird, jedoch qualitative Aussagen zu den Anforderungen an die einzelnen Prüfmittel gegeben werden. LS merkte an, dass in der VDI Richtlinie durch die Tatsache, dass die beschriebenen standardisierten Verfahren von Instituten teilweise umfassend evaluiert wurden, die Messgenauigkeit der Verfahren und Prüfmittel gut beschrieben sein wird. FB ergänzte, dass vor allem bei kleineren Anlagen eine Kostenreduktion auf Kosten der Genauigkeit in Kauf genommen werden muss. Im Zusammenhang der Genauigkeit der Ertragsbewertung brachte LS ein, dass bereits bei der Ertragsprognose auch bei der Verwendung von leistungsstarken Simulationsprogrammen ein hoher Unsicherheitsfaktor gegeben ist.

Zusammenfassen kann gesagt werden, dass sowohl im Projekt Q-SOL als auch in der in Erarbeitung befindlichen VDI 2169 versucht wird, Definitionen für Begriffe rund um das Thema Funktions- und Ertragskontrolle zu erarbeiten. Aufgrund der offenkundigen Abweichungen wurde von beiden Seiten bekräftigt, eine so weit wie möglich gehende Abstimmung diesbezüglich zu erreichen. So wurde von den Workshopteilnehmern etwa der Begriff der „Ertragsbewertung“ allgemein für einen besser geeigneten Ausdruck als „Ertragskontrolle“ bewertet. Grundsätzlich herrscht auch Übereinstimmung, dass Begriffe wie „Solarer Deckungsgrad“ möglichst einheitlich verwendet werden sollen, jedoch dabei zu viele Einflussfaktoren gegeben sind, um das im Rahmen des Workshops auszudiskutieren. Ein weiterer Austausch mit dem VDI-Ausschuss bezüglich Standardhydrauliken, Begriffsdefinitionen und auch bezüglich des Projektteils Qualitätssicherungsstrategien, der im vorliegenden Projekt etwas umfassender behandelt wurde, wurde vom Projektteam und LS angestrebt.

Bei der Präsentation der Messkonzepte zeigten sich die Unterschiede im Systemdesign von großen Solaranlagen in Deutschland und Österreich recht deutlich. Für die länderspezifisch typischen Anlagen wurde gewissermaßen jeweils die optimale Instrumentierung präsentiert. Die Diskussion verlagerte sich in Folge weniger auf die notwendigen Messstellen, sondern eher auf die verwendete Hardware. Dahingehend machten die anwesenden Anwender klar, dass ihrer Meinung nach kein dringender Bedarf an neuen Reglerprodukten für Großanlagen gegeben ist, weil gegenwärtig vor allem bei engagierten Wohnbauträgern erfolgreich mit der Leittechnik gearbeitet wird, die in den Projekten ohnehin vorhanden ist. Die solarspezifischen Zusatzkosten fallen vergleichsweise gering aus und bei diesen Lösungen ist man mit dem Umfang der Messanordnung praktisch nicht eingeschränkt.

Das Projektteam leitete daraus die weitere Vorgehensweise ab, beispielhafte Messanordnungen zu definieren, die flexibel mit der gegebenen Hardware je nach gewünschtem Ausmaß der Anlagenüberwachung umgesetzt werden können.

6.5 Recherche von geeigneten Reglern für Anlagenoptimierung und Betriebsüberwachung

Neben der Bestimmung und Standardisierung der geeigneten Messstellen für Funktionskontrolle und Ertragsbewertung stellt die Auswahl einer möglichst kostengünstigen Hardware, welche die theoretischen Anforderungen erfüllt, eine große Herausforderung dar. Interessant sind vor allem Kompaktgeräte, welche neben der Regelung der thermischen Solaranlagen auch eine Aufzeichnung und Speicherung von Betriebsparametern unterstützen. Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, Sensoren auf die Leittechnik aufzuschalten. Die Nutzung einer Leittechnik für die Betriebsüberwachung des solarthermischen Anlagenteils ist jedoch meist nur dann wirtschaftlich vertretbar, wenn diese ohnehin zur Regelung der Haustechnik vorgesehen bzw. vorhanden ist.

Um Möglichkeiten einer kostengünstigen Realisierung von Messanordnungen beurteilen zu können, wurden am Markt verfügbare Regelungsgeräte recherchiert. Tabelle 4 stellt einen Auszug aus den derzeit am Markt befindlichen Solarreglern dar.

Aus dem Pool von Solarreglern wurden im Anschluss jene herausgefiltert, die für die Anlagenoptimierung sowie die messtechnische Überwachung von Anlagenfunktion und Ertrag eingesetzt werden können. Dafür mussten sie zumindest

- eine Aufzeichnung und Speicherung von Sensorwerten (Anlagenoptimierung)
- sowie eine logische Verknüpfung dieser Werte (Funktionskontrolle anhand von Kontrollkriterien)

unterstützen. Über diese Funktionen verfügt nur eine kleine Anzahl der untersuchten Regler, die in Tabelle 5 zusammengefasst ist.

Neben Regelungsgeräten wurde auch Messwertaufnehmer und Datenaufzeichnungsgeräte recherchiert, die für die Anlagenüberwachung von solarthermischen Anlagen verwendet werden können. Details zu diesen Komponenten werden in Kapitel 0 erläutert.

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Tabelle 4: Übersicht von am Markt angebotenen Solarreglern auf Aspekte der Anwendbarkeit zur Funktionskontrolle und Ertragsbewertung

LFnr.:		3	3	5	5	7	7	8	8	8
ANBIETER		Afriso Euro-Index	Afriso Euro-Index	Austria Email	Austria Email	Conergy	Conergy	Consolar	Consolar	Consolar
TYP		Lago SD2	Lago SD3	SDR3	SDR6+	R4000	R6000	Control 300	Control 601	Control 701
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	6	6	7	10	6	7	5	10	22
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:					0	10	0	0	0
	KTY 81-110, KTY 81-210							0	0	0
	PT 100, PT500, PT 1000	6	6	7	10	6	7	5	8	16
	Einheitssignal 0..10V (0..20mA)	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Einstrahlungssensor	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	ja	ja
Sonstige analogen Eingänge			nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Statusingang			nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Schnelle Zähler tur									
	Volumstromzähler	1	1	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	Sonstige digitale Eingänge	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Maximal erweiterbare digitale Eingänge							nein	nein	nein	
integrierte WMZ		1	1	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung:	2	3	3	7	3	6	2	6	16
	davon Relaisausgänge	2	2	3	7	3	6	2	4	3
	davon drehzahlgesteuert	0	1	2	7	3	6	0	1	1
	davon potentialfrei	1	1	(1)	(1)	1	1	1	1	1
Datenaufzeichnung möglich		nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	fix vorgegebene Schemata	nein	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung unterstützt im Internet oder über Hotline möglich	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	Programmierung am PC möglich	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung am Regler möglich	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	nein	nein	nein	ja		ja	nein	ja	ja	
Visualisierung		nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja	ja
Zusatzfunktionen Erweiterung		nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Störungsüberwachung		ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
Schnittstellen	RS 232 oder 485	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	USB	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	Ethernet	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Busschnittstellen	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	Sonstige	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja
Modemanbindung	GSM	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	analog	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	€ 300,00	€ 490,00	€ 1.080,00
Programmkosten Zusatz		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Internet		www.afriso.at; www.comfort-controls.de		www.austria-email.at		www.conergy.com				

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

LfNr.:		9	9	11	11	11	12	12	12	12
ANBIETER		ELCO Klöckner	ELCO Klöckner	GPO-TEC	GPO-TEC	GPO-TEC	Hanazeder	Hanazeder	Hanazeder	Hanazeder
TYP		LOGON Sol compact	LOGON Sol plus	GT-50	GT-100	GT-500	HLC20	HLC10	SH1	SH2
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	3	10	7	10	24	30	20	5	7
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:	0	0	0	0	0	300	200	0	0
	KTY 81-110, KTY 81-210	3	10	0	0	0	ja	ja	ja	ja
	PT 100, PT500, PT 1000	nein	nein	7	10	24	30	20	5	7
	Einheitssignal 0..10V (0..20mA)	nein	nein	ja	ja	ja	20mA	20mA	nein	nein
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein
	Einstrahlungssensor	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
Sonstige analogen Eingänge	nein	nein	nein	nein	ja					
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Status Eingang	nein	nein				ja	ja	nein	nein
	Schnelle Zähler tur Volumsstromzähler	0	1	nein	nein	ja	4	4	1	1
	Sonstige digitale Eingänge	0	0	nein	nein	ja	26	16	0	0
	Maximal erweiterbare digitale Eingänge	0	0	0	0	ja	300	200	0	0
integrierte WMZ		0	1				ja	ja	nein	nein
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung	2	6	5	10	16	20	10	1	2
	davon Relaisausgänge	0	3	2	2	14	4	2	0	0
	davon drehzahlgesteuert	1	3	2	2	2	16	8	1	1
	davon potentialfrei	1	0	0	0	1	4	2	0	0
Datenaufzeichnung möglich		nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja
	fix vorgegebene Schemata	ja	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Programmierunterstützung im Internet oder über Hotline möglich	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung am PC möglich	nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Programmierung am Regler möglich	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	
Visualisierung		nein	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
Zusatzfunktionen		nein	ja	nein	nein	nein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Erweiterung		nein	ja	nein	nein	ja	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Störungsüberwachung		ja	ja	ja	ja	ja	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Schnittstellen	RS 232 oder 485	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	USB	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Ethernet	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
	Busschnittstellen	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein
	Sonstige	nein	ja	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
Modemanbindung	GSM	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
	analog	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST		€ 540,00	€ 362,00	k.A.	k.A.	k.A.	€ 870,00	€ 1.180,00	k.A.	k.A.
Programmkosten Zusatz			€ 919,00	k.A.	k.A.	k.A.			k.A.	k.A.
Internet		www.elco.net		www.qpotec.de			www.hanazeder.de			

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

LfNr.:		12	12	12	14	14	21	21	21
ANBIETER		Hanazeder	Hanazeder	Hanazeder	IMC Solar-Vertrieb	IMC Solar-Vertrieb	Pausch	Pausch	Pausch
TYP		SH3	SH5VFP	SH8VFP	Basis-10/15	Basis-50D	SOLAX	DIGISOL	KOMBOSOL
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	9	12	16	3	10	2	2	2
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:	0	0	0	0	0			
	KTY 81-110, KTY 81-210	ja	ja	ja			2	2	2
	PT 100, PT500, PT 1000	9	12	16	3	10			
	Einheitssignal 0..10V (0..20mA)	nein	nein	nein					
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	nein	nein	nein	ja	ja			
	Einstrahlungssensor	nein	nein	nein	ja	ja			
Sonstige analogen Eingänge						ja	ja	ja	
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Stauseingang	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Schnelle Zähler für Volumstromzähler	1	1	1	0	1	nein	nein	nein
	Sonstige digitale Eingänge	0	1	1	0	1	nein	nein	nein
	Maximal erweiterbare digitale Eingänge	0	0	0	1	0	nein	nein	nein
integrierte WMZ	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung	3	5	8	2	4	4	4	5
	davon Relaisausgänge	0	0	1	2	3	2	2	3
	davon drehzahlgesteuert	1	0	0	0	1			
	davon potentialfrei	0	0	1			2	2	3
Datenaufzeichnung möglich	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	fix vorgegebene Schemata	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierunterstützung im Internet oder über Hotline möglich	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung am PC möglich	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung am Regler möglich	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
Visualisierung	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	
Zusatzfunktionen Erweiterung	k.A.	k.A.	k.A.	nein	nein	nein	nein	nein	
Störungsüberwachung	k.A.	k.A.	k.A.	ja	ja	nein	ja	nein	
Schnittstellen	RS 232 oder 485	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein
	USB	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Ethernet	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Busschnittstellen	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Sonstige	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Modemanbindung	GSM	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	analog	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST	k.A.	k.A.	k.A.			k.A.	k.A.	k.A.	
Programmkosten	k.A.	k.A.	k.A.			keine	keine	keine	
Zusatz									
Internet		www.hanazeder.de			www.imc-solar.de		www.pausch.at		

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

LfNr.:		24	24	24	25	25	25	25	25
ANBIETER		Prozeda	Prozeda	Prozeda	Resol	Resol	Resol	Resol	Resol
TYP		VISIONplus	GENIUSplus	VARITEC	DeltaSol BS/3	DeltaSol BS Pro	DeltaSol BS Plus	DeltaSol E	DeltaSol M
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	7	10	35	4	4	4	13	15
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:								
	KTY 81-110, KTY 81-210								
	PT 100, PT500, PT 1000	7	10	35	4	4	4	13	15
	Einheitssignal 0..10V (0..20mA)		ja	ja					
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Einstrahlungssensor	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	Sonstige analogen Eingänge	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Stauseingang	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
	Schnelle Zähler für Volumstromzähler	ja	ja	ja	nein	nein	nein		1
	Sonstige digitale Eingänge	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Maximal erweiterbare digitale Eingänge	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
integrierte WMZ		ja	ja	ja		1	1	1	2
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung:	3	7	30	2	2	2	8	10
	davon Relaisausgänge	3	7	30	2	2	2	7	9
	davon drehzahlgesteuert	2	7	alle	0	2	2	3	4
	davon potentialfrei	1	1	10	0	0	0	1	1
Datenaufzeichnung möglich		nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	nein	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	fix vorgegebene Schemata	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierunterstützung im Internet oder über Hotline möglich	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Programmierung am PC möglich	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	Programmierung am Regler möglich	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	
Visualisierung		nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
Zusatzfunktionen		nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Erweiterung		nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja
Störungsüberwachung		nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Schnittstellen	RS 232 oder 485	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja
	USB	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
	Ethernet	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	Busschnittstellen	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	Sonstige								
Modemanbindung	GSM	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
	analog	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST		k.A.	k.A.	k.A.	€ 206,00	€ 265,00	€ 298,00	€ 395,00	€ 479,00
Programmkosten		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zusatz									
Internet		www.prozeda.com			www.resol.de				

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

LfNr.:		27	27	34	34	36	36
ANBIETER		Scherer Solartechnik	Scherer Solartechnik	Technische Alternative	Technische Alternative	Viessmann	Viessmann
TYP		MFR 55 S1	MFR 55 SZ	UVR61-3	UVR1611	Vitosolic 100	Vitosolic 200
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	4	8	6	16	3	17
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:					3	13
	KTY 81-110, KTY 81-210	3	7	6	16	3	17
	PT 100, PT500, PT 1000	4	k.A.	6	16	3	17
	Einheitssignal 0..10V (0..20mA)	k.A.	k.A.	nein	ja	nein	ja
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	k.A.	k.A.	nein	ja	nein	ja
	Einstrahlungssensor	k.A.	k.A.	ja	ja	nein	ja
Sonstige analogen Eingänge	k.A.	k.A.			nein	ja	
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Statuseingang	k.A.	k.A.	alle	alle	nein	nein
	Schnelle Zähler für Volumsstromzähler	1	1	1	2	nein	2
	Sonstige digitale Eingänge	k.A.	k.A.			nein	nein
	Maximal erweiterbare digitale Eingänge	k.A.	k.A.		beliebig	nein	nein
integrierte WMZ		k.A.	k.A.	ja	ja	ja	ja
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung	2	5	2	12	2	7
	davon Relaisausgänge	1	3	0	6	2	7
	davon drehzahlgesteuert	1	2	1	4	1	4
	davon potentialfrei			0	1	0	1
Datenaufzeichnung möglich		nein	nein	ja	ja	nein	ja
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	nein	nein	nein	ja	nein	nein
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	nein	nein	ja	nein	nein	ja
	fix vorgegebene Schemata	3	48	42		nein	nein
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Programmierunterstützung im Internet oder über Hotline möglich	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Programmierung am PC möglich	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Programmierung am Regler möglich	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	nein	nein	ja	ja	nein	ja
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	nein	nein	ja	ja	nein	ja	
Visualisierung		nein	nein	ja	ja	ja	ja
Zusatzfunktionen		nein	nein	ja	ja	ja	ja
Erweiterung		nein	nein	nein	ja	nein	nein
Störungsüberwachung		nein	nein	ja	ja	ja	ja
Schnittstellen	RS 232 oder 485	nein	nein			nein	nein
	USB	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Ethernet	nein	nein	ja	ja	nein	nein
	Busschnittstellen	ja	ja	nein	ja	nein	nein
	Sonstige	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Modemanbindung	GSM	nein	nein	ja	ja	nein	ja
Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST		€ 275,00	€ 370,00	€ 149,00	€ 420,00	€ 275,00	€ 520,00
Programmkosten		k.A.	k.A.		20/Datenpunkt		
Zusatz							
Internet		www.scherer-solarsysteme.de		www.ta.co.at		www.viessmann.de	

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Tabelle 5: Zur Funktionskontrolle und Ertragsbewertung anhand der im Projekt erarbeiteten Messanordnungen verwendbare Solarregler

LfNr.:		8	8	9	11	12	12	25	25	34	34	36
ANBIETER		Consolar	Consolar	ELCO Klöckner LOGON Sol plus	GPO-TEC	Hanazeder	Hanazeder	Resol	Resol	Technische Alternative	Technische Alternative	Viessmann
TYP		Control 601	Control 701		GT-500	HLC20	HLC10	DeltaSol E	DeltaSol M	UVR61-3	UVR1611	Vitosolic 200
EINGÄNGE Mögliche analoge Fühlertypen	Eingänge insgesamt analog und digital in der Grundausstattung:	10	22	10	24	30	20	13	15	6	16	17
	Maximal erweiterbare analoge Eingänge:	0	0	0	0	300	200					13
	KTY 81-110, KTY 81-210	0	0	NTC	0	ja	ja			KTY 210	KTY 210	KTY 210
	PT 100, PT500, PT 1000	8	16	nein	PT 1000	ja	ja	PT 1000	PT 1000	PT 1000	PT 1000	PT 500
	Einheitssignal 0...10V (0...20mA)	nein	nein	nein	ja	20mA	20mA			nein	ja	ja
	Raumsensor mit Sollwertkorrektur	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
	Einstrahlungssensor	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
EINGÄNGE Mögliche digitale Eingänge	Sonstige analogen Eingänge	nein	nein	nein	ja			nein	nein			ja
	Statuseingang	nein	nein	nein		ja	ja	ja	nein	alle	alle	nein
	Schnelle Zähler für Volumsstromzähler	ja	ja	1	ja	4	4	1	2	1	2	2
	Sonstige digitale Eingänge	nein	nein	0	ja	26	16	nein	nein			nein
Maximal erweiterbare digitale Eingänge	nein	nein	0	ja	300	200	k.A.	k.A.		beliebig	nein	
integrierte WMZ	ja	ja		1	ja	ja		1	2	ja	ja	ja
AUSGÄNGE	Ausgänge insgesamt in der Grundausstattung	6	16	6	16	20	10	8	10	2	12	7
	davon Relaisausgänge	4	3	3	14	4	2	7	9	0	6	7
	davon drehzahlgesteuert davon potentialfrei	1	1	3	2	16	8	3	4	1	4	4
Datenaufzeichnung möglich	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Programmierung:	frei programmierbar in einer Hochsprache z.B. Basic	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
	frei programmierbar in Funktionsblöcken	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein
	frei parametrierbar in vorgegebenen Schemen	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja
	fix vorgegebene Schemata	ja	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein	42		nein
	Programmierung kann auch ab Werk erfolgen	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	nein
	Programmierunterstützung im Internet oder über Hotline möglich	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein
	Programmierung am PC möglich	nein	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein
	Programmierung am Regler möglich	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	nein	ja	ja
	Logische Verknüpfungen von verschiedenen Eingängen möglich	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Funktionskontrolle programmierbar	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Zusatzgeräte für Programmierung oder Datenaufzeichnung notwendig	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	
Visualisierung	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Zusatzfunktionen	ja	ja	ja	nein	k.A.	k.A.	nein	nein	ja	ja	ja	
Erweiterung	nein	nein	ja	ja	k.A.	k.A.	ja	ja	nein	ja	nein	
Störungsüberwachung	ja	ja	ja	ja	k.A.	k.A.	ja	ja	ja	ja	ja	
Schnittstellen	RS 232 oder 485	ja	ja	nein	ja	ja	ja	nein	ja			nein
	USB	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein
	Ethernet	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein
	Busschnittstellen	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein
	Sonstige	ja	ja	ja	nein	nein	ja			ja	ja	ja
Modemanbindung Hardwarekosten ohne Sensoren exkl. MWST	GSM	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	analog	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja
Programmkosten	k.A.	k.A.	€ 919,00	k.A.				k.A.	k.A.		20/Datenpunkt	
Zusatz	ja	ja										
Internet						www.hanazeder.de				www.ta.co.at		
		€ 490,00	€ 1.080,00	€ 362,00	k.A.	€ 870,00	€ 1.180,00	€ 395,00	€ 479,00	€ 149,00	€ 420,00	€ 520,00

6.6 Detaillierte Beschreibung von empfohlenen Messanordnungen

6.6.1 Referenz Hydraulikmodelle

Für die Darstellung der Empfehlungen für die messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen wurden drei für den österreichischen Markt repräsentative Standardhydrauliken definiert. Mit der Beschreibung von Messanordnungen für diese ausgewählten Hydrauliken soll das breite Spektrum der möglichen hydraulischen Ausformungen von solarthermischen Großanlagen abgedeckt werden. Die gewählten Beispiele stellen gleichzeitig aus Sicht des Projektteams empfehlenswerte Hydraulikkonzepte dar. Eine genaue Beschreibung zum jeweiligen Anwendungsgebiet findet sich in den folgenden Detailbeschreibungen zu den Konzepten.

Standardhydraulik A: Solare Warmwasserbereitung in Kombination mit 4-Leiter-Verteilnetz

Vor allem in der Gebäudesanierung werden Solaranlagen so eingebunden, dass sie nur die Warmwasserbereitung unterstützen. Dabei wird der solare Anlagenteil dem vorhandenen Heizungs- und Verteilsystem vorgesetzt, das weitgehend unverändert bleiben kann. Der Bereitschaftsspeicher wird vom Energiespeicher aus getaktet mit fixen oder variablen Massenströmen geladen. Dadurch kommt es aufgrund von Vermischungen im Bereitschaftsspeicher während des Ladevorganges zu Rücklauftemperaturen, die wesentlich über der Kaltwassertemperatur liegen. Dieser Effekt ist als nachteilig etwa im Vergleich zu Frischwassersystemen zu betrachten. Die Nutzung der solaren Wärme im Energiespeicher bzw. das damit verbundene Beladen des Bereitschaftsspeichers ist aber nicht unmittelbar mit dem momentanen Zapfvolumen verbunden wodurch geringere Anforderungen an Wärmetauscher und Regelung der Solarspeicherentladung gestellt werden. Die Einbindung von Nachheizung und Zirkulation erfolgt in diesem Fall in den Bereitschaftsspeicher, sodass das gesamte Energiespeichervolumen garantiert der Solaranlage zur Verfügung steht und eine Verschleppung von Nachheizenergie in den Solarkreis weitestgehend vermieden wird.

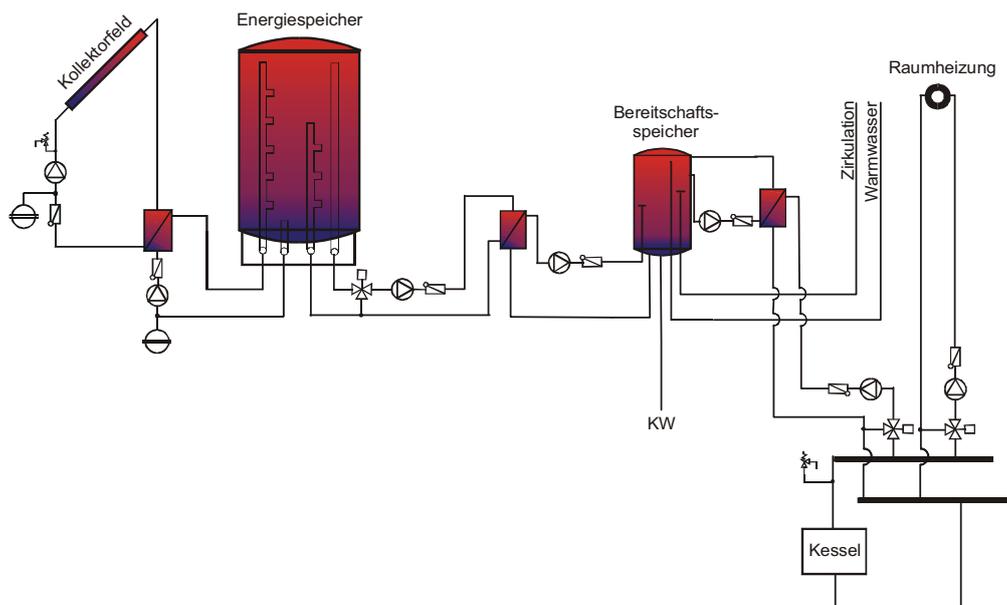


Abbildung 31: Standardhydraulik A

Standardhydraulik B: Solares Kombisystem in Kombination mit 4-Leiter-Verteilnetz („Frischwassersystem“)

Bei diesem sehr kompakten Kombianlagen-Konzept wird auch in großvolumigen Gebäuden das Trinkwasser im Durchflussprinzip zentral über entsprechend dimensionierte Wärmetauscher erwärmt. In der solaren Sanierung von Gebäuden mit 4-Leiter-Wärmeverteilsystem kommen Systeme dieser Art unter Verwendung von vorgefertigten Frischwassermodulen zunehmend zum Einsatz. Die Einbindung der Nachheizung erfolgt in den Pufferspeicher. Eine solar unterstützte Zirkulationsrücklaufanhebung ist möglich. Bei einer Konzeption als Einspeichersystem kommt es bei diesem Anlagentyp durch das günstige Volumen-Oberflächen Verhältnis zu relativ geringen Speicherverlusten. Spitzenlasten müssen aufgrund des fehlenden Bereitschaftsspeichers durch großzügig dimensionierte Wärmetauscher und eine in entsprechender Höhe verfügbare Leistung der Nachheizung kompensiert werden. Ebenso kommt der Wärmetauscherauslegung sowie der Leistungsregelung der Pumpe aufgrund der großen möglichen Verbrauchsschwankungen eine wesentliche Bedeutung zu.

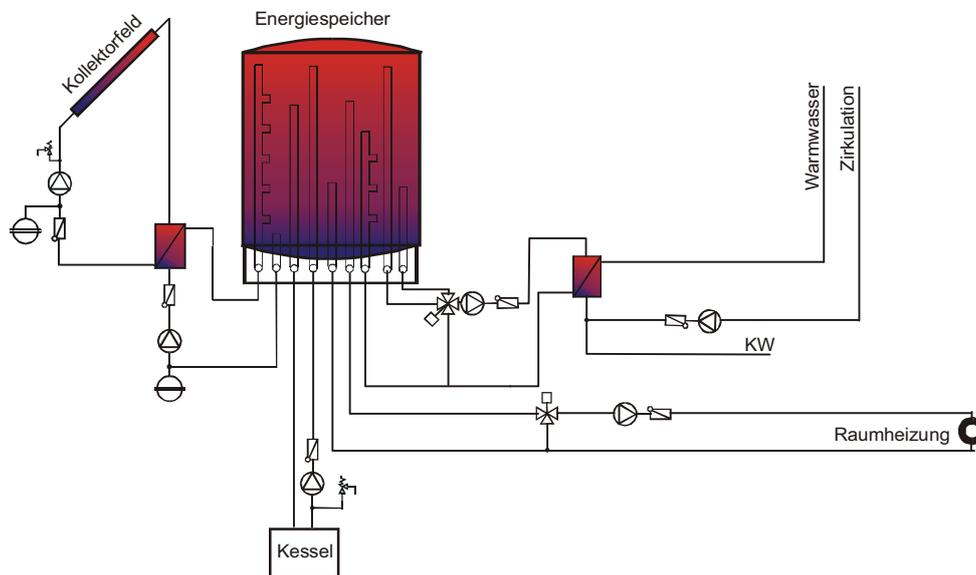


Abbildung 32: Standardhydraulik B

Standardhydraulik C: Solares Kombisystem in Kombination mit 2-Leiter-Verteilnetz

Bei Standardhydraulik C handelt es sich um den aktuellen Stand der Technik für die Umsetzung von solaren Kombisystemen im Neubau und in der Sanierung von Mehrfamilienhäusern und Nahwärmenetzen. In Abbildung 33 ist ein Zwei-Leiter-Netz mit drei unterschiedlichen Möglichkeiten zur dezentralen Brauchwassererwärmung dargestellt. Üblicherweise erfolgt in Systemen dieser Art die Brauchwasserbereitung im Durchfluss in vorgefertigten Wohnungsstationen. Diese übernehmen neben der Brauchwassererwärmung auch die Regelung der Raumwärmeversorgung und sorgen bei korrekter Funktionsweise und Einregelung für geringe Netzurücklauftemperaturen. Zwei-Leiter-Netze mit dezentralen Brauchwasserspeichern werden überall dort eingesetzt, wo geringe Energieabnahmedichten bezogen auf die Länge des Leitungsnetzes vorherrschen (z.B. Reihenhaussiedlungen).

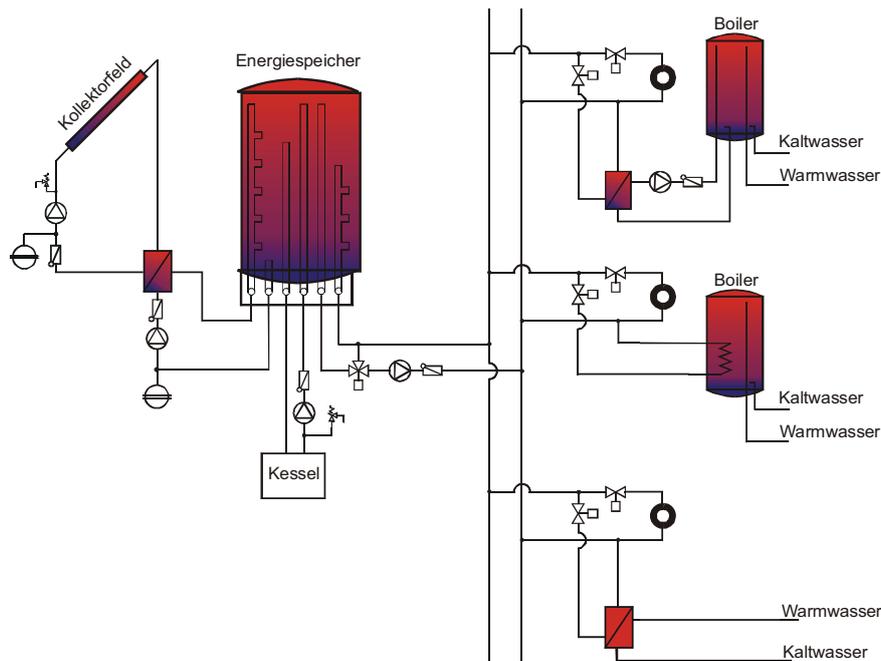


Abbildung 33: Standardhydraulik C

6.6.2 Beschreibung Fehlerquellen und Optimierungsmöglichkeiten von solarthermischen Großanlagen

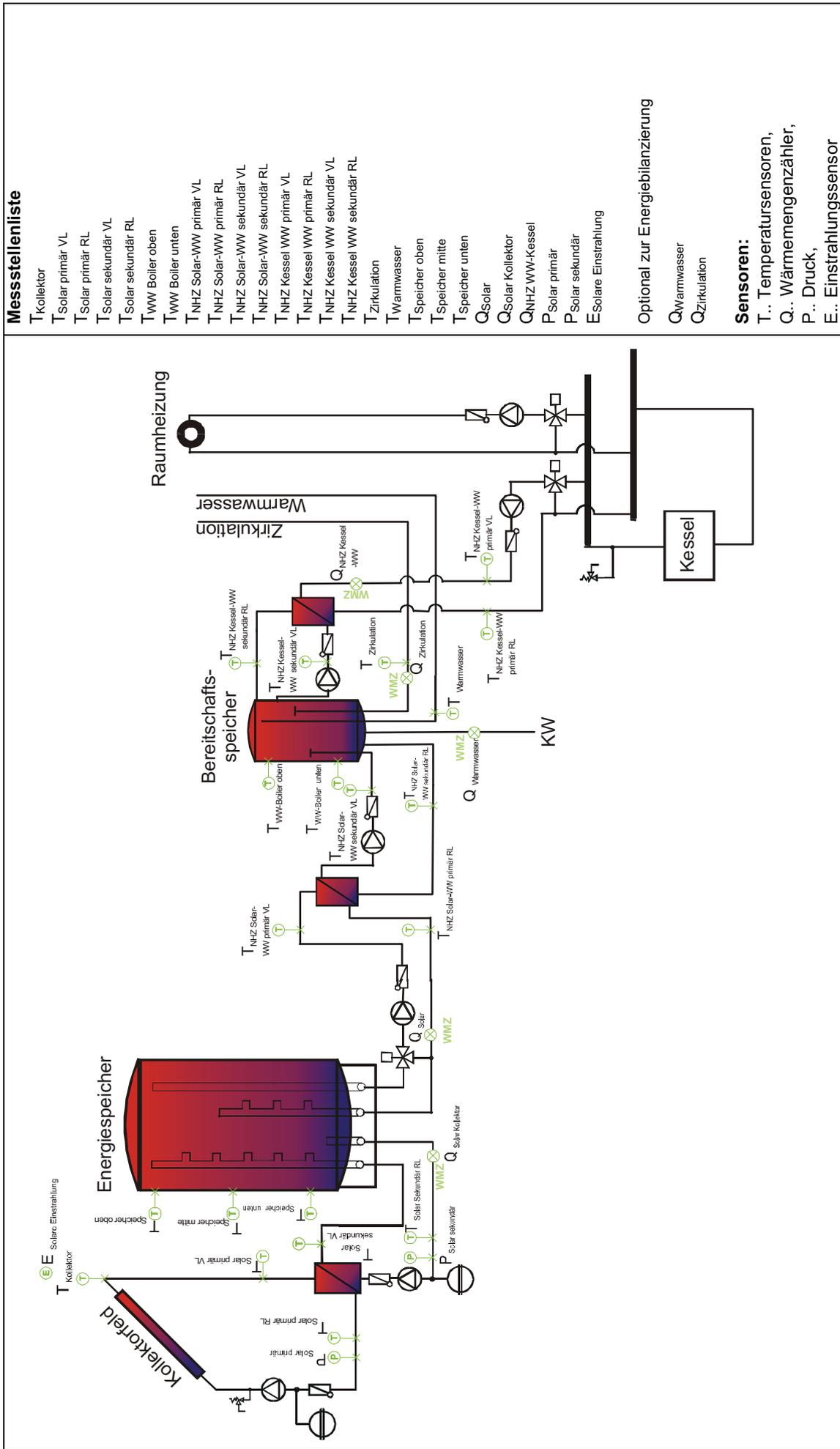
Für die Entwicklung umfassender Empfehlungen für die Funktionskontrolle und Anlagenoptimierung wurde in Abstimmung mit den Industriepartnern zunächst eine Sammlung möglicher Fehlerquellen von Anlagen durchgeführt. In diesem Kapitel sind für die drei beschriebenen Standardhydrauliken die wichtigsten Fehlerquellen, ihre Ursachen und deren Symptome dargestellt. Nachdem die Effizienz des solarthermischen Anlagenteils in dieser Arbeit grundsätzlich in enger Verwobenheit mit dem Funktionieren des Zusammenspiels mit Nachheizung und Wärmeverteilung verstanden wird, wurden nicht nur auf die typischen Fehlerquellen einer Solaranlage eingegangen, sondern das komplette System betrachtet.

Zur automatisierten Fehlererkennung werden Fehleralgorithmen benötigt. Diese werden in der Regelung implementiert und ständig oder zu vorgegebenen Zeiten aktiviert. Tritt ein Fehler auf (z.B. Schwerkraftbremse defekt) und erreichen die Auswirkungen (z.B. nächtlicher Temperaturanstieg im Kollektor) Werte, bei denen diese Funktionen einen fixierten Grenzwert überschreiten und „wahr“ werden, so wird eine Aktion ausgelöst, meist in Form einer Anzeige bzw. parallel dazu das Absenden einer SMS oder E-Mailmeldung. Die in diesem Kapitel zur Funktionsüberwachung beschriebenen Algorithmen wurden zum Teil bereits in messtechnischen Untersuchungen auf ihre Funktionalität überprüft⁷.

Für alle Algorithmen werden in einem ersten Schritt maximale Schwellwerte angegeben, die eine Fehlfunktion der Fehlererkennungsroutine nahezu ausschließen, d.h. möglichst keinen Fehlalarm auslösen. Dann werden die einzelnen Algorithmen näher untersucht, um diese Schwellwerte möglichst einzuschränken. Details und Empfehlungen zur Umsetzung der Funktionskontrolle werden in Kapitel 6.6.3 näher beschrieben.

⁷ Quelle: [FIN06]

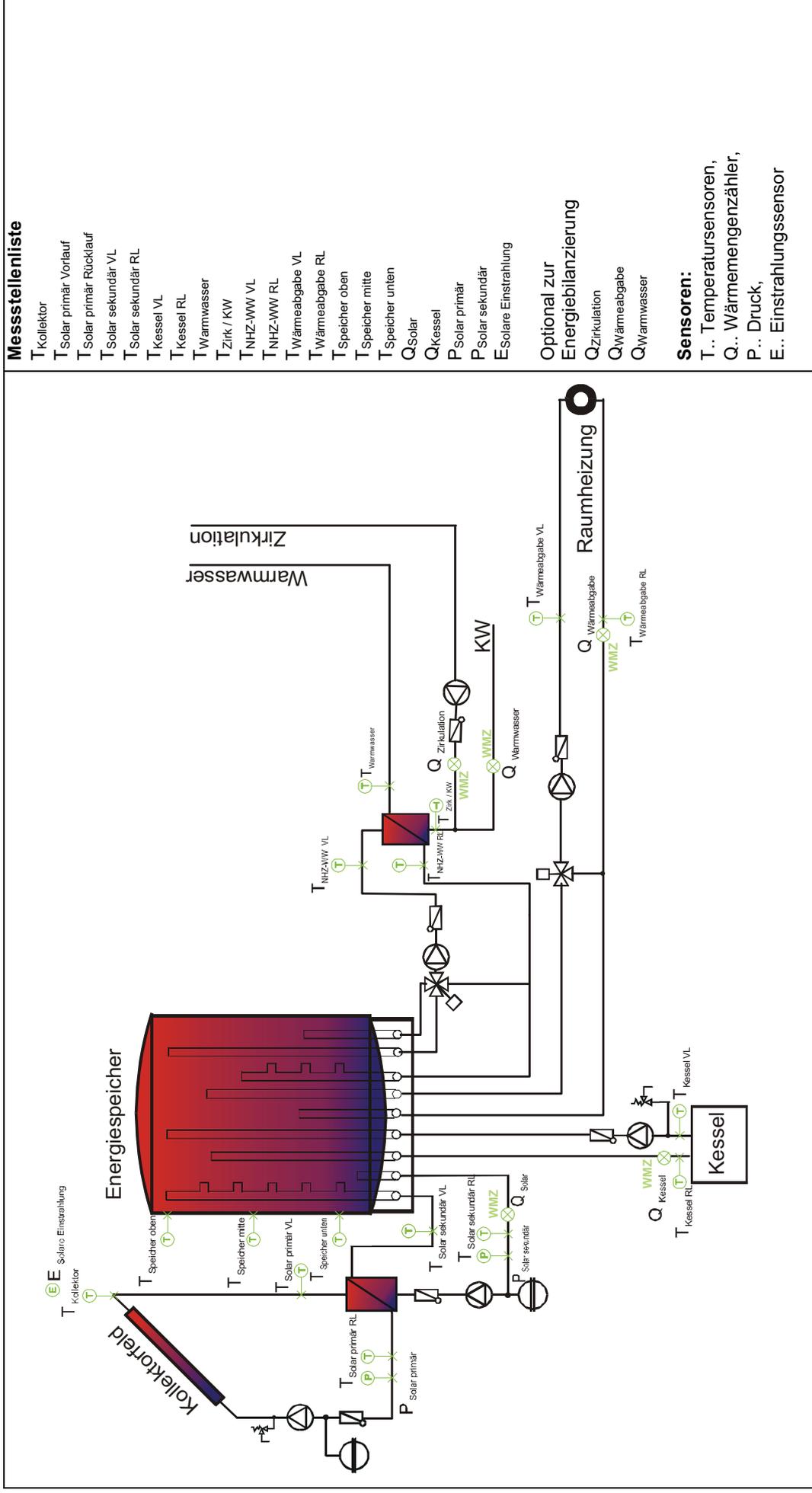
Fehlerquellen und Optimierungsmöglichkeiten für das System A



Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Fehler	Ursache	Symptom	Messstellen zur Erfassung	Auswertung Messdaten / Logik
Druckabfall im Solarsystem	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar primär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
	Luft in der Anlage	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$ $T_{\text{Speicher unten}}$	$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten, Logik muss für den Stillstandsfall gesperrt sein (z.B. $T_{\text{Speicher unten}} > 80 \text{ °C}$)
Anlagenstillstand / Überfemperatur im Kollektorkreis	Falscher Vordruck im Ausdehnungsgefäß	Hohe Druckschwankungen Zu geringer Anlagendruck	$P_{\text{Solar primär}}$	Fehlermeldung bei P_{max} und bei P_{min}
	Zu geringer Volumenstrom, ungleichmäßige Durchströmung der Kollektorteilfelder / Stillstand von Teilfeldern	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$	$(T_{\text{Solar primär VL}}) - (T_{\text{Speicher oben}}) > 20 \text{ °C}$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten
Leistungsfähigkeit des Warmwasserwärmetauschers nimmt ab	Verschmutzung / Verkalkung der Wärmetauscherflächen	Hohe Grädigkeit zwischen Vor- und Rücklauf	$T_{\text{Solar-WW primär VL}}$ $T_{\text{Solar-WW primär RL}}$ $T_{\text{Solar-WW sekundär VL}}$ $T_{\text{Solar-WW sekundär RL}}$	Routinemäßige Überwachung: Grädigkeit zwischen Primär- und Sekundärseite einen Maximalwert nicht überschreiten
Druckabfall im Solar- sekundärsystem	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar sekundär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
Ausfall der Solarprimär- bzw. Solarsekundärpumpe	Elektrischer Defekt, zu lange Stehzeit, Luft in der Pumpe	Kein Durchfluss	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$ $T_{\text{Speicher unten}}$	$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten, Logik muss für den Stillstandsfall gesperrt sein (z.B. $T_{\text{Speicher unten}} > 80 \text{ °C}$)

Fehlerquellen und Optimierungsmöglichkeiten für das System B



Messtellenliste

- T Kollektor
- T Solar primär Vorlauf
- T Solar primär Rücklauf
- T Solar sekundär VL
- T Solar sekundär RL
- T Kessel VL
- T Kessel RL
- T Warmwasser
- T Zirk / KW
- T NHZ-WW VL
- T NHZ-WW RL
- T Wärmeabgabe VL
- T Wärmeabgabe RL
- T Speicher oben
- T Speicher mitte
- T Speicher unten
- Q Solar
- Q Kessel
- P Solar primär
- P Solar sekundär
- E Solare Einstrahlung

Optional zur Energiebilanzierung

- Q Zirkulation
- Q Wärmeabgabe
- Q Warmwasser

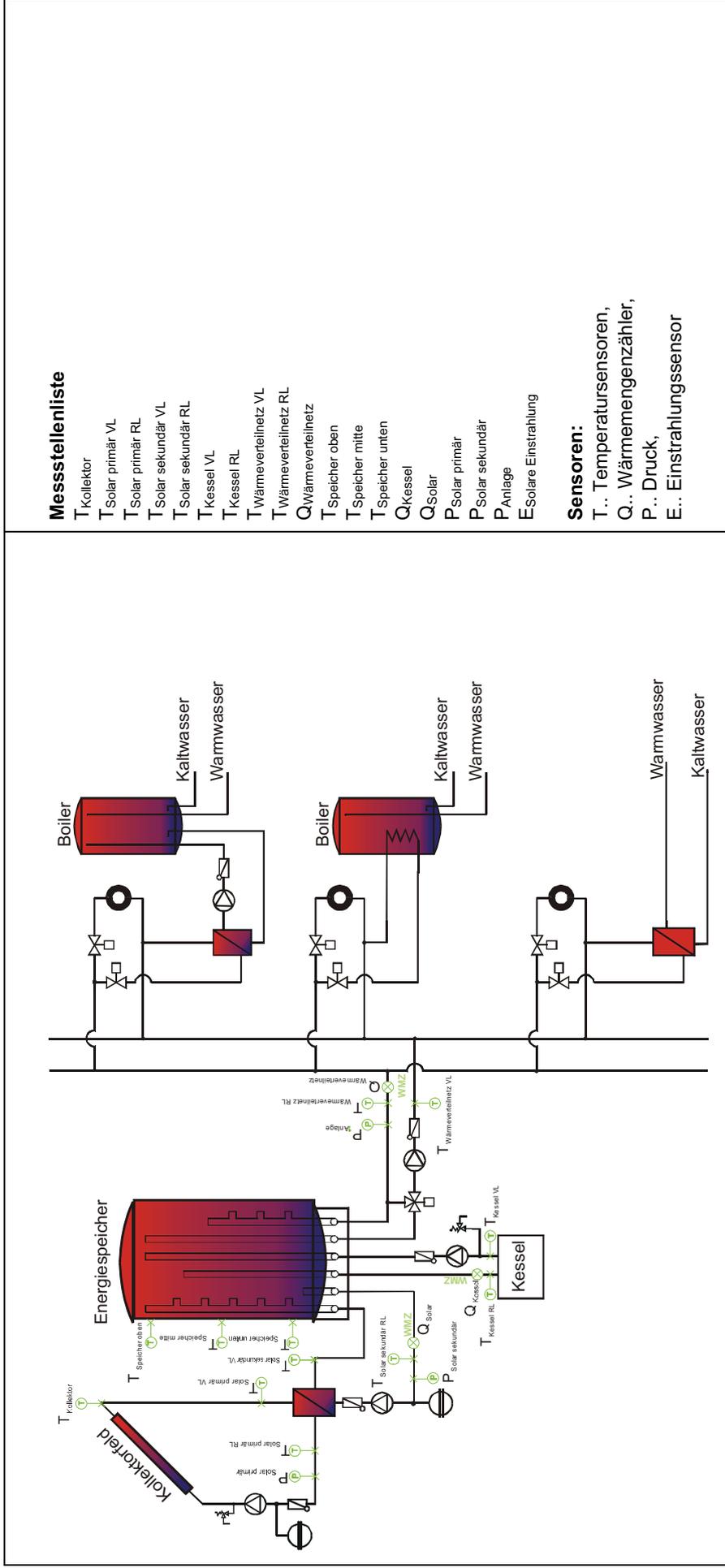
Sensoren:

- T.. Temperatursensoren,
- Q.. Wärmemengenzähler,
- P.. Druck,
- E.. Einstrahlungssensor

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Fehler	Ursache	Symptom	Messstellen zur Erfassung	Auswertung Messdaten / Logik
	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar primär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
	Luft in der Anlage	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$	$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten
Druckabfall im Solarsystem	Falscher Vordruck im Ausdehnungsgefäß	Hohe Druckschwankungen Zu geringer Anlagendruck	P_{Solar}	Fehlermeldung bei P_{max} und bei P_{min}
	Zu geringer Volumenstrom,, ungleichmäßige Durchströmung der Kollektorteilfelder / Stillstand von Teilfeldern	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$	$(T_{\text{Solar primär VL}}) - (T_{\text{Speicher oben}}) > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten
Leistungsfähigkeit des Warmwasserwärmetauschers nimmt ab	Verschmutzung / Verkalkung der Wärmetauscherflächen	Hohe Grädigkeit zwischen Vor- und Rücklauf	$T_{\text{NHZ-WW VL}}$ $T_{\text{NHZ-WW RL}}$ $T_{\text{Warmwasser}}$ $T_{\text{Zirk / KW}}$	Routinemäßige Überwachung: Grädigkeit zwischen Primär- und Sekundärseite einen Maximalwert nicht überschreiten
Druckabfall im Solarsekundärsystem	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar sekundär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
Ausfall der Solarprimär- bzw. Solarsekundärpumpe	Elektrischer Defekt, zu lange Stehzeit, Luft in der Pumpe	Kein Durchfluss	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$ $T_{\text{Speicher unten}}$	$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten, Logik muss für den Stillstandsfall gesperrt sein (z.B. $T_{\text{Speicher unten}} > 80 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Fehlerquellen und Optimierungsmöglichkeiten für das System C



Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

Fehler	Ursache	Symptom	Messstellen zur Erfassung	Auswertung Messdaten / Logik
Druckabfall im Solarsystem	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar primär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
	Luft in der Anlage	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$	$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten
	Falscher Vordruck im Ausdehnungsgefäß	Hohe Druckschwankungen Zu geringer Anlagendruck	$P_{\text{Solar primär}}$	Fehlermeldung bei P_{max} und bei P_{min}
Anlagenstillstand / Übertemperatur im Kollektorkreis	Zu geringer Volumenstrom, Ungleichmäßige Durchströmung der Kollektorteilfelder / Stillstand von Teilfeldern	Temperaturspitzen im Solarkreislauf	$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$	$(T_{\text{Solar primär VL}}) - (T_{\text{Speicher oben}}) > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten
Druckabfall im Solarsekundärsystem	Lecks	Druckabfall	$P_{\text{Solar sekundär}}$	Fehlermeldung bei P_{min}
Netzvorlauftemperatur unregelmäßig	Hydraulik für motorgesteuertes Mischventil ungeeignet. Speziell bei Puffertemperaturen deutlich über dem Netzollwert (Schönwetterphase im Sommer) und sehr geringer Energieabnahme	Sehr große Temperaturschwankungen, Stellmotor Regelventil läuft ständig	$T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$	Abweichung vom Sollwert darf eine bestimmte Toleranz nach oben und unten nicht überschreiten
Netzvorlauftemperatur unregelmäßig oder zu gering	Mischer, Regler defekt	Temperatur des Heizkreisvorlaufes schwankt stark, oder ist zu gering	$T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$	$T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$ darf einen Minimalwert nicht unterschreiten
	Bereitschaftsvolumen zu gering	Temperatur zu gering	$T_{\text{Speicher oben}}$	$T_{\text{Speicher oben}}$ darf einen Minimalwert nicht unterschreiten

Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen

<p>Netzurücklauftemperatur zu hoch</p>	<p>Regelglieder im Verteilsystem mangelhaft Rücklauftemperaturbegrenzung defekt Zirkulationsbrücke in Wohnungsstation defekt oder verstellt Proportionalregler in Wohnungsstation defekt Differenzdruckregler Heizkreis Wohnung falsch eingestellt KVS-Einsätze in den Heizkörpern nicht oder falsch eingestellt Kellerheizkörper nicht über Wohnungsstation angeschlossen und ohne Differenzdruckabgleich</p>	<p>Temperatur des Heizkreisrücklaufes schwankt stark, oder ist zu hoch Temperatur zu hoch</p>	<p>$T_{\text{Wärmeverteilmnetz VL}}$ $T_{\text{Speicher oben}}$ $T_{\text{Wärmeverteilmnetz RL}}$</p>	<p>$T_{\text{Wärmeverteilmnetz RL}}$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten. Unterschiedlicher Sollwert Sommerbetrieb und Heizbetrieb (Bsp. Sommer max. 45 °C, Winter max. 35 °C)</p>
<p>Ausfall der Solarprimär- bzw. Solarsekundärpumpe</p>	<p>Elektrischer Defekt, zu lange Stehzeit, Luft in der Pumpe</p>	<p>Kein Durchfluss</p>	<p>$T_{\text{Kollektor}}$ $T_{\text{Solar primär VL}}$ $T_{\text{Speicher unten}}$</p>	<p>$(T_{\text{Kollektor}}) - (T_{\text{Solar primär VL}})$ darf einen Maximalwert nicht überschreiten, Logik muss für den Stillstandsfall gesperrt sein (z.B. $T_{\text{Speicher unten}} > 80 \text{ °C}$)</p>

6.6.3 Messanordnungen und Auswertungskonzepte

In diesem Kapitel werden nun die vorgeschlagenen Messanordnungen und Auswertungsroutinen für die drei definierten Standardhydrauliken präsentiert. Dabei wird jeweils auf die Betriebsoptimierung in den ersten Betriebswochen bis zur Anlagenabnahme, die laufende Funktionskontrolle und die langfristige Ertragsbewertung eingegangen, wie in Kapitel 6.2 ausgeführt. Die beschriebene, zur Umsetzung einer Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle empfohlene Messanordnung geht nur geringfügig über das Maß der ohnehin für die Regelung vorhandenen Geräte hinaus. Auf eine alternative Variante einer vereinfachten Funktionskontrolle, die das absolute Minimum an Überwachung darstellen sollte und auf Summenstörmeldungen basiert, wird im Kapitel 6.6.3.6 eingegangen. In der Beschreibung zur Ertragsbewertung sind auch über das als notwendig erachtete Ausmaß hinausgehende Möglichkeiten der Anlagenbeurteilung enthalten.

Als Qualitätssicherungsstandard wird Investoren empfohlen die Umsetzung der beschriebenen Messtechnik sowie die Betreuung der beschriebenen Auswertungsroutinen in der Anlagenoptimierungsphase zum Bestandteil des Vergabevertrags für den Anlagenplaner und Installateur zu machen.

Abbildung 34 zeigt schematisch die Möglichkeit der Umsetzung der vorgeschlagenen Messanordnungen. Im beschriebenen Aufbau erfüllt der Regler bzw. das Gebäudeleitsystem neben der Anlagenregelung auch die Funktion eines Datenloggers, die in der Optimierungsphase benötigt wird. Im laufenden Betrieb übernimmt er die Funktionskontrolle und gibt Störmeldungen selbsttätig in Form von SMS-Kurznachrichten oder als E-Mail weiter. Für die Ursachenerhebung der Störungen kann wiederum die Messdatenaufzeichnung herangezogen werden. Auf Aspekte der Hardware wird im Abschnitt 0 vertiefend eingegangen.

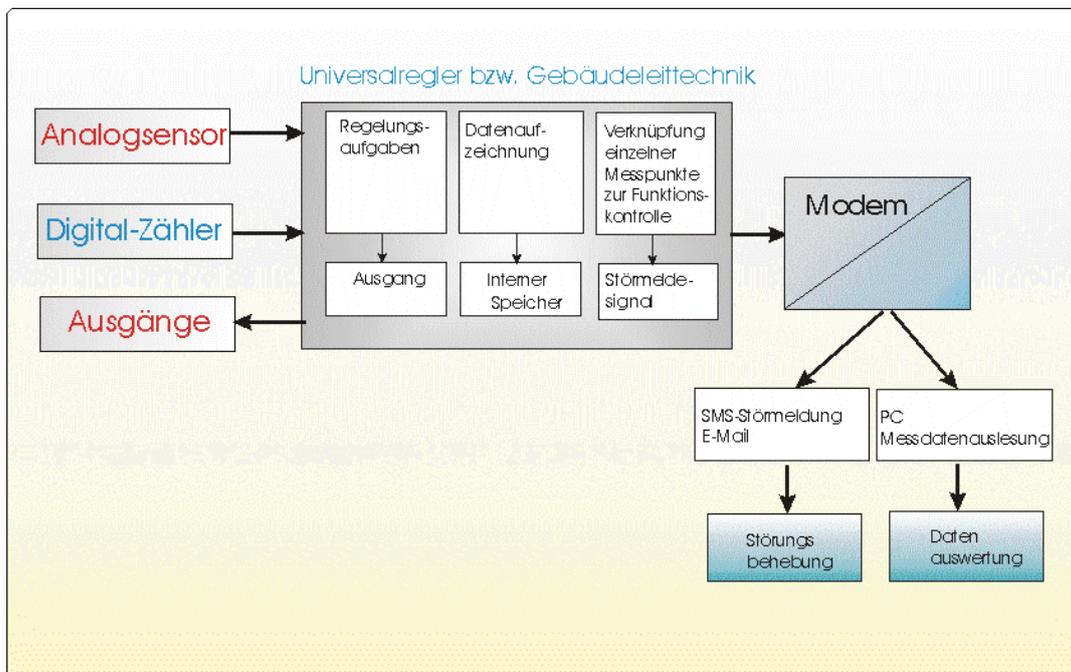


Abbildung 34: Schematischer Systemaufbau einer Regelung zur kombinierten Abdeckung der Regelungsaufgaben sowie zur Unterstützung in der Optimierungsphase und Funktionskontrolle

Die **Optimierungsphase** umspannt im Wesentlichen den Zeitraum der Inbetriebnahme bis zur Anlagenabnahme. Am Ende der Optimierungsphase stehen die Abnahme einer optimal eingeregelter Anlage und die vollständige Dokumentation der Reglereinstellungen. Die Etablierung einer Optimierungsphase bei solarthermischen Großanlagen erscheint den Autoren besonders wichtig, da bei einer ordentlich einregulierten und endkontrollierten Anlage ein praktisch wartungs- und fehlerfreier Betrieb erwartet werden kann.

Die wichtigsten dargestellten Elemente der Anlagenoptimierungsphase sind:

- Ein- und Ausschaltzeitpunkte bzw. Ein- und Ausschalttemperaturen
- Einregulieren der korrekten Durchflussverteilung in den einzelnen Kollektorfeldern unter Zuhilfenahme der einzelnen Vorlauftemperaturen, sodass einerseits ein Betrieb mit bestmöglichem Wirkungsgrad gewährleistet, und andererseits die Häufigkeit von Stagnation auf ein Minimum reduziert werden kann
- Hydraulische Einregulierung des Kollektorprimär- und Sekundärkreises (Temperaturdifferenzen, Massenströme)
- Grädigkeiten der Wärmeübertrager
- Korrekte Funktion der Drehzahlregelung der Solarprimär- bzw. Solarsekundärkreispumpe
- Fühlerpositionen (vor allem der Temperaturfühler im Kollektor und Speicher) und deren Auswirkungen
- Speicherschichtung bzw. Umschaltemperatur für die solare Energieeinbringung
- Ein- und Ausschalttemperatur für die Nachheizung
- Auswirkungen der Netzzücklauftemperaturen

Die **Funktionskontrolle** als laufende Überwachung der Solaranlage hinsichtlich nachträglich auftretender Defekte kann die Überwachung von Komponenten an sich und die Überwachung von bestimmten gemessenen Parametern umfassen. Ziel ist die Erkennung von Komponentengebrechen, Anlagenausfällen und groben Anlagenmängeln.

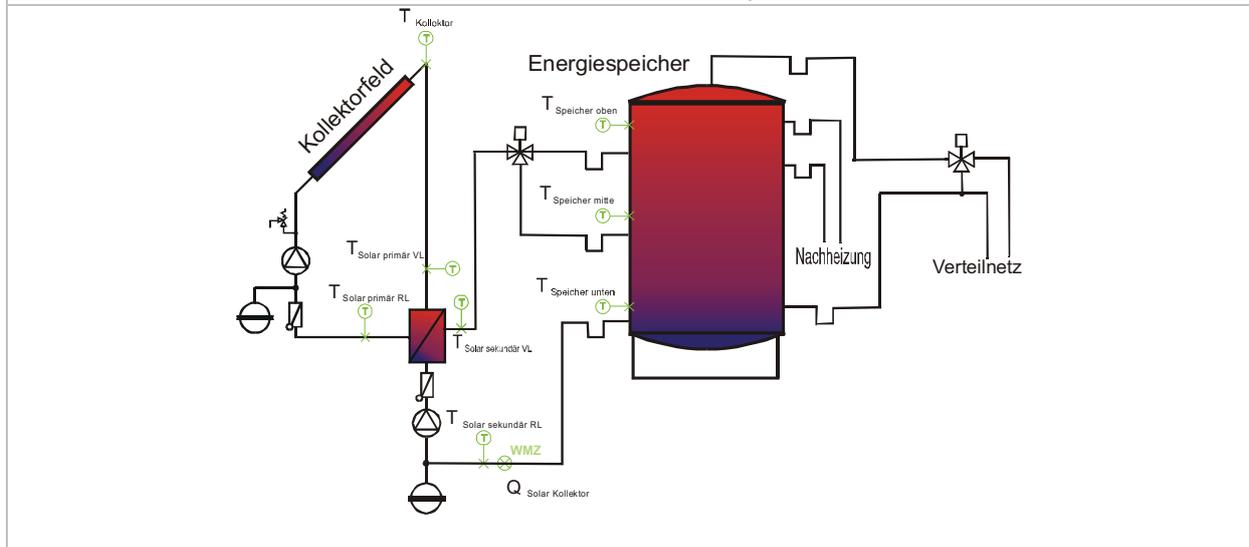
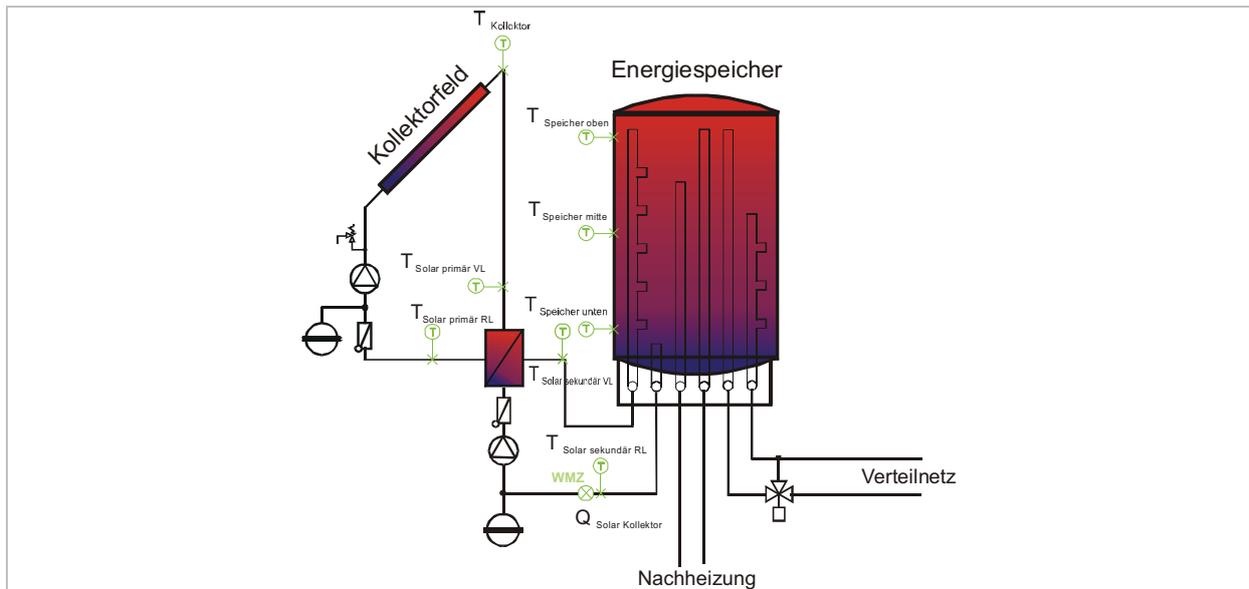
Die wichtigsten dargestellten Elemente der Routineüberwachungen sind:

- Erkennung von Lecks und Defekten des Ausdehnungsgefäßes
- Erkennung von Pumpenausfällen
- Erkennung von ungewollter Auskühlung des Speichers
- Erkennung von Leistungsabfällen der/des Wärmetauscher/s (z.B. durch Verschmutzung oder Verkalkung)
- Erkennung von unzureichenden Netzzvorlauftemperaturen
- Erkennung von Ausfällen des Nachheizsystems
- Erkennung von unerwünscht hohen Rücklauftemperaturen
- Erkennung von Sensorausfällen
- Erkennung von Reglerfehlfunktionen
- Erkennung von Fehlfunktionen von hydraulischen Komponenten

Nachdem der Kollektorkreis in allen drei Schemen nach dem gleichen Prinzip aufgebaut und auch zu überwachen ist, wird dieser extra beschrieben. Die gedankliche Schnittstelle zwischen den einzelnen Anlagenkonzepten bildet der Pufferspeicher.

6.6.3.1 Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle im Kollektorkreis

Für den Kollektorkreis sind je nach Art der geschichteten Einbringung der solaren Wärme (auf zwei fixen Einbringhöhen mit Dreiwegeventil oder mit Schichtladelanzen) zwei Hydrauliksysteme möglich. Die nötigen Sensoren für die messtechnische Überwachung sind dabei gleich.



Messtellen Anlagenoptimierung

- T_{Kollektor}
- T_{Solar primär VL}
- T_{Solar primär RL}
- T_{Solar sekundär VL}
- T_{Solar sekundär RL}
- T_{Speicher oben}
- T_{Speicher mitte}
- T_{Speicher unten}
- Q_{Solar Kollektor} bzw. Q_{Solar}

Messtellen Funktionskontrolle

- T_{Kollektor}
- T_{Solar primär VL}
- T_{Solar primär RL}
- T_{Speicher unten}
- P_{Solar primär}
- P_{Solar sekundär}

Anlagenoptimierung

Begleitend zur Inbetriebnahmephase wird die Anlagenoptimierung durchgeführt. Die wichtigsten Systemparameter werden mit Loggern oder der Gebäudeleittechnik aufgezeichnet und in Diagrammen ausgewertet. Die zeitliche Auflösung der Messpunkte sollte 15 Minuten nicht überschreiten.

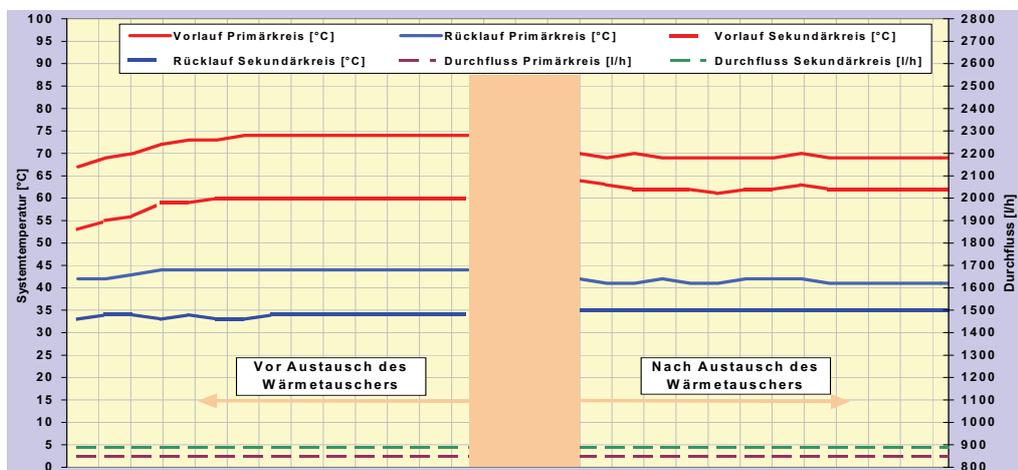
Für den Kollektorkreis typische Optimierungsroutinen umfassen:

- Untersuchung der Regelungseinstellungen zum Betrieb des Kollektorkreises
- Untersuchung der Solarkreis Komponenten auf Funktion (z.B. Wärmeübertrager, Sensoren, Pumpen, Ventile)
- Untersuchung der ordnungsgemäßen hydraulischen Ausführung und Inbetriebnahme (z.B. Entlüftung der Anlage, gleichmäßige Durchströmung der Kollektorfelder)

Untersuchung der Grädigkeit des Solarwärmetauschers im Solarkreis

Routine: Für die Untersuchung des Solarwärmetauschers im Solarkreis werden die Werte der vier Temperatursensoren ($T_{\text{Solar primär VL}}$, $T_{\text{Solar primär RL}}$, $T_{\text{Solar sekundär VL}}$, $T_{\text{Solar sekundär RL}}$) am Wärmetauscher sowie optional die Kollektortemperatur bzw. die Volumenströme (aus $Q_{\text{Solar Kollektor}}$) in einem Diagramm abgebildet. Große Schwankungen und Grädigkeiten weisen auf eine mangelhafte Funktion des Solarwärmetauschers bzw. der Regelfunktionen hin. Mögliche Ursachen sind: mangelnde hydraulische Einregulierung des Primär- bzw. Sekundärkreises, schlechte Drehzahlregelung, falsch ausgelegter Plattenwärmetauscher.

Beispiel:

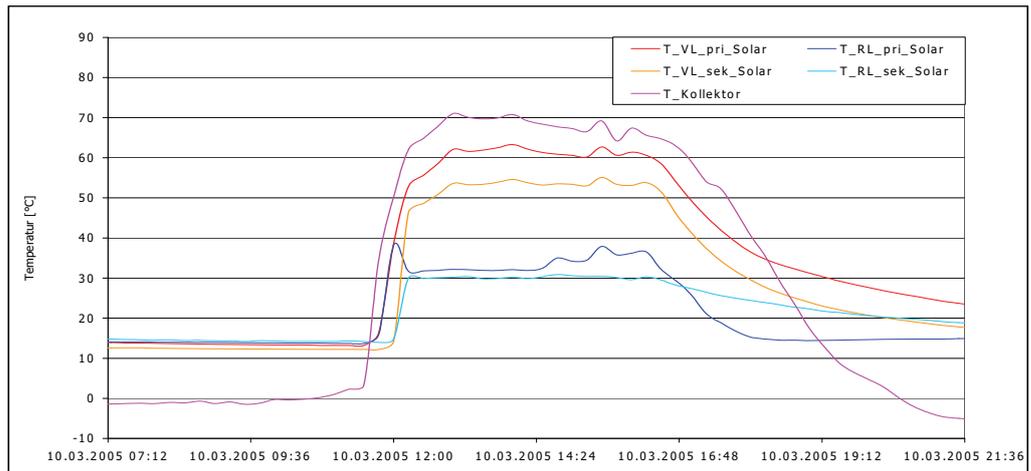
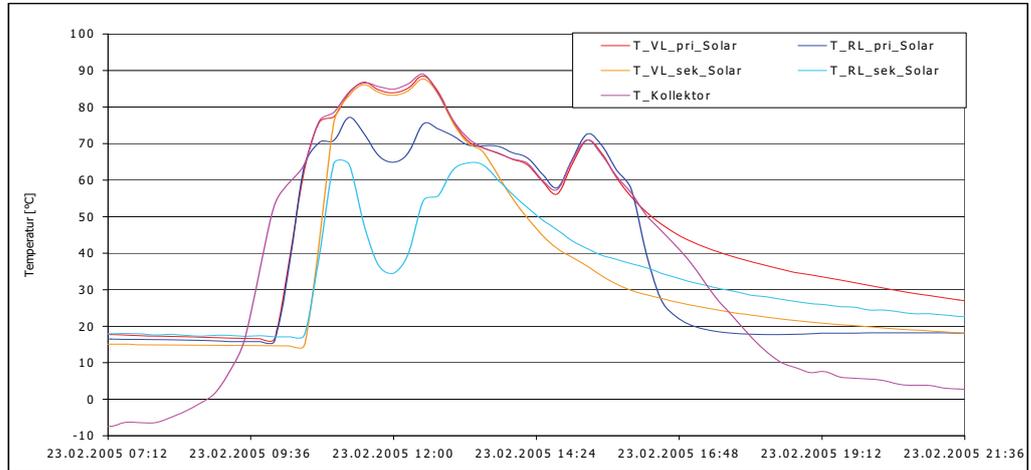


Beschreibung: Im oben angeführten Beispiel ist im linken Teil des Diagramms eine sehr hohe Grädigkeit des Plattenwärmetauschers zu erkennen. Ursache dafür war ein falsch ausgelegter Plattenwärmetauscher. Nach dem Tausch desselbigen sinkt der Wert der Grädigkeit auf 5 – 7 K. Die Grädigkeit des Wärmetauschers geht direkt in den Wirkungsgrad der Solaranlage ein. Es ist darauf zu achten, dass die Grädigkeit des Solarwärmetauschers auch den Auslegungsrichtlinien von z.B. < 5 K entspricht.

Untersuchung des Solarkreises auf mögliche hydraulische oder regelungstechnische Probleme

Routine: Für die Untersuchung des Solarwärmetauschers im Solarkreis werden die Werte der vier Temperatursensoren ($T_{\text{Solar primär VL}}$, $T_{\text{Solar primär RL}}$, $T_{\text{Solar sekundär VL}}$, $T_{\text{Solar sekundär RL}}$) am Wärmetauscher sowie optional die Kollektortemperatur in einem Diagramm abgebildet.

Beispiel:



Beschreibung: Aus dem oben angeführten Beispieldiagramm lassen sich unterschiedliche suboptimale Betriebseinstellungen erkennen. Das obere Diagramm stellt die Ausgangssituation dar, das untere Diagramm stellt die Situation nach der Optimierung dar.

- Es ist einerseits zu erkennen, dass die Kollektortemperatur und die Solar-Vorlauftemperatur nahezu auf den gleichen Wert ansteigen. Eine nahe liegende Erklärung dafür ist, dass der Kollektorfühler schlecht positioniert ist, was in diesem Fall auch tatsächlich so war.
- Des Weiteren ist in der oberen Grafik zu erkennen, dass die beiden Vorlauftemperaturen sehr eng beisammen liegen. Das ist ein Indiz dafür, dass die Volumenströme der beiden Kreise nicht aufeinander abgestimmt sind. Durch Einstellung der beiden Pumpendrehzahlen auf einen konstanten Wert, kann man einerseits die Grädigkeit des Wärmetauschers ermitteln, und andererseits eine Fehlfunktion der Hydraulik ausschließen. Im dargestellten Fall handelte es sich um eine Fehlfunktion der Drehzahlregelung.

Untersuchung eventueller unterschiedlicher Durchströmungen der Kollektorfelder	
Routine:	Sind die Kollektorfelder so angebracht, dass ein gleichmäßiger Durchfluss nur mit Strangreguliertventilen zu erreichen ist, sollten in der Optimierungsphase die Vorlauftemperaturen jedes einzelnen Feldes miteinander verglichen werden. Optimalerweise sollte zu diesem Zweck jedes Feld einen eigener Vorlauftfühler besitzen. Sollte das aus irgendwelchen Gründen nicht möglich sein, können diese mittels Minilogger oder bei geeignetem Wetter als Momentanwerte mit einem Handmessgerät überprüft werden. Ursache von unterschiedlichen Durchströmungen können etwa auch Lufteinschlüsse sein. Die Auswirkungen dieser Lufteinschlüsse sind in der Regel vor Ort hörbar und können durch gründliches Spülen der Anlage beseitigt werden.
Untersuchung eines Stillstands von Teilsträngen	
Routine:	Siehe Untersuchung unterschiedlicher Durchströmungen der Kollektorfelder
Untersuchung der Schaltunkte und des Regelungsverhaltens	
Routine:	Eine Analyse von Temperaturverläufen in Speichern, am Solarwärmetauscher und der Kollektorkreistemperatur kann Aufschluss über nicht optimale Reglereinstellungen liefern. Es ist zu prüfen wann die jeweiligen Sollwerte zu Schaltvorgängen führen, welche Hysteresen dabei wirksam sind und welche Vorgänge durch die Schaltvorgänge ausgelöst werden. Hierbei ist besonders auf den zeitlichen Ablauf von Schaltvorgängen zu achten.
Untersuchung der Minimaldrehzahl der Solarprimärpumpe durch Einbezug der Volumenstrommessung an der Solarsekundärseite	
Routine:	Um den aus der Anlagendimensionierung ermittelten, minimalen Durchfluss und die damit verbundenen Drehzahlstufe der Solarprimärpumpe zu begrenzen, wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen. An der Sekundärseite wird der minimale Durchflusswert der Primärseite eingestellt und die sich einstellende Temperaturdifferenz abgelesen. Die Ablesung erfolgt direkt am Wärmemengenzähler bzw. am Regelgerät. Anschließend wird die Drehzahl der Primärpumpe solange reduziert, bis sich auf der Primärseite die gleiche Temperaturdifferenz wie auf der Sekundärseite einstellt.
Untersuchung des Umschaltventils der Speicherschichtung	
Routine:	Darstellung der Temperaturen $T_{\text{Solar sekundär VL}}$, $T_{\text{Solar sekundär RL}}$, $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Speicher mitte}}$, $T_{\text{Speicher unten}}$ und als Betriebskontrolle den Volumenstrom des Wärmemengenzählers $Q_{\text{Solar Kollektor}}$.

Funktionskontrolle

Durch die Funktionskontrolle des Solarkreises zu erfassende Mängel umfassen:

- Komponentendefekte (z.B. Temperatursensoren, Regelung, Pumpen, Ausdehnungsgefäß)
- Grobe Funktionsmängel der Solaranlage (z.B. Lecks oder Anlagenstillstand)

Bei der Funktionskontrolle werden automatisch verschiedene Fühlereingänge durch Logikelemente zu Funktionsgrößen verknüpft und einem Sollwert gegenübergestellt (siehe dazu auch Kapitel 6.6.2). Wird die eingestellte Grenze über- bzw. unterschritten, so wird ein Fehlersignal generiert. Die Störmeldung wird entweder mittels SMS-Kurzmitteilung oder als E-Mail an den Anlagenbetreiber weitergeleitet. Gibt es eine entsprechende Ansprechperson vor Ort, so genügt es auch, nur ein optisches oder akustisches Signal abzugeben. Für die Integration der Überprüfungsrouinen besteht die Möglichkeit der Integration in die Gebäudeleittechnik oder die Programmierung von Universalreglern.

Variante 1: Integration von Überprüfungsrouinen in die Gebäudeleittechnik:

Logikabfragen ausgewählter Systemparameter werden in der Gebäudeleittechnik programmiert und kontrolliert.

Vorteil:

- die Kontrolle aller für den Betrieb eines Gebäudes notwendigen Parameter können in einer gemeinsamen Funktionsüberwachung realisiert werden
- große Flexibilität in der individuellen Eingabe von Routinen

Nachteile:

- sehr hohe Kosten, wenn nicht ohnehin vorhanden
- entsprechende Software bzw. geschultes Personal in der Leitstation notwendig
- Risiko von Programmfehlern

Variante 2: Integration von Überprüfungsrouinen in Universalreglern

Bei Universalreglern handelt es sich um Regler, bei denen sich mittels Programmiersprache oder funktionsgebundener Blöcke verschiedenste Regelungsaufgaben realisieren lassen. Logikabfragen ausgewählter Systemparameter werden in Universalreglern programmiert und von diesen während des Betriebes kontrolliert.

Vorteil:

- vergleichsweise kostengünstige Variante

Nachteile:

- Anwendbarkeit der Universalregler ist zumeist auf Standardschemen begrenzt

Erkennung von Lecks und Defekten des Ausdehnungsgefäßes

Routine: Drucksensoren melden bei einer Unterschreitung eines unteren Grenzwertes bzw. bei einer Überschreitung eines oberen Grenzwertes eine sich anbahnende Störung. Entsprechende Störmeldungen können nun von der Gebäudeleittechnik bzw. vom universalen Regelsystem als Klartextmeldung via SMS an die entsprechenden Personen weitergegeben werden.

Erkennung von Betriebsfehlern im Solarkreis (z.B. Pumpenausfall der Primärpumpe, Hydraulikfehler oder Fehler in der Regelung)

Routine: Ist die Kollektortemperatur um 10 K größer als die untere Puffertemperatur und liegt keine Stagnation vor, darf die Differenz zwischen Kollektortemperatur und Temperatur im Solarvorlauf eine maximale Differenz nicht überschreiten. Die maximale Differenz ist systemabhängig und muss spätestens bei der Inbetriebnahme definiert werden. Wird der maximale Differenzwert überschritten, wird eine Fehlermeldung generiert.

Beispiel dieser Logik umgesetzt in einem Universalregler

IF ($T_{\text{Kollektor}} > (T_{\text{Speicher unten}} + T_{\text{diff}})$) and ($T_{\text{Kollektor}} < (100 \text{ °C})$)

and ($T_{\text{Kollektor}} - \text{z.B. } 20 \text{ K} > T_{\text{Solar primär VL}}$) then Fehlerwarnung

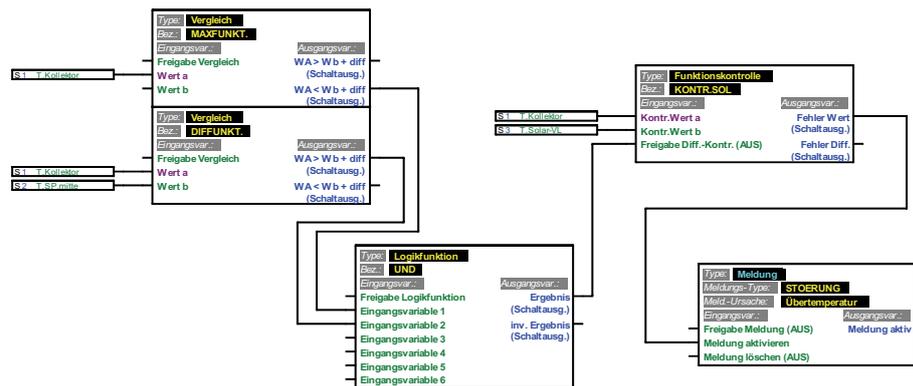


Abbildung 35: Beispielhafte Programmieroberfläche einer Reglersoftware

Erkennung von Anlagenausfällen

Routine: Ist die Temperatur am Kollektor um z.B. 45 K (systemabhängig) über der Temperatur im unteren Teil des Speichers, der gleichzeitig nicht voll geladen ist, kann auf einen Defekt der Solaranlage geschlossen werden.

Erkennung von ungewollter (nächtlicher) Auskühlung des Speichers

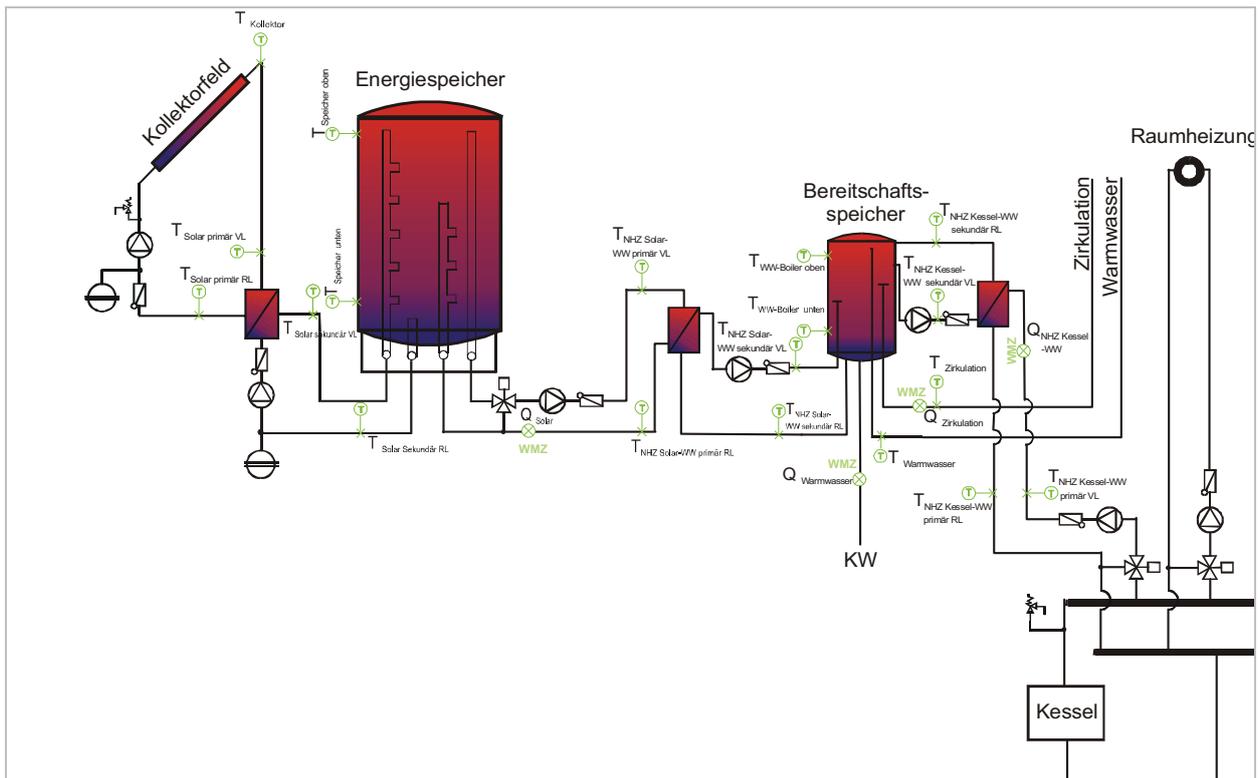
Routine: Ist die Temperatur $T_{\text{Solar primär RL}} > T_{\text{Solar primär VL}} + \text{z.B. } 5 \text{ °C}$ Sicherheitszuschlag, kühlt der Speicher aus.

Diese Routine wird dadurch eingeschränkt, dass sie nur ausgeführt wird, wenn die Kollektortemperatur unter 100 °C ist, da die Stagnation bei großen Anlagen ein durchaus normales Betriebsverhalten sein kann.

6.6.3.2 Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle für die Standardhydraulik A

Bisher wurde die Optimierung und Überwachung des Solarkreises detailliert betrachtet. Die gedankliche Schnittstelle bildet der Pufferspeicher. Im Folgenden werden Maßnahmen zur Überwachung der Wärmeübergabe an das Heizungssystem und die Warmwasserbereitung durch den solarthermischen und konventionellen Wärmeerzeuger betrachtet.

Um einen möglichst hohen solaren Deckungsbeitrag zu erzielen, muss neben der Optimierung der Ausfallssicherheit auch auf eine bevorzugte Einbindung der Solaranlage geachtet werden. Wichtig dabei ist vor allem das Erreichen eines niedrigen Niveaus der Rücklauftemperaturen der Wärmeabnehmer in den Pufferspeicher.



$Q_{\text{Warmwasser}}$ und $Q_{\text{Zirkulation}}$ können optional eingesetzt werden, um ein besseres Verbrauchsprofil zu erstellen bzw. um die Systemverluste zu ermitteln.

Messstellenliste Anlagenoptimierung

- $T_{\text{WW Boiler oben}}$
- $T_{\text{WW Boiler unten}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW primär VL}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW primär RL}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär VL}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär RL}}$
- $T_{\text{NHZ Kessel-WW primär VL}}$
- $T_{\text{NHZ Kessel-WW primär RL}}$
- $T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär VL}}$
- $T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär RL}}$
- $T_{\text{Zirkulation}}$
- $T_{\text{Warmwasser}}$
- $Q_{\text{NHZ Kessel-WW}}$
- ($Q_{\text{Warmwasser}}$ und $Q_{\text{Zirkulation}}$)

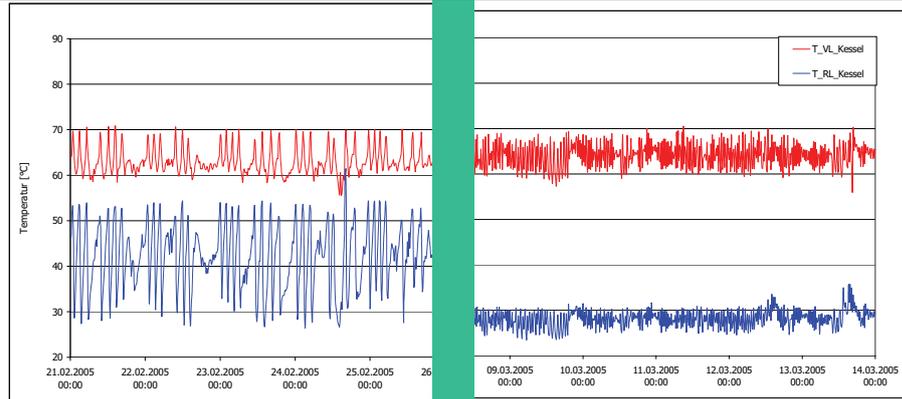
Messstellenliste Funktionskontrolle

- $T_{\text{WW Boiler unten}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär VL}}$
- $T_{\text{WW-Boiler unten}}$
- $T_{\text{Speicher oben}}$
- $T_{\text{NHZ Solar-WW primär VL}}$

Optimierungsphase

Einregulierung Wärmetauscher zwischen Energiespeicher und Warmwasserbereitschaftsspeicher	
Routine:	<p>Um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, ist bei der Nachheizung in den Warmwasserbereitschaftsspeicher unbedingt darauf zu achten, dass die Warmwassertemperaturen nicht zu lange (in Abstimmung mit der ÖNORM B5019) auf über 60°C geheizt werden.</p> <p>Die Grädigkeit, des Wärmetauschers, der vom Energiespeicher gespeist wird, muss nach den Auslegungskriterien einreguliert werden. Eine genaue Dokumentation ist unbedingt erforderlich, da bei späteren Wartungsarbeiten, diese Daten zur besseren Beurteilung einer möglichen Verkalkung der Wärmetauscherflächen, herangezogen werden können.</p> <p>Die dazu benötigten Messgrößen sind $T_{\text{NHZ Solar-WW primär VL}}$, $T_{\text{NHZ Solar-WW primär RL}}$, $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär VL}}$, $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär RL}}$.</p> <p>Das gleiche gilt auch für den Wärmetauscher der Nachheizung durch den Kessel mit den Messgrößen $T_{\text{NHZ Kessel-WW primär VL}}$, $T_{\text{NHZ Kessel-WW primär RL}}$, $T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär VL}}$ und $T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär RL}}$.</p>
Untersuchung der Vor- und Rücklauftemperatur bei der Bereitschaftsspeicherbeladung durch den Energiespeicher bzw. durch den Kessel	
Routine:	<p>Sowohl für den Solarwirkungsgrad als auch für den Kesselwirkungsgrad (für Brennwert - Gasthermen) ist die Rücklauftemperatur ein entscheidender Parameter. Ziel ist es den Durchfluss so einzustellen, dass sich eine möglichst tiefe Rücklauftemperatur einstellt. Die Durchflüsse und die Übertragungsleistungen sind dabei laut Auslegung einzuhalten.</p> <p>Die zu prüfenden Parameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Vor- und Rücklauftemperatur der Beladung vom Energiespeicher in den Bereitschaftsspeicher ($T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär VL}}$, $T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär RL}}$, Q_{Solar}) sind auf Schwankungen und auf den benötigten Absolutwert zu prüfen. • Die Vor- und Rücklauftemperatur der Nachheizung vom Nachheizsystem in den Bereitschaftsspeicher ($T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär VL}}$, $T_{\text{NHZ Kessel-WW sekundär RL}}$, $Q_{\text{NHZ Kessel-WW}}$) sind auf Schwankungen und auf den benötigten Absolutwert zu prüfen. <p>Dabei ist zu beachten, dass möglichst alle Leistungsstufen bzw. Drehzahlstufen durchfahren werden.</p>

Beispiel:



In der Grafik ist ersichtlich, dass die Rücklauftemperaturen aufgrund zu hoher Massenströme, bzw. durch einen kurzen Taktzyklus der Ladepumpe, viel zu hoch sind. Durch Anpassen der Massenströme bzw. durch Anpassung an die geforderte Leistung mittels Drehzahlregelung konnte die Rücklauftemperatur auf das gewünschte Maß reduziert werden.

Untersuchung Boilertemperatur (Bereitschaftsspeicher)

Routine: Der Bereitschaftsspeicher unterteilt sich grundsätzlich in zwei Zonen. Zum einen in den Bereich der solaren Nachheizung und zum anderen in den Bereich des Bereitschaftsvolumens, das mit einem Heizkessel abgedeckt wird. Das heißt, für eine sichere Versorgung wird nur der oberste Teil (Bereitschaftsvolumen) auf Temperatur gehalten. Der Kessel heizt nur dann und nur diesen Bereich nach, wenn dieses Bereitschaftsvolumen unter die erforderliche Warmwassertemperatur gefallen ist. Zur Beurteilung des Schichtungsverhaltens ist es notwendig den Betrieb über einige Wochen aufzuzeichnen.

Aufgezeichnete Messwerte die in einem Diagramm ausgewertet werden:
 $T_{NHZ \text{ Solar-WW sekundär VL}}$, $T_{NHZ \text{ Solar-WW sekundär RL}}$, $T_{NHZ \text{ Kessel-WW sekundär VL}}$, $T_{NHZ \text{ Kessel-WW sekundär RL}}$, $T_{WW\text{-Boiler oben}}$, $T_{WW\text{-Boiler unten}}$ (bei größeren Speichern auch $T_{WW\text{-Boiler mitte}}$), $T_{Zirkulation}$.

Einregulierarbeiten der Zirkulation und der Wärmeabnahme

Routine: Die Zirkulation bzw. die Heizung ist nach den üblichen Normen einzuregeln ($T_{Warmwasser}$, $T_{Zirkulation}$, $Q_{Warmwasser}$, $Q_{Zirkulation}$).

Funktionskontrolle

Kontrolle der Nachladefunktion Energiespeicher- Bereitschaftsspeicher

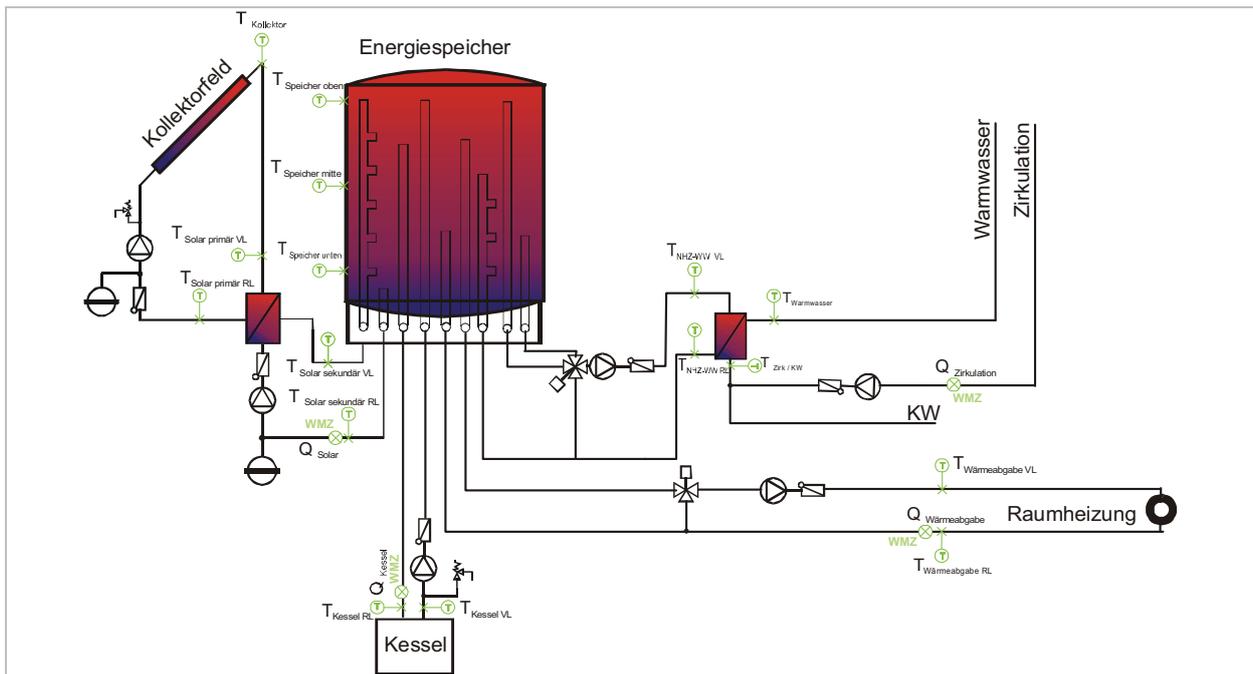
Routine: Wenn $T_{\text{Speicher oben}} + \text{Hysterese} > T_{\text{WW-Boiler unten}}$ und die Anlage im Ladefenster ist, muss die Temperatur $T_{NHZ \text{ Solar-WW sekundär VL}}$ größer sein als $T_{\text{Speicher oben}}$ minus einer Hysterese von z.B. 5 K.

Wenn die Bedingungen für die Nachladung des Bereitschaftsspeichers (Boiler) aus dem Energiespeicher (Puffer) gegeben sind, so muss die Temperatur $T_{NHZ \text{ Solar-WW sekundär VL}}$ gleich der obersten Temperatur im Energiespeicher sein. Der Sicherheitszuschlag kann hier z.B. 5 °C betragen. Wichtig ist auch, dass diese Routine erst nach einer Einlaufzeit von 5 Minuten gültig ist.

Verkalkung des Wärmetauschers Energiespeicher - Bereitschaftsspeicher

Routine: Wenn die beiden Ladepumpen eingeschaltet sind darf die Differenz $(T_{\text{NHZ Solar-WW primär VL}}) - (T_{\text{NHZ Solar-WW sekundär VL}})$ einen Maximalwert von z.B. 15 K nicht überschreiten. Zusätzlich muss der Fehler mindestens 5 Minuten anliegen bevor eine Fehlermeldung ausgelöst wird, womit Einschwingvorgänge ausgeschaltet werden.

6.6.3.3 Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle für die Standardhydraulik B



$Q_{\text{Warmwasser}}$, $Q_{\text{Zirkulation}}$ und $Q_{\text{Wärmeabgabe}}$ können optional eingesetzt werden, um ein besseres Verbrauchsprofil zu erstellen bzw. um die Systemverluste zu ermitteln.

Messstellenliste Anlagenoptimierung

- $T_{\text{Kessel VL}}$
- $T_{\text{Kessel RL}}$
- $T_{\text{Warmwasser}}$
- $T_{\text{Zirk / KW}}$
- $T_{\text{NHZ-WW VL}}$
- $T_{\text{NHZ-WW RL}}$
- $T_{\text{Speicher oben}}$
- $T_{\text{Speicher mitte}}$
- $T_{\text{Speicher unten}}$
- $T_{\text{Wärmeabgabe VL}}$
- $T_{\text{Wärmeabgabe RL}}$
- $T_{\text{Solar sekundär VL}}$
- Q_{Kessel}
- $(Q_{\text{Warmwasser}}, Q_{\text{Zirkulation}} \text{ und } Q_{\text{Wärmeabgabe}})$

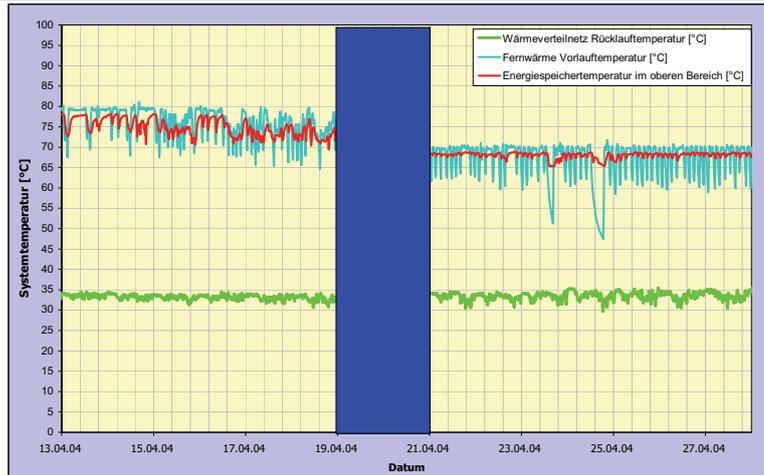
Messstellenliste Funktionskontrolle

- $T_{\text{Speicher oben}}$
- $T_{\text{Warmwasser}}$
- $T_{\text{NHZ-WW VL}}$

Optimierungsphase

Funktionsweise der Warmwasserbereitung im Frischwasserprinzip	
Routine:	<p>Um die Warmwasserbereitung zu optimieren werden die Temperaturen rund um den Warmwasserwärmetauscher ($T_{\text{NHZ-WW VL}}$, $T_{\text{NHZ-WW RL}}$, $T_{\text{Warmwasser}}$, $T_{\text{Zirk / KW}}$) aufgenommen.</p> <p>Durch das Durchlaufen von verschiedenen Zapfprofilen kann kontrolliert werden ob die Regelparameter für die Drehzahlregelung der Ladepumpe korrekt eingestellt sind. Falls nicht wie im Schema B dargestellt eine Schichtladelanze zur Einbindung des Warmwasserrücklaufes in den Energiespeicher verwendet wird, sondern ein Umschaltventil, ist im Zirkulationsbetrieb besonders auf die temperaturgerechte Rückführung des Rücklaufes in den Speicher zu achten.</p>
Ermittlung der tatsächlich wirksamen Größe des Bereitschaftsteils im Energiespeicher bzw. Optimierung der Schalttemperaturen an den jeweiligen Fühlerpositionen	
Routine:	<p>Ist kein Solareintrag vorhanden, darf der Speicher nur im obersten Bereich warm sein. Das heißt der Kessel muss rechtzeitig abschalten um den unteren Bereich für den Eintrag der Solarenergie bereitzustellen. Zur Kontrolle eines einwandfreien Betriebs werden die Speichertemperaturen aufgezeichnet. Die Schaltpunkte kann man an den Vor- und Rücklauftemperaturen der Nachheizung erkennen, bzw. wenn auch der Volumenstrom des Wärmemengenzählers der Nachheizung aufgezeichnet wird ist dieser zu verwenden. Benötigte Sensoren: $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Speicher mitte}}$, $T_{\text{Speicher unten}}$, $T_{\text{Kessel RL}}$, $T_{\text{Kessel VL}}$.</p>
Beispiel:	<p>Im Beispiel ist zu erkennen, dass der Fühler der die Nachheizung abschaltet, falsch positioniert war. Durch die Umstellung der Fühlerposition wurde der Bereitschaftsbereich verkleinert, d.h. nur mehr der obere Fühler ist im Bereitschaftsbereich.</p>
Begrenzung der im oberen Speicherbereich wirksamen Nachheiztemperatur	
Routine:	<p>Ist kein Solareintrag vorhanden darf der Speicher im obersten Bereich eine Maximaltemperatur nicht überschreiten. Benötigte Sensoren: $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Kessel VL}}$, $T_{\text{Solar sekundär VL}}$.</p>

Beispiel:



Im Beispiel ist zu erkennen, dass im Nachheizbetrieb die Temperatur im Energiespeicher zu hoch war. Nach Absenken der Nachheizvorlauftemperatur nimmt die obere Speichertemperatur den gewünschten Wert an. Damit wurden die Speicherverluste gesenkt.

Untersuchung der Durchmischung der Speichertemperatur infolge des Nachheizungssystems

Routine: Verwendete Sensoren: $T_{\text{NHZ-WW VL}}$, $T_{\text{NHZ-WW RL}}$, $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Speicher mitte}}$, $T_{\text{Speicher unten}}$, $T_{\text{Wärmeabgabe VL}}$, $T_{\text{Wärmeabgabe RL}}$, Q_{Kessel} .

Es werden die oben genannten Temperaturverläufe bzw. Volumenströme dargestellt. Ziel ist es zu erkennen ob sich durch die Nachheizung des obersten Teils des Speichers eine Durchmischung der Temperaturschichtung ergibt.

Einregulierarbeiten der Zirkulation und der Wärmeabnahme

Routine: Die Zirkulation bzw. die Heizung ist nach den üblichen Normen einzuregeln ($T_{\text{Warmwasser}}$, $T_{\text{Zirk/KW}}$, $Q_{\text{Warmwasser}}$, $Q_{\text{Zirkulation}}$).

Funktionskontrolle

Funktionskontrolle bei Unterschreitung der minimalen Speichertemperatur

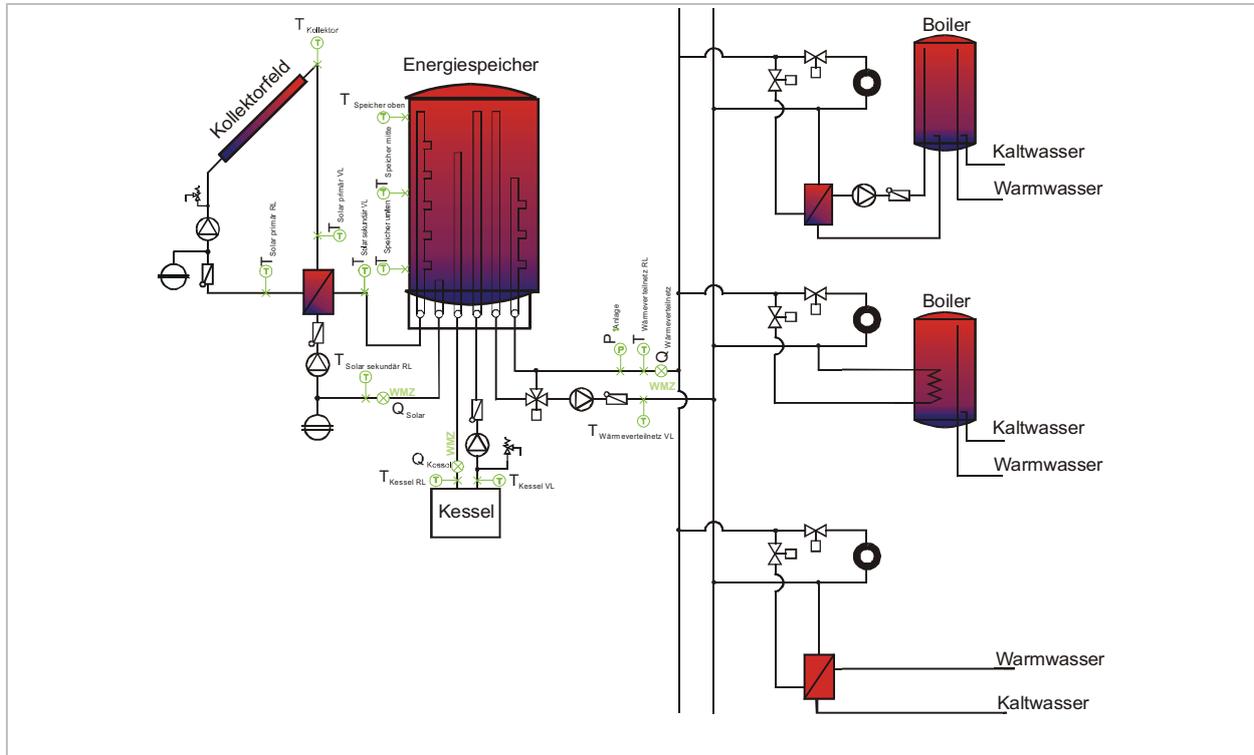
Routine: Unterschreitet der Fühler $T_{\text{Speicher oben}}$ einen Fixwert z.B. 50 °C wird ein Alarm ausgelöst (siehe Beschreibung 6.6.3.1 Kollektorkreis).

Verkalkung des Wärmetauschers der Warmwasserbereitung

Routine: Eine sich anbahnende Fehlfunktion des Wärmetauschers für die Warmwasserbereitung auf Grund von diversen Ablagerungen bzw. Verkalkung kann mit nachfolgender Routine abgefangen werden.

Läuft über den Kaltwasservolumenstromzähler für mindestens 5 Minuten ein konstant hoher Volumenstrom darf die Differenz ($T_{\text{NHZ WW VL}} - T_{\text{Warmwasser}}$) einen Maximalwert von z.B. 15 °C nicht überschreiten. Zusätzlich muss der Fehler mindestens 5 Minuten lang anliegen um eine Fehlermeldung auszulösen.

6.6.3.4 Anlagenoptimierung und Funktionskontrolle für die Standardhydraulik C



Q_{Wärmeverteiler} optional zur Bestimmung der Verbraucherprofile und der Systemverluste

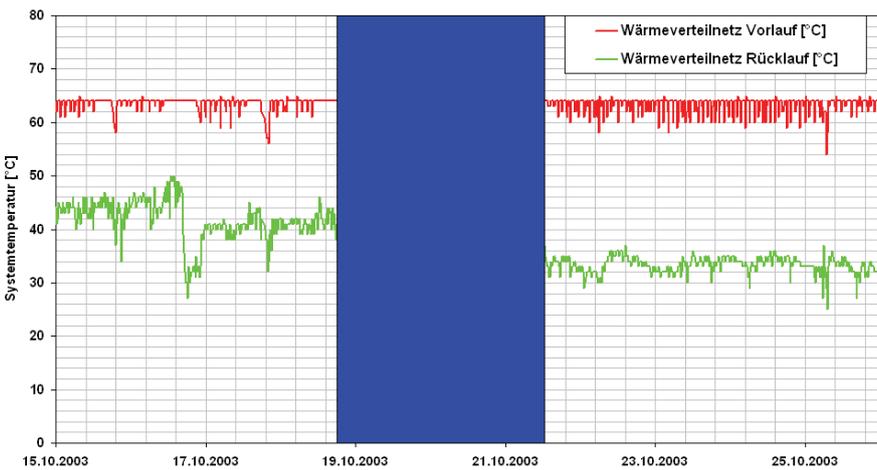
Messstellenliste Anlagenoptimierung

- T_{Kessel Vorlauf}
- T_{Kessel Rücklauf}
- T_{Wärmeverteiler VL}
- T_{Wärmeverteiler RL}
- T_{Speicher oben}
- T_{Speicher mitte}
- T_{Speicher unten}
- P_{Anlage}
- Q_{Kessel}
- (Q_{Wärmeverteiler})

Messstellenliste Funktionskontrolle

- T_{Speicher oben}
- T_{Wärmeverteiler VL}
- T_{Wärmeverteiler RL}
- P_{Anlage}

Optimierungsphase

Einregulierung des Verteilnetzes	
Routine:	<p>Ziel ist es das Verteilnetz so einzuregulieren, dass einerseits die erforderlichen Wärmemengen an allen Wärmeabgabestellen bereitgestellt werden, andererseits nur die Volumenströme zu den Verbrauchern geführt werden die nötig sind. Ein wesentliches Ziel ist, dass die Netzurücklauftemperatur auf ein möglichst niedriges Niveau gebracht werden kann.</p> <p>Vorteile eines einregulierten Netzes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ geringere Verteilnetzverluste ⇒ bessere Ausnutzung des Energiespeichers ⇒ geringere Verluste des Energiespeichers ⇒ niedrigere Kollektormitteltemperaturen und dadurch höhere Kollektorwirkungsgrade ⇒ geringere Pumpenleistung (geringerer Stromverbrauch) ⇒ Versorgungssicherheit bei allen Verbrauchern ⇒ geringere Schallentwicklung
Beispiel:	 <p>Im dargestellten Beispiel ist zu erkennen, dass die Rücklauftemperatur im Verteilnetz nach der Einregulierung des Verteilnetzes deutlich niedriger ist.</p>
Ermittlung der tatsächlich wirksamen Größe des Bereitschaftsspeichers bzw. die Optimierung der Schalttemperaturen an den jeweiligen Fühlerpositionen	
Routine:	Siehe Schema B
Kontrolle der geforderten Netzvorlauftemperatur und Überprüfung der Konstanz der Netzvorlauftemperatur	
Routine:	<p>Verwendete Sensoren: $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstnetz VL}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstnetz RL}}$.</p> <p>Es werden die oben genannten Temperaturverläufe in einer möglichst hohen zeitlichen Auflösung dargestellt. Ziel ist es zu erkennen ob der Mischer die Netzvorlauftemperatur auch bei sich änderndem Wärmebedarf konstant auf einem definierten Wert halten kann.</p>

Kontrolle der geforderten Netzzücklauftemperatur und Überprüfung der Konstanz der Netzzücklauftemperatur	
Routine:	<p>Verwendete Sensoren: $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstz RL}}$.</p> <p>Es werden die oben genannten Temperaturverläufe in einer möglichst hohen zeitlichen Auflösung dargestellt. Ziel ist es zu erkennen ob die Netzzücklauftemperatur im Bereich der Auslegungsdaten ist, bzw. ob ein schwankender Wärmebedarf sich sehr stark auf die Netzzücklauftemperatur auswirkt.</p>
Untersuchung der Durchmischung der Speichertemperatur infolge des Nachheizungssystems	
Routine:	<p>Verwendete Sensoren: $T_{\text{Solar- sekundär VL}}$, $T_{\text{Solarsekundär RL}}$, $T_{\text{Speicher oben}}$, $T_{\text{Speicher mitte}}$, $T_{\text{Speicher unten}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$, $T_{\text{Wärmeverteilstz RL}}$, Q_{Kessel}, $T_{\text{Kessel Vorlauf}}$, $T_{\text{Kessel Rücklauf}}$</p> <p>Es werden die oben genannten Temperaturverläufe bzw. Volumenströme dargestellt. Ziel ist es zu erkennen ob sich durch die Nachheizung des obersten Teils des Speichers eine Durchmischung der Schichtung im Energiespeicher ergibt.</p>
Begrenzung der im oberen Speicherbereich wirksamen Nachheiztemperatur	
Routine:	Siehe Schema B.
Über- bzw. Unterschreitung des Systemdruckes im Wärmeverteilstz	
Routine:	Der Sensor P_{Anlage} dient zur Kontrolle des im Wärmeverteilstz herrschenden Drucks der einen Maximal- bzw. Minimalwert von beispielsweise 6 bzw. 1 bar nicht über- unterschreiten darf.

Funktionskontrolle

Funktionskontrolle auf Unterschreitung der minimalen Speichertemperatur	
Routine:	<p>Unterschreitet der Fühler $T_{\text{Speicher oben}}$ einen Fixwert z.B. 50 °C wird ein Alarm ausgelöst (siehe Beschreibung 6.6.3.1 Kollektorkreis).</p> <p>Grundsätzlich können alle hier angegebenen Fixwerte nur beispielhafte Werte sein und sich an die Angaben der ausgeführten Anlage orientieren.</p>
Funktionskontrolle auf Unterschreitung der minimalen Netzzvorlauftemperatur	
Routine:	Unterschreitet der Fühler $T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$ einen Fixwert z.B. 45 °C wird ein Alarm ausgelöst.
Funktionskontrolle auf Unterschreitung der maximalen Netzzvorlauftemperatur	
Routine:	Überschreitet der Fühler $T_{\text{Wärmeverteilstz VL}}$ einen Fixwert z.B. 75 °C wird ein Alarm ausgelöst.
Funktionskontrolle auf Überschreitung der erwünschten Netzzrücklauftemperatur	
Routine:	<p>Verwendete Sensoren: $T_{\text{Wärmeverteilstz RL}}$.</p> <p>Überschreitet der Fühler $T_{\text{Wärmeverteilstz RL}}$ einen Fixwert z.B. 50 °C wird ein Alarm ausgelöst.</p>
Über- bzw. Unterschreitung des Systemdruckes im Wärmeverteilstz	
Routine:	Siehe Optimierungsphase

6.6.3.5 Ertragsbewertung

Durch eine Ertragsbewertung werden folgende Erkenntnisse zur Funktion und Leistung der Solaranlage gewonnen:

- Grundsätzliche Erfüllung der Planungsziele hinsichtlich spezifischer Solarerträge und dem solaren Deckungsgrad
- Einfluss der Rahmenbedingungen (Wärmeabnahme, Einstrahlung) auf die Leistungsfähigkeit der Solaranlage
- Erweiterte Funktionskontrolle der Solaranlage in niedriger zeitlicher Auflösung

Für eine fundierte Bewertung der Erträge aus einer thermischen Solaranlage ist zudem die Kenntnis der Rahmenbedingungen für Wärmeabnahme und Einstrahlung nötig.

Erkennung von Mindererträgen

Routine: Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit verglichen mit der Planung und gegebenenfalls als erweiterte Funktionskontrolle können Monats- und Jahreswerte der solaren Nutzwärme durch den Betreiber regelmäßig mit Erfahrungswerten oder berechneten Prognosewerten aus einer Anlagensimulation verglichen werden. Entsprechende monatliche Prognosewerte des Solarertrags für die monatliche Kontrolle durch den Anlagenbetreiber sollten vom Planer in der Anlagendokumentation bzw. in speziellen Wartungsschecklisten (siehe Kapitel 5.3) bereitgestellt werden.

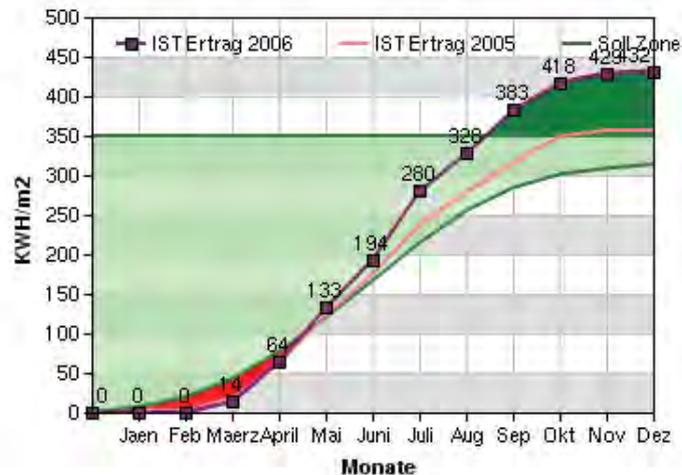
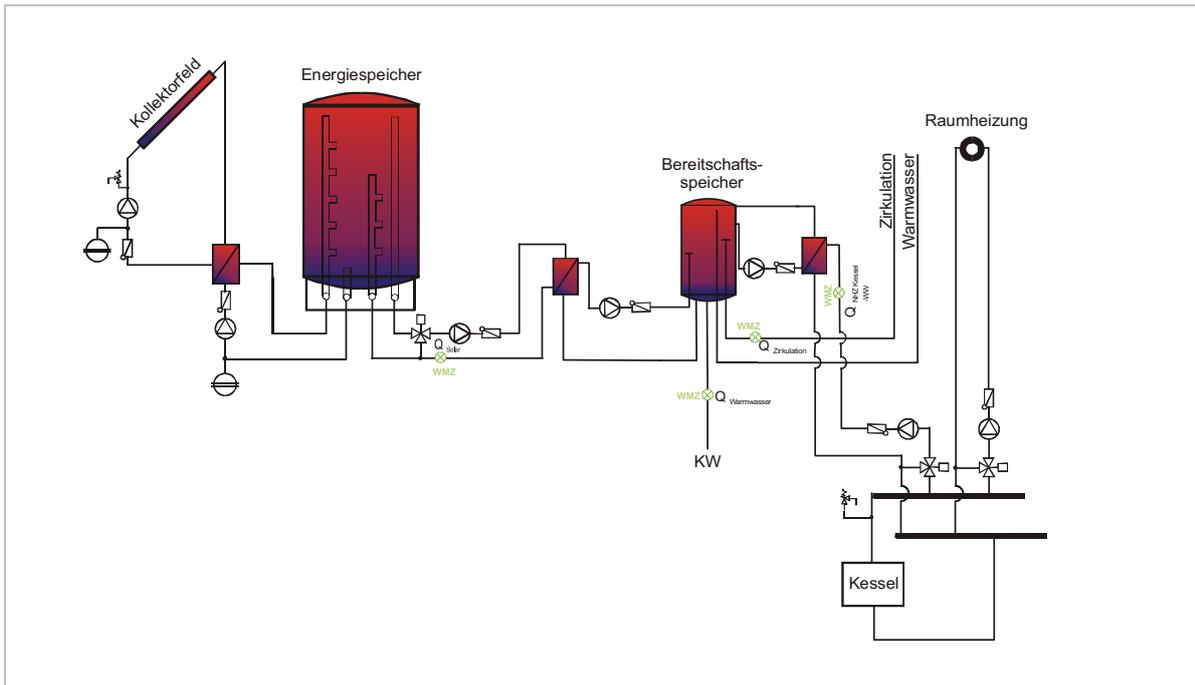


Abbildung 36: Monatlicher Vergleich von Soll- und Ist-Wert des kumulierten Solarertrags

Auch bei einwandfreiem Betrieb der thermischen Solaranlage kann bei geringerem Energiebedarf (je nach dem, ob die Solaranlage lediglich die Brauchwasserbereitung unterstützt oder auch einen Beitrag zur Raumheizung leistet) seitens der Verbraucher gegenüber den Dimensionierungsgrundlagen der Solarertrag unter den simulierten Ergebnissen liegen. Dies betrifft im Besonderen die Energieabnahme während der einstrahlungsreichen Sommermonate. Um eine Bewertung des Solarertrags vornehmen zu können, wird daher empfohlen, Monatswerte der Wärmeabnahme aufzuzeichnen. Welcher Energiebedarf für die Betrachtung herangezogen wird bzw. welche

	<p>Messpunkte notwendig sind, ist von der jeweiligen Anlagenhydraulik abhängig.</p> <p>Der entsprechende Kennwert ist die so genannte <i>Anlagenauslastung</i>, auf der im Allgemeinen die Dimensionierung von Kollektorfläche und Speichervolumen beruht. Um das nötige Ausmaß an Messtechnik so gering wie möglich zu halten kann über die Summe von solarem Input (Q_{Solar}) und dem Input aus der Nachheizung ($Q_{\text{NHZ Kessel WW}}$ bzw. Q_{Kessel}) auf die Wärmeabnahme geschlossen werden. Sollte der Energiebedarf den in der Dimensionierung angenommenen Wert - vor allem in den einstrahlungsreichen Sommermonaten - stark unterschreiten und damit die Auslastung der Solaranlage deutlich geringer sein als erwartet, kann die Solaranlage keine Energie an den Verbraucher abgeben und die prognostizierten Erträge müssen neu bewertet werden.</p> <p>Für die Langzeitüberwachung ist vor allem die Beurteilung des jährlichen spezifischen Solarertrags geläufig. Die Abweichungen des jährlichen Solarertrags gegenüber der Anlagensimulation, bedingt durch andere Einstrahlungsverhältnisse als jene im Standardwetterdatensatz des Simulationsprogramms, belaufen sich erfahrungsgemäß auf unter 10 %. Dieser Toleranzwert wird etwa auch in Solarertragsgarantiemodellen bei der Bemessung des Garantiewertes herangezogen.</p>
<p>Ermittlung des solarer Deckungsgrades</p>	
<p>Routine:</p>	<p>Der solare Deckungsgrad berechnet sich nach der in Kapitel 6.3.1 empfohlenen verbrauchsorientierten Methode aus den Kenngrößen Q_{Solar} und Q_{Kessel} bzw. $Q_{\text{NHZ Kessel WW}}$. In der Anlagenbewertung sollte untersucht werden, ob der solare Deckungsgrad und die spezifische solare Nutzwärme in einem der Anlagenauslegung entsprechenden Verhältnis stehen. Die Zielwerte der ursprünglichen Dimensionierung sollten dazu in der Anlagendokumentation dokumentiert sein.</p>
<p>Energiebilanzierung</p>	
<p>Routine:</p>	<p>Durch zusätzliche Erfassung einzelner Verbraucher (Warmwasserverbrauch $Q_{\text{Warmwasser}}$, Zirkulationsverluste $Q_{\text{Zirkulation}}$, an das Verteilnetz $Q_{\text{Wärmeverteilstrom}}$ und an die Heizung $Q_{\text{Wärmeabgabe}}$ abgegebene Energie) kann die Ertragsbewertung und Beurteilung der Gesamteffizienz des Heizungssystems verfeinert werden.</p> <p>Bei der zusätzlichen Erfassung und Bilanzierung der Einstrahlungssumme $E_{\text{Solare Einstrahlung}}$ mit einem Strahlungsmessgerät kann aus dem gemessenen Solarertrag und der Strahlungssumme auch der solare Systemnutzungsgrad (siehe Kapitel 6.3.1) berechnet werden, der typischerweise als Jahreswert angegeben ist. Dieser beschreibt, wie effizient das einfallende Strahlungsangebot vom solarthermischen Anlagenteil in nutzbare Wärme umgewandelt wird und steht im weiteren Sinne für die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Als Vergleichswert ist dieser aufgrund der nötigen Strahlungsmessung relativ selten verwendete Kennwert vor allem zum Vergleich mit dem in der Simulation erwarteten Wert interessant. Im nationalen Kontext ist der spezifische Solarertrag die geläufigere Kenngröße für die Langzeitüberwachung der Anlageneffizienz.</p>

Messtellen Standardhydraulik A



Minimalvariante	Q_{Solar}	
	$Q_{\text{NHZ Kessel WW}}$	
Optimalvariante		$Q_{\text{Zirkulation}}$
		$Q_{\text{Warmwasser}}$
		$E_{\text{Solare Einstrahlung}}$

Erkennung von Mindererträgen aus der Solaranlage

Routine: In Standardhydraulik A befindet sich die Messstelle zur Aufnahme der solaren Nutzwärme Q_{Solar} im Entladekreis des Energiespeichers, der allein von der Solaranlage beladen wird. Analog der allgemeinen Beschreibung zur Ertragsbewertung kann die solare Nutzwärme bewertet werden.

Betreffend Energiebedarf ist bei Hydraulikschema A der Warmwasserbedarf entscheidend und es könnte für die Ertragsbewertung mit einem Volumenstromzähler $V_{\text{Kaltwasser}}$ das Auslangen gefunden werden.

Alternativ kann die Wärmeabnahme in der Standardhydraulik A auch über die Aufzeichnung der Nachheizenergie $Q_{\text{NHZ Kessel WW}}$ bestimmt werden. Liegt die Summe aus solarem Input und Input von der Nachheizung vor allem in den einstrahlungsreichen Sommermonaten weit unter dem in der Dimensionierung (Simulation) erwarteten Wert, müssen die prognostizierten Erträge der Solaranlage neu bewertet werden.

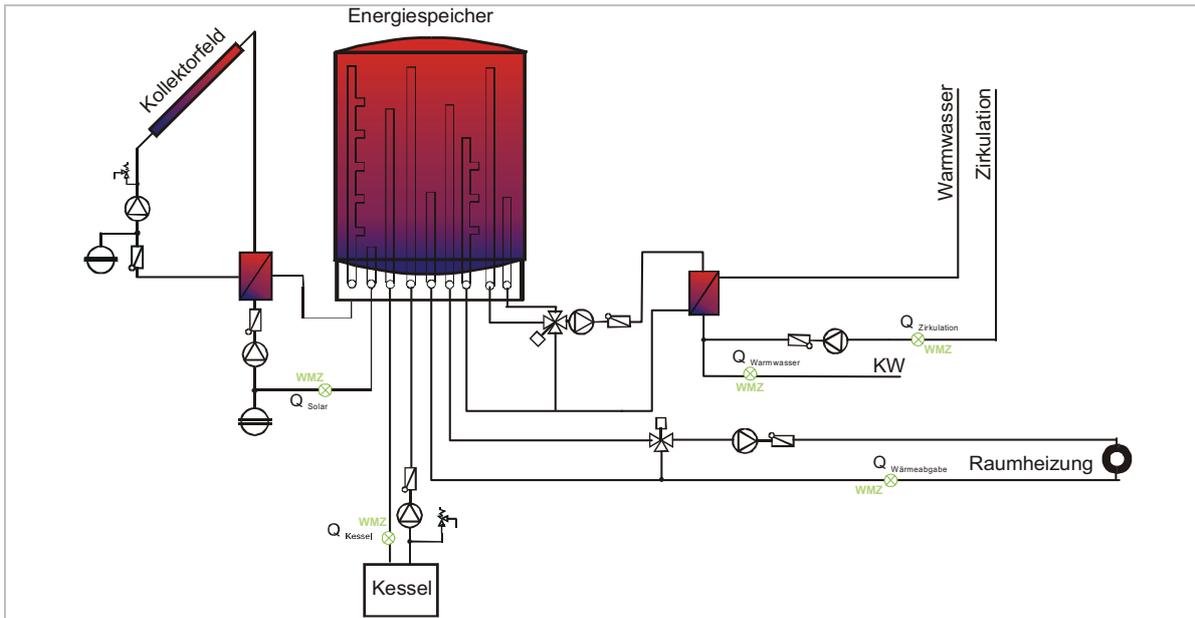
Ermittlung des solarer Deckungsgrades

Routine: Siehe allgemeine Beschreibung.

Energiebilanzierung

Routine: Durch zusätzliche Erfassung einzelner Verbraucher (Warmwasserverbrauch $Q_{\text{Warmwasser}}$, Zirkulation $Q_{\text{Zirkulation}}$) und der Einstrahlung $E_{\text{Solare Einstrahlung}}$ kann die Ertragsbewertung und Beurteilung der Gesamteffizienz des Heizungssystems verfeinert werden. Siehe dazu allgemeine Beschreibung.

Messtellen Standardhydraulik B



Minimalvariante	Q_{Solar}	
	Q_{Kessel}	
Optimalvariante		$Q_{Warmwasser}$
		$Q_{Zirkulation}$
		$Q_{Wärmeabgabe}$
		$E_{Solare\ Einstrahlung}$

Erkennung von Mindererträgen

Routine: In Standardhydraulik B befindet sich die Messstelle zur Aufnahme der solaren Nutzwärme Q_{Solar} im sekundären Solarkreislauf. Analog der allgemeinen Beschreibung zur Ertragsbewertung kann die solare Nutzwärme bewertet werden.

In Hydraulikschema B ist die Solaranlage entsprechend eingebunden, dass sie Warmwasserbereitung und Heizung über einen zentralen Energiespeicher unterstützt. Der Energiebedarf inklusive aller Systemverluste ergibt sich daher aus der Summe von Solarinput Q_{Solar} und Nachheizungsinput Q_{Kessel} . Liegt diese vor allem in den einstrahlungsreichen Sommermonaten weit unter dem in der Dimensionierung (Simulation) erwarteten Wert, müssen die prognostizierten Erträge der Solaranlage neu bewertet werden.

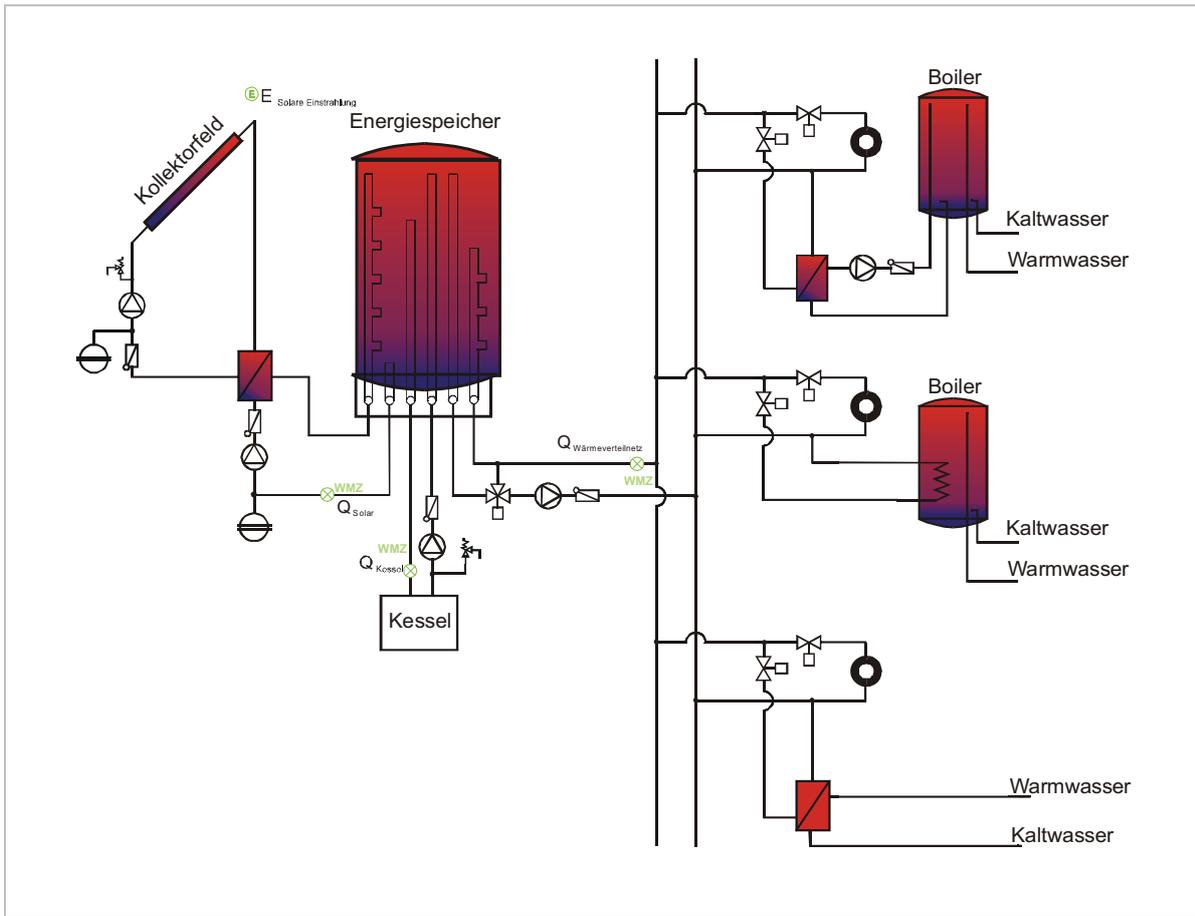
Ermittlung des solarer Deckungsgrades

Routine: Siehe allgemeine Beschreibung.

Energiebilanzierung

Routine: Durch zusätzliche Erfassung einzelner Verbraucher (Warmwasserverbrauch $Q_{Warmwasser}$, Zirkulation $Q_{Zirkulation}$ und Heizung $Q_{Wärmeabgabe}$) und der Einstrahlung $E_{Solare\ Einstrahlung}$ kann die Ertragsbewertung und Beurteilung der Gesamteffizienz des Heizungssystems verfeinert werden. Siehe dazu allgemeine Beschreibung.

Messtellen Standardhydraulik C



Minimalvariante	Q_{Solar}	
	Q_{Kessel}	
Optimalvariante		$Q_{\text{Wärmeverteilnetz}}$
		$E_{\text{Solare Einstrahlung}}$

Erkennung von Mindererträgen	
Routine:	siehe Hydraulik B
Ermittlung des solarer Deckungsgrades	
Routine:	Siehe allgemeine Beschreibung.
Energiebilanzierung	
Routine:	Durch zusätzliche Erfassung und Bilanzierung der Wärmeabnahme einzelner Verbraucher (Abgabe ins Wärmeverteilnetz $Q_{\text{Wärmeverteilnetz}}$ und Zapfmenge in den Wohnungen) und der Einstrahlung $E_{\text{Solare Einstrahlung}}$ kann die Ertragsbewertung und Beurteilung der Gesamteffizienz des Heizungssystems verfeinert werden. Siehe dazu allgemeine Beschreibung.

6.6.3.6 Alternative Ansätze zur Funktionsüberwachung und Ertragsbewertung

Wie in Kapitel 6.2.1 dargestellt gibt es neben den in diesem Kapitel beschriebenen Möglichkeiten zur individuellen Implementierung von Logikabfragen in Reglern oder der Leittechnik einige Ansätze zu einer weitgehend automatisierten Funktionskontrolle von solarthermischen Großanlagen, die jedoch aus den dargestellten Gründen am Markt noch kaum eine Relevanz erreicht haben. Aufgrund der Güte der Verfahren sind die Erwägung der Inanspruchnahme der dargestellten Dienstleistungen sowie die Beobachtung von Weiterentwicklungen und Kostensenkungen zu empfehlen.

Außer den in diesem Kapitel empfohlenen Messanordnungen und Auswertungsroutinen wird in der Folge noch eine Minimalvariante zur Funktionskontrolle dargestellt. Diese liegt jedoch unter dem oben empfohlenen Gesamtkonzept zur Anlagenoptimierung und Überwachung und sollte nur dann zum Einsatz kommen, wenn die Umsetzung des empfohlenen Standards etwa aus Kostengründen nicht möglich ist.

Funktionskontrolle durch Summenstörmeldungen

Bei dieser Variante der Funktionskontrolle sind keine logischen Verknüpfungen unter den einzelnen Messpunkten umgesetzt. Die Fehlererkennungsgeräte müssen so ausgeführt sein, dass sie von sich aus, bei einem Fehlereintritt, ein Signal ausgeben können. In weitere Folge werden hier Summenstörmeldungen ausgegeben, die beim Eintritt bestimmter Ereignisse ausgelöst werden. Die Weiterleitung kann nun durch einfache Signalmelder, die vom Hauswart oder Hausbetreuer registriert und entsprechend bearbeitet werden, erfolgen. Ist keine Hausbetreuung vor Ort, gibt es die Möglichkeit eine einfache Störungsmeldung mittels GSM-Netz an die Hausverwaltung bzw. an einen entsprechenden Betreuer weiterzuleiten.

Der Vorteil dieser Art der Funktionskontrolle sind einfache und übersichtliche Meldepunkte, die auch eine Sicherheitsfunktion erfüllen und bei Über- oder Unterschreitung von Grenzwerten gleich die komplette Anlage außer Betrieb setzen. Als Nachteil dieser Art von Funktionsüberwachung schlägt sich zu Buche, dass keine Logik für die Verknüpfung einzelner Sensoren besteht und dadurch die Erkennung einer Vielzahl von Fehlern nicht möglich ist. Im Unterschied zur empfohlenen Messanordnung werden auch keine Messwerte archiviert, die eine Fehleranalyse ermöglichen. Summenstörmeldungen sind oft schon Teil der Heiztechnik, sodass grundsätzlich die Aufschaltung von Störmeldungen der Solaranlage ohne weiteres erfolgen kann.

Messstellen:

- Fühlerbruchmeldung in der Regelung (potentialfreier Kontakt als Ausgang)
- Pumpenausfallmeldung (potentialfreier Kontakt als Ausgang von der Pumpe)
- Druckmessung (Druckschalter)
- Temperaturmessung (Thermostatschalter)

Erkennung von Fühlerdefekten durch eine Signalausgabe des Reglers

Routine:	Tritt ein Fühlerdefekt (Kurzschluss oder Fühlerbruch) auf, muss das Regelgerät in der Lage sein, dies zu erkennen und mittels eines Relaisausganges (meist potentialfreien Kontakt) weiterzuleiten. Diese Fehlerabfrage kann nur schwere Beschädigungen an den Fühlern detektieren, kann aber keinen reglerbedingten Fehler erkennen.
----------	---

Erkennung von Pumpenausfällen	
Routine:	Hierbei erkennt die Pumpe selbst eine Pumpenstörung und generiert eine Ausfallmeldung. Diese ist auf die Summenstörung aufzuschalten, um auf entsprechende Gebrechen rasch reagieren zu können. Die Funktion, dass die Pumpen selbst eine Pumpenstörung ausgibt, ist allerdings noch nicht sehr oft integriert. Es ist aber zu erwarten, dass dies bei neuen elektronischen Pumpengenerationen Standard wird. Beispiele von Pumpen mit Störmeldesignal sind die Heizungspumpen vom Typ Wilo Stratos EKO 25 DMS oder Grundfos UPE mit Zusatzmodul.
Erkennung von Lecks und Defekten des Ausdehnungsgefäßes	
Routine:	Drucksensoren sind eine einfache Möglichkeit, Druckabfälle durch Lecks oder defekte Ausdehnungsgefäße im Kollektorkreis zu erkennen, die zu einem Stillstand der Solaranlage führen. Entsprechende Störmeldungen werden bei Unterschreiten von Grenzwerten weitergeleitet. Die dazu nötigen Druckschalter müssen so montiert werden, dass sie nicht einem heißen Medium ausgesetzt werden. Die Einstellung bzw. die Kontrolle des Schaltpunktes sollte im Rahmen der Inbetriebnahme erfolgen.
Erkennung von Temperaturmaxima	
Routine:	Thermostatschalter werden an temperaturkritischen Punkten montiert und schützen so gefährdete Anlagenteile vor Übertemperatur bzw. vor Frost.

Komponenten für die Funktionskontrolle durch Summenstörmeldungen

Thermostatschalter

Überschreitet die anstehende Temperatur am Temperaturfühler den eingestellten Sollwert, wird über die Übersetzungsmechanik der Mikroschalter betätigt und der Stromkreis geöffnet bzw. geschlossen. Beim Unterschreiten des eingestellten Sollwertes (um die Schaltdifferenz) wird der Mikroschalter wieder in Ausgangsstellung gebracht. Bei Temperaturbegrenzern muss der Schaltkontakt nach einem Auslösevorgang wieder manuell entriegelt werden. Die Kosten von Thermostatschaltern betragen ca. 50 - 150 €.



Bildquelle: Jumo Messtechnik

Druckschalter

Für die Funktionskontrolle durch Summenstörmeldung werden Druckschalter eingebaut. Der einzustellende Bereich soll zwischen 0,5 und 5 bar Relativdruck liegen. Je nach dem ob eine Überdruck- oder eine Unterdruckkontrolle gefordert ist, verwendet man Öffner oder Schließer als Kontaktausgang. Die Kosten belaufen sich auf ca. 100 – 200 € je nach Temperaturbereich.



Bildquelle: RS

Temperatursensoren

Grundsätzlich sind die Anforderungen an Temperatursensoren für die Regelaufgaben in der hier beschriebenen Haustechnik nicht sehr hoch wodurch hier hauptsächlich temperaturabhängige Widerstandssensoren in Zweileiterschaltung verwendet werden. Die häufigsten Typen sind Widerstandssensoren mit einem positiven Temperaturkoeffizienten wie KTY81-110, KTY81-210 bzw. Pt500 und Pt1000 Elemente.

Besonderes Augenmerk ist auf die fachgerechten Montage, sowie auf die maximal erreichbaren Temperaturen an den unterschiedlichen Messstellen zu legen. Vor allem der Kollektorfühler sowie die Fühler im Solarprimärkreis sind hohen Temperaturbelastungen ausgesetzt. Bei handelsüblichen Flachkollektoren können Stillstandstemperaturen von über 220 °C auftreten. In diesem Fall eignen sich nur mehr Platin (Pt1000) Sensoren mit einem entsprechenden Anschlusskabel aus speziellem Silikon oder Teflon. Das Fühlergehäuse (z.B. rollierte Edelstahlhülse) schützt das Fühlerelement vor Witterungseinflüssen. Das Gehäuse muss temperatur- und kondensatbeständig sein. Ein zentraler Faktor ist auch die richtige Fühlerposition. Kollektorfühler sind immer an der heißesten Stelle des Kollektorfeldes bzw. am Vorlauf des heißesten Kollektorfeldes anzubringen. Es ist darauf zu achten, dass durch entsprechende Konstruktionen die gemessene Temperatur der tatsächlichen Temperatur möglichst nahe kommt (entsprechend guter Sitz des Fühlers in der Messhülse des Kollektors, geringe Abkühlung durch entsprechende Isolierung der Sensorrückseite bzw. gute Wärmeübertragung auf das Fühlerelement durch Verwendung von Wärmeleitpasten usw.). Die Kosten für Temperatursensoren liegen je nach Genauigkeit und Temperaturbeständigkeit bei ca. 15 – 50 € je Stück.

Drucksensoren

Es werden sowohl Druckmessumformer mit einem Analogausgang (Einheitssignal 0/4..20 mA, 0/2..10 V) als auch Drucksensoren mit einer Schaltfunktion eingesetzt. Wichtig ist in beiden Fällen, dass der Sensor so montiert wird, dass auch bei einem Anlagenstillstand die höchst zulässige Betriebstemperatur nicht erreicht wird. Der Messaufnehmer muss resistent gegen das eingesetzte Wärmeträgermedium sein.

Für die empfohlene Messanordnung empfiehlt sich die Verwendung eines Drucksensors mit Analogausgang. Das Ausgangssignal, im Normalfall 0/4..20 mA oder 0/2..10 V entspricht dabei dem physikalischen Wert von z.B. 0 bis 5 bar (abhängig vom Anlagenmaximaldruck). Durch die entsprechende Logik (wie in Kapitel 6.6 beschrieben), werden Fehlfunktionen erkannt. Die aufgezeichneten Werte können gespeichert werden und stehen auch für Auswertungen zu Verfügung. Die Kosten von Drucksensoren betragen ca. 150 - 200 €.



Bildquelle: RS

Strahlungssensoren

Sowohl für die Funktionskontrolle nach dem Input-Output Prinzip, für die erweiterte Ertragsbewertung als auch teils für Regelfunktionen des Solarkreises werden Einstrahlungsmessgeräte eingesetzt. Grundsätzlich wird zwischen hochgenauen Pyranometern und Strahlungssensoren, die nach dem Prinzip der Photozelle aufgebaut sind unterschieden.

Pyranometer sind die genauesten Messgeräte zur Messung der solaren Einstrahlung. Sie bestehen aus einer Abdeckung, die sie vor Umwelteinflüssen schützt und aus einer geschwärzten Thermosäule. Das Ausgabesignal ist mittels eines Kalibrierfaktors direkt proportional zur Bestrahlungsstärke, die in Watt pro Quadratmeter gemessen wird. Aufgrund ihrer hohen Kosten von ca. 400 € aufwärts werden Pyranometer hauptsächlich für wissenschaftliche Strahlungsmessungen verwendet.



Bildquelle: Hukseflux

Eine andere Möglichkeit zur Messung der Einstrahlung stellen Strahlungssensoren nach dem Prinzip der Photozelle dar. Auch bei diesen Sensoren wird die einfallende Solarstrahlung in ein entsprechendes Spannungssignal umgesetzt. Es wird zwar nicht das ganze nutzbare Strahlungsspektrum gleichmäßig umgesetzt, in Vergleichsmessungen hat sich jedoch gezeigt, dass kalibrierte Strahlungssensoren nicht nur für Regelungszwecke sondern auch für die Aufzeichnung von Strahlungssummen für die Bewertung solarthermischer Anlagen ausreichend genaue Ergebnisse liefern. Soll ein Strahlungssensor für die Aufzeichnung von Strahlungssummen verwendet werden, sollten aber auf jeden Fall hochqualitative Produkte eingesetzt werden. Billige Sensoren, wie sie etwa für die Steuerung des Solarkreises bei Kleinanlagen mitgeliefert werden, sollten für die Aufzeichnung von Strahlungssummen nicht verwendet werden. Neben der Messgenauigkeit muss auch auf eine entsprechende Langlebigkeit der Strahlungssensoren geachtet werden.



Bildquelle: TRITEC

Für die Aufzeichnung von Monatswerten der Einstrahlung sind auch einige spezialisierte Lösungen am Markt. Zu diesen gehören stand-alone Aufzeichnungsgeräte mit eigener Software und Auslesemöglichkeit über RS232-Schnittstelle sowie kompakte, für den Anschluss von Strahlungssensoren vorkonfigurierte Datenlogger.



Bildquelle: Solarc

Für den Anschluss von Strahlungssensoren an gängige Solarregler können Messsignalumsetzer eingesetzt werden, um das Signal des Strahlungssensors etwa über den Temperatureingang aufzunehmen. Ebenso können Strahlungssummen über die Leittechnik oder Universalregler aufgezeichnet und zu Tages-, Monats- und Jahressumme integriert werden.

Bei der Montage von Strahlungssensoren ist darauf zu achten, dass das Messgerät in der gleichen Ebene wie die Kollektorfläche angebracht wird und es von keiner Verschattung betroffen ist. Die Kosten für Strahlungssensoren liegen bei etwa 100 – 300 €.

Wärmemengenzähler

Wärmemengenzähler liefern die Grundlage für Ertragsbewertungen und grobe Funktionskontrollen von Solaranlagen. Die Wärmemengenzählung ist ein Zusammenarbeiten der Komponenten Durchflusssensor, Temperaturfühlerpaar und Rechenwerk. Im Rechenwerk werden die Messdaten über die Leistungsformel verarbeitet und über die Zeit integriert. In Verbindung mit Solaranlagen von besonderer Bedeutung ist die korrekte Eingabe der spezifischen Wärmekapazität des Glykol-Wasser Gemisches, falls sich die Notwendigkeit eines Einbaus im primären Solarkreis ergibt. Nachdem bei den meisten größeren Solaranlagen ein externer Wärmetauscher im Solarkreis eingebaut ist, sollte ein Einbau im sekundären, Wasser führenden Sekundärkreis jedoch möglich sein.

$$P = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_V - t_R)$$

\dot{V} Volumenstrom [m³/h]

ρ Dichte [kg/m³]

c_p spezifische Wärmekapazität [kJ/kgK]

$(t_V - t_R)$ Temperaturdifferenz t [K]

P..... Leistung[kJ/h]



Bildquelle: Kundo

Als verfügbare Technologien für die Durchflussmessung stehen Flügelrad- und Ringkolbenzähler genauso wie Geräte, die nach dem magnetisch-induktiven oder Ultraschallverfahren arbeiten zur Verfügung. Aufgrund der günstigen Kosten kommen in solarthermischen Anlagen hauptsächlich Volumenstromzähler mit Flügelradzählwerk zum Einsatz. Ultraschallmessgeräte bieten gegenüber den Flügelradzählern den Vorteil von geringeren Druckverlusten und einer längeren Lebensdauer nachdem sie keine beweglichen Teile enthalten. Die Kosten von marktgängigen Wärmemengenzählern belaufen sich je nach Durchflussbereich und Ausführung auf ca. 200 -1.000 €.

Auswahl und Einbau von Wärmemengenzählern müssen sehr sorgfältig und unter genauer Einhaltung der Herstellervorgaben durchgeführt werden. Einige wichtige Hinweise:

- Die Auswahl des Volumenstrommessers muss sehr genau auf die erwarteten Volumenströme ausgelegt sein, sodass sich der Nennvolumenstrom im oberen Drittel des Messbereichs befindet.
- Bei der Auswahl des Volumenstrommessers muss darauf geachtet werden, dass das Gerät den maximal erwarteten Temperaturanforderungen standhält.
- Es ist darauf zu achten, dass ein einfacher Ein- und Ausbau ohne große Betriebsunterbrechungen vorgenommen werden kann.
- Vor und nach dem Volumenstrommesser sind den Herstellerangaben entsprechende Beruhigungsstrecken vorzusehen.
- Die Monatssummen der Wärmemenge sollten vom Gerät automatisch gespeichert werden können, sodass auch eine manuelle Auslesung möglich ist.

Universalregelungen

Solarregler waren in der Vergangenheit zumeist auf Anlagen mit fix vorgegebenen Schemen beschränkt. Auf dem Marktsegment der Kleinanlagen wurden und werden diese nach wie vor in größeren Stückzahlen eingesetzt.

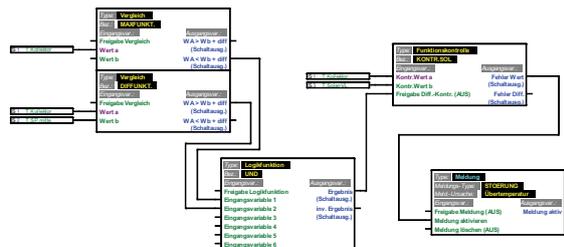
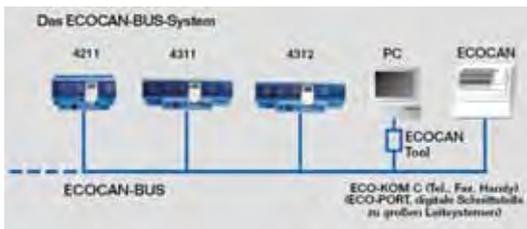
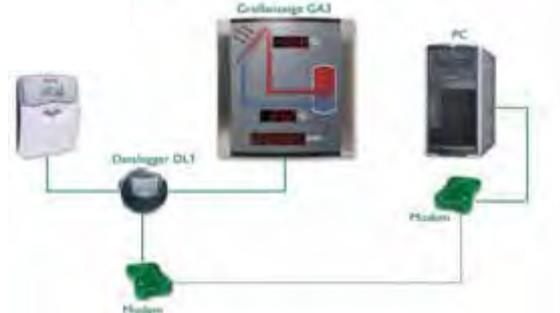
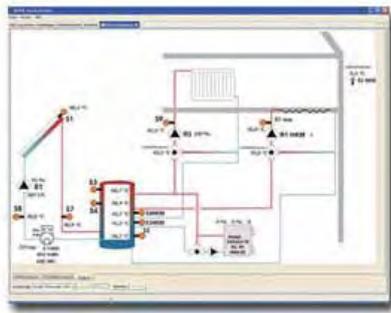
Durch die Entwicklung der letzten Jahre, dass Funktionsblöcke beliebig kombinierbar und parametrierbar sind, können neben der Solaranlage mit diesen Reglern auch fast alle Felder der Haustechnik abgedeckt werden. Als Programmierhilfe werden grafisch unterstützte Programme angeboten die eine vereinfachte Programmierung und Parametrierung am



Bildquelle: Technische Alternative

PC erlauben.

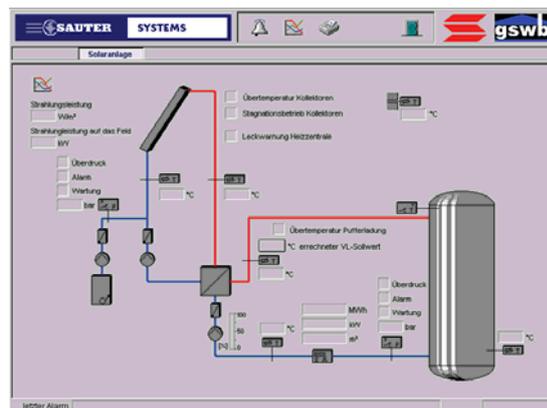
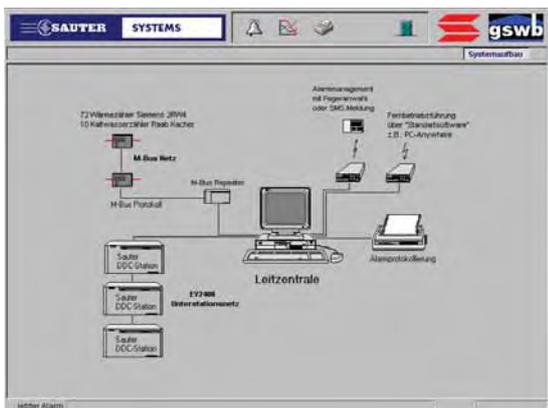
Viele Universalregler verfügen über die Möglichkeit, Daten mittels Datenlogger aufzuzeichnen und teilweise auch mit einer firmeneigenen Software zu visualisieren. Ebenso ermöglichen einige Geräte auch die Eingabe von Logikverknüpfungen zur Umsetzung der beschriebenen Funktionskontrolle. Welche am Markt erhältlichen Universalregler welche Funktionen unterstützen ist im Kapitel 6.5 der Recherche von geeigneten Reglern für Anlagenoptimierung und Betriebsüberwachung zu entnehmen. Die reinen Hardwarekosten für Universalregler betragen etwa 400 - 2.000 €.



Bildquellen: RESOL, Technische Alternative

Leittechnik

Die Gebäudeleittechnik kann alle Bereiche, angefangen vom Zeiterfassungssystem bis hin zum Heizungsregler, in einem zentralen Programm abdecken. Die einzelnen Endgeräte sind meist mit Bussystemen untereinander verbunden und können so Daten austauschen. Für die Messdatenvisualisierung während der Inbetriebnahme sowie für die Programmierung der Funktionskontrolle bieten Leittechniksysteme ein Maximum an Freiheit. Auch für die Übertragung von Fehlermeldungen und Daten über das Internet oder andere Telekommunikationsmittel gibt es eine Reihe von Standardlösungen auf dem Markt.



Universalregler

Vorteile

- wesentlich geringere Geräte- und Programmkosten
- Bessere Übersichtlichkeit
- Geringerer Stromverbrauch
- Wärmemengen werden im Regelgerät berechnet und benötigen keine eigenen Wärmemengenzähler. Die so ermittelten Wärmemengen sind jedoch üblicherweise nicht eichfähig

Nachteile

- Programmiermöglichkeiten sind noch immer auf die vom Hersteller angebotenen Funktionsblöcke bzw. Schemen eingeschränkt
- Unklare Schnittstelle der Zuständigkeit für die Programmierung (Installateur, Elektriker, Haustechnikplaner oder externe Vergabe der Arbeiten)
- Keine oder nur minimale Visualisierungsmöglichkeiten

Leittechnik

Vorteile

- Zentrales Programm für alle Steuer- Regel- und Erfassungsaufgaben
- Universell kann auf alle Sonderfälle eingegangen werden
- Benutzerfreundliche Visualisierungsmöglichkeiten
- Kann von mehreren Plätzen aus bedient werden
- Fernwartung möglich
- Fehlermeldungen und Alarmierung detailliert möglich

Nachteile

- Sehr hohe Anschaffungskosten
- Fehleranfälliger
- Abhängigkeit vom Hersteller des Programms
- Höhere Betriebskosten für Strom und Wartung
- Einblick in die Regelung zu bekommen obliegt nur den Herstellerfirmen selbst

Datenaufzeichnungs- und Überprüfungsgeräte

Datenerfassungsgeräte werden vor allem für die beschriebene Optimierungsphase, aber auch zur eventuellen späteren Fehleranalyse oder Anlagenoptimierungen benötigt.

Abgesehen von Datenerfassungslösungen, die in Verbindung mit bestimmten Universalreglern angeboten werden und Lösungen der Leittechnik sind am Markt einige speziell für Solaranlagen entwickelte Geräte verfügbar, die mit relativ wenig Aufwand etwa in bestehende Anlagen eingebaut werden können und vielfach auch eine Strahlungsmessung unterstützen. Grundsätzlich zielen diese Geräte jedoch eher auf einfache Visualisierungen, etwa auf Großanzeigen ab und sind nur im begrenzten Ausmaß für die Betriebsüberwachung brauchbar.

Neben den solarspezifischen Produkten gibt es eine breite Palette von Aufzeichnungsgeräten von sehr flexiblen und netzunabhängigen Miniloggern bis hin zu großen stationären Aufzeichnungsgeräten, die sehr hohe Messansprüche erfüllen. Die

Kosten für Datenaufzeichnungsgeräte bewegen sich in einem Bereich von ca. 150 € (einfaches Einkanalaufzeichnungsgerät) bis hin zu mehreren tausend Euro.

6.6.5 Ausblick zum Kostenoptimierungspotential und zur Weiterentwicklung von Geräten

Durch die stetige Weiterentwicklung von Universalreglern stehen immer mehr Anwendungsmöglichkeiten bei fast gleich bleibenden Preisen zu Verfügung. Es entsteht also ein großes Potential, dass die Anforderungen einer kostengünstigen Hilfestellung bei der Anlagenoptimierung bzw. für eine automatische Funktionskontrolle umgesetzt werden kann.

Bei der Auswahl von Universalreglern für Funktionskontrolle und Ertragsbewertung sollte unbedingt auf folgende Punkte geachtet werden:

- Lassen sich die Eingänge untereinander verknüpfen (Funktionsüberwachung)?
- Erfolgt die Speicherung der Messwerte in der Reglereinheit? Nach Möglichkeit sollte man auf einen Anschluss mittels PC verzichten, da die Ausfallsquote von Computern (mit Ausnahme von Industrie PCs) im Dauerbetrieb unter rauen Bedingungen hoch ist. Weiters ist der Stromverbrauch im 24h Betrieb nicht mehr vernachlässigbar.
- Lassen sich auch Einheitssignale verarbeiten (z.B. 0/4..20 oder 0/2..10 V Signale von Druckmesswertaufnehmern)?
- Ist der Regler zumindest so weit frei programmierbar bzw. parametrierbar, dass die empfohlene Funktionsüberwachung umgesetzt werden kann?
- Ist das versenden von SMS oder E-Mail Meldungen möglich?
- Gibt es eine Möglichkeit der Datenfernübertragung über Modem?

Mittelfristig ist eine Implementierungsmöglichkeit der im Kapitel 6.6.4 bis 6.6.8 beschriebenen Routinen zur Anlagenoptimierung, Funktionskontrolle und Ertragsbewertung in Kompaktreglern anzustreben. Das heißt es sollte in Zukunft möglich sein, ohne großen Programmieraufwand und Kunstgriffe ein Standardschema zu wählen, die gewünschten Überprüfungsrountinen zu markieren und die Maximal und die Minimalwerte der einzelnen Parameter festzulegen. Bis dahin dienen die dargestellten theoretischen Grundlagen als Basis für die Programmierung marktgängiger Regler und Leittechniksysteme.

7 Schlussfolgerungen und Verwertung der Ergebnisse

Thermische Solaranlagen leisten einen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz durch die Vermeidung von Emissionen und stellen für die Bezieher der solaren Wärme eine Möglichkeit dar, Betriebskosten langfristig zu senken sowie über weite Teile des Jahres einen signifikanten Anteil des Wärmebedarfs durch Solarenergie zu decken. Mit der klaren Zielsetzung, potentielle Investoren in ihrem Vertrauen in solarthermische Großanlagen zu stärken wurden empfohlene organisatorische Rahmenbedingungen, die den langfristig zufriedenstellenden Betrieb von Solaranlagen sichern, im vorliegenden Projekt dargestellt. Sie bieten konkrete Hilfestellungen, die zweifelsfrei aufwändigeren Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Integration moderner Haustechnik besser zu verstehen und in Projekten zu berücksichtigen. In enger Verbindung dazu wurden konkrete technische Grundlagen zur Anlagenüberwachung und Anlagenbewertung im vorliegenden Projekt erstmals in diesem Umfang zusammengefasst. Damit stellen die vorliegenden Ergebnisse einen weiteren Schritt zur Etablierung solarthermischer Technologie als Standard im Gebäudeneubau als auch in der Sanierung dar.

Die massiven Zuwächse vor allem im Bereich der großen thermischen Anlagen haben in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass viele Unternehmen neu und unerfahrene Betriebe vermehrt in diese Branche eingestiegen sind. Häufig fehlt diesen Unternehmen das nötige technische Know-how, die Auftraggeber sind zu wenig über die Möglichkeiten der Qualitätssicherung und Ertragskontrolle informiert und von Seiten der Förderstellen gibt es keine oder nur geringe Anforderungen an die Qualität der ausgeführten Anlagen. Ein Mangel an Qualität und die damit einhergehenden Ertragsminderungen von thermischen Solarsystemen führen langfristig zu einem negativen Image der Technologie. Dieser negative Trend betrifft nicht nur die potentiellen Auftraggeber und Investoren sondern insbesondere auch die diversen Förderverantwortlichen die für die Vergabe der Landes- und Bundesmittel verantwortlich zeichnen.

Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung von solarthermischen Großanlagen, die sich in den letzten Jahren in der Praxis bewährt haben wurden im Projekt verglichen, teilweise erweitert bzw. für die spezielle Anwendung bei solarthermischen Großanlagen angepasst und zu einem in sich schlüssigen und direkt anwendbaren Paket von Qualitätssicherungsmaßnahmen zusammengefasst. Durch die entwickelten zwölf Musterdokumente, welche die Qualitätssicherungskette eines Projektes von der Projektentwicklungsphase bis zum Nachweis der geplanten Einsparungen abdecken, stehen konkrete Hilfestellungen zur Verfügung, die eine Umsetzung der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen entscheidend erleichtern. Vor allem „einmalige“ Anwender (z.B. Tourismusbetriebe oder Eigentümergemeinschaften von Wohnbauten), die nicht die Möglichkeit haben, spezifisches Know-how in wiederholten Projekten aufzubauen, sollen die gegebenen Empfehlungen und Werkzeuge als Leitfaden dabei unterstützen, eine wirtschaftlich und technisch effiziente Einbindung von solarthermischer Technologie zu realisieren. Die empfohlenen Maßnahme sollten für erfahrene Anbieter keinen großen Neuigkeitswert mehr besitzen, können jedoch unerfahrene, aber seriöse Anbieter bei der Umsetzung solarthermischer Technologie nach dem aktuellen Stand der Technik entscheidend unterstützen. Es ist zu hinterfragen, ob Anbieter, die sich gegen die hohe Transparenz des beschriebenen Prozesses sträuben für die Installation einer solarthermischen Anlage geeignet sind.

Für Planungsabteilungen von Wohnbaugenossenschaften können die vorliegenden Ergebnisse die Grundlage darstellen, bei optimalen Rahmenbedingungen das volle Potential von solarthermischer Technologie in Heizungssystemen von Neubauten auszunutzen und aus den Ergebnissen eigene, interne Qualitätsstandards für den Umgang mit solarthermischer Technologie zu entwickeln.

Wie in Kapitel 5.2.10 beschrieben haben in Österreich basierend auf Erfahrungen mit mangelhaften Anlagen in der Vergangenheit begonnen, Qualitätsaspekte in Förderrichtlinien zu integrieren. Die Ergebnisse des vorliegenden Projekts stellen eine Reihe von Ansatzpunkten, die in Vorgaben integriert werden können dar. Die Herausforderung bei der Integration in Förderschemen ist, ohne exorbitanten Aufwand für die Förderstelle und ohne Abschreckung von Förderwerbern eine tatsächliche Qualitätssteigerung der Installationen zu erreichen. In Wien wurden mit der Unterstützung des Projektteams bereits an die Projektergebnisse angelehnte Qualitätsvorgaben für solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche über 50 m² in der Förderrichtlinie integriert.

In komprimierter Form eines grafisch aufbereiteten Ratgebers wurden die Ergebnisse dieses Kapitels jeweils für die Zielgruppe des Neubaubereichs bzw. des Sanierungsbereichs aufbereitet. Im Ratgeber sind Verweise auf die empfohlenen Musterdokumente, die dem Ratgeber beigelegt sind, enthalten. Um für Verbesserungen flexibel zu sein und Interessenten zur einfacheren Verarbeitung die Musterdokumente in elektronischer Form zu Verfügung stellen zu können, werden diese in ihrer aktuellsten Version auf Österreichs umfangreichster Informationsplattform für Solarwärmeanwendungen unter www.solarwaerme.at/Profi-Center zum Download bereitstehen.

Zur beispielhaften Darstellung von Messanordnungen und Auswertungsroutinen wurde der Ansatz einer Spezifizierung für drei in Österreich typischerweise eingesetzte Anlagenhydrauliken von solarthermischen Großanlagen (Warmwasser Vorwärmesystem, Kombisystem mit dezentraler Warmwasserbereitung in Wohnungsstationen und 2-Leiter-Verteilnetz, Kombianlage mit zentraler Warmwasserbereitung mittels Frischwassermodul und 4-Leiter-Verteilnetz) gewählt. In den Grundlagenkapiteln werden die wichtigsten Grundprinzipien und Kennzahlen für die Anlagendimensionierung und Anlagenbewertung dargestellt. Im Hardwarekapitel findet sich eine Zusammenstellung der am Markt verfügbaren Lösungen für die Datenaufzeichnung und Datenverarbeitung im Bezug auf die messtechnische Überwachung von solarthermischen Großanlagen. Gerade in diesem Bereich kam es in den vergangenen Jahren zu starken Weiterentwicklungen der verfügbaren Lösungen. Eine im Projekt durchgeführte Umfrage zeigt gegenwärtig in der Praxis noch einen deutlichen Überhang von Monitoringlösungen über die Gebäudeleittechnik gegenüber Universalreglern, welche in den letzten Jahren mit immer umfassenderen Funktionen ausgestattet wurden. In komprimierter Form wurden die Grundlagen zur Umsetzung des empfohlenen Ausmaßes an messtechnischer Überwachung in einem Leitfaden zusammengefasst, der sich an ausführende Techniker richtet. Dieser wird im Professionisten-Bereich von Österreichs umfangreichster Solarwärme Website www.solarwaerme.at wie die weiteren Projektergebnisse kostenlos zum Download bereit stehen.

Zusammen mit der parallel in Deutschland entwickelten VDI Richtlinie 2169 „Funktionskontrolle und Ertragsbewertung an solarthermischen Anlagen“ und dem RAL Gütesiegel Solar stellen die im Projekt zusammengestellten Dokumente wichtige Werkzeuge zur Qualitätssicherung und Steigerung der Attraktivität einer Investition in solarthermische Großanlagen dar. Im Zuge der zunehmenden Standardisierung von Konzepten auch bei Großanlagen ist zu hoffen, dass die erarbeiteten Planungsstandards und Überwachungsmethoden in möglichst standardisierter Form ihren Weg ins Portfolio von spezialisierten Fachplanern und von Systemanbietern finden.

Die Verbreitung der Ergebnisse erfolgte einerseits bereits während der Projektlaufzeit im Rahmen diverser Veranstaltungen im Rahmen des klima:aktiv Solarwärmeprogramms im Segment Geschosswohnbau. Andererseits werden über die Projektlaufzeit hinaus die Ergebnisse des Forschungsprojektes auf der umfangreichsten österreichischen Solarseite gelistet. Diese Seite wird durchschnittlich pro Monat von über 20.000 Personen besucht. Für die Zielgruppe der Planer und Installateure gibt es einen eigenen „Profi-Bereich“ auf dem die in diesem Projekt erarbeiteten Formulare und Dokumente frei verfügbar und downloadbar sind. Es ist zudem geplant, die zusammengestellten Grundlagen der messtechnischen Überwachung auch in die nationalen Schulungen des klima:aktiv Solarwärmeprogramms

einzuarbeiten und damit das Gewicht des Themas „Funktionskontrolle und Ertragsbewertung“ in Schulungen zu solarthermischen Großanlagen aufzuwerten.

Die Projektergebnisse wurden bei zwei Fachveranstaltungen an ein breites Zielpublikum herangetragen. Die nationale Solarbranche hatte die Möglichkeit sich bei einer im Anschluss an die Generalversammlung stattfindenden Veranstaltung über die Inhalte des Projektes zu informieren. International wurde das Projekt bei dem größten deutschsprachigen Solarthermie Symposium in Bad Staffelstein, Deutschland, mittels einer Posterpräsentation vorgestellt.



Abbildung 37: Posterpräsentation zum Projekt am Solarthermie Symposium in Bad Staffelstein

8 Detailangaben zu den Zielen der „Energiesysteme der Zukunft“

Thermische Solaranlagen leisten einen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz durch die Vermeidung von Emissionen und stellen für die Bezieher der solaren Wärme eine Möglichkeit dar, Betriebskosten langfristig zu senken sowie über weite Teile des Jahres einen signifikanten Anteil des Wärmebedarfs durch Solarenergie zu decken. Gebäudeübergreifende Mikronetze und der großvolumige Wohnbau zählen zu den großen Hoffnungsträgern der österreichischen Solarbranche da ihr großes Potential noch kaum erschlossen ist. Die Qualitätssicherung wurde in Vorgängerprojekten aus der Programmlinie „Nachhaltig Wirtschaften“ als zentraler Punkt für eine stärkere Anwendung solarthermischer Technologie in diesem Segment ausgemacht.

Mit der klaren Zielsetzung, potentielle Investoren in ihrem Vertrauen in solarthermische Großanlagen zu stärken, wurden empfohlene organisatorische Rahmenbedingungen, die den langfristig zufriedenstellenden Betrieb von Solaranlagen sichern, im vorliegenden Projekt dargestellt. Sie bieten konkrete Hilfestellungen, die zweifelsfrei aufwändigeren Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Integration moderner Haustechnik besser zu verstehen und in Projekten zu berücksichtigen. In enger Verbindung dazu wurden konkrete technische Grundlagen zur Anlagenüberwachung und Anlagenbewertung im vorliegenden Projekt erstmals in diesem Umfang zusammengefasst.

Damit stellen die Ergebnisse des Projektes einen wichtigen Schritt dar, große thermische Solarsysteme durch eine Minimierung des technischen und wirtschaftlichen Risikos zu einem betriebs sicheren und kalkulierbaren Modul zur Einbindung in Gesamtsystemlösungen sowohl im Neubau als auch in der Sanierung von großvolumigen Gebäuden zu machen. Die Weiterentwicklung von intelligenten Regelungen die ein Monitoring unterstützen, könnte direkt auf die Erkenntnisse aus diesem Projekt aufbauen. Der Respekt seitens der für die Verbreitung großer Solaranlagen maßgeblichen Entscheidungsträger vor den mit der Installation von großen Solaranlagen verbundenen technischen und wirtschaftlichen Risiken kann durch das Kennenlernen und Umsetzen der erarbeiteten Qualitätssicherungsmaßnahmen entscheidend vermindert werden. Die Akzeptanz gegenüber der Technologie kann durch messtechnisch bewiesene Zuverlässigkeit und Effizienz gesteigert werden.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes tragen durch die Entwicklung von Strategien zur Qualitätssicherung sowohl zur Steigerung der Energie- als auch der Kosteneffizienz von großen Solaranlagen bei. Bei Solaranlagen geht die Energie- und Kosteneffizienz eng einher. Durch eine bessere Ausnutzung der eingestrahelten Energie durch das Solarsystem steigen die Erträge und damit die eingesparte Komplementärenergie. Das im Projekt behandelte Monitoring ermöglicht die Einregelung der Anlage und eine laufende Kontrolle der wichtigsten Parameter für einen optimalen Betrieb.

Solaranlagen führen zwar grundsätzlich im Störfall (Ausfall, Stagnation) zu keinen maßgeblichen negativen Auswirkungen, jedoch leiden der Nutzerkomfort und die Wirtschaftlichkeit unter Stehzeiten und notwendigen Reparaturen. Ein zentrales Thema des Projekts war die technische Qualitätssicherung durch eine laufende Funktionsüberwachung des solarthermischen Anlagenteils. Die Anwendung der entwickelten Maßnahmen führt zu einer geringeren Fehleranfälligkeit von großen Solaranlagen und damit einer erhöhten Akzeptanz der Technologie bei den Entscheidungsträgern.

Zusammenfassend zeigt das Projekt konkrete Wege auf, wie die technischen und wirtschaftlichen Risiken großer thermischer Solaranlagen reduziert werden können. Die Anwendung der Ergebnisse sollen große Solaranlagen für die Anwendung in gebäudeübergreifenden Mikronetzen und im großvolumigen Wohnbau attraktiver und unkomplizierter machen und die Ausnutzung des Potenzials zur emissionsfreien und zukunftssicheren Wärmebereitstellung durch Solarenergie unterstützen.

9 Literatur

- [BAU06] **Baumgartner et al., (2006)**, ST-ESCOS Guide for ST-ESCOs developers, end-users and investors, Leitfaden aus dem IEE Projekt "ST-ESCOS"
- [BER00] **Berger M., Storch A., Wernhart U. (2000)**, Leitfaden Thermische Solaranlagen in der Wohnhaussanierung und im Dachgeschoßausbau
- [BRA04] **Brandstetter F., Fink C., Laszlo G. (2004)**, Skriptum zur klima:aktiv Ausbildung zum Zertifizierten Solarwärmeinstallateur bzw. -planer
- [DEH03] **Dehner H., Leeb K., (2003)**, ASIC Solar Guide, Handbuch zur Planung von thermischen Solaranlagen
- [FIN00] **Fink C., Purkarthofer G., (2000)**, Garantierte Wärmelieferung aus thermischen Solaranlagen im Wohnbau
- [FIN04] **Fink C., Riva R., (2004)**, Solarunterstützte Wärmenetze im Geschoßwohnbau, Planungshandbuch mit ganzheitlichem Ansatz
- [FIN06] **Fink C., Riva R., Pertl M., Wagner W., (2006)**, OPTISOL, Messtechnisch begleitete Demonstrationsprojekte für optimierte und standardisierte Solarsysteme im Mehrfamilienwohnbau, Projektendbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft
- [ISO99] **EN ISO, (1999)**, EN ISO 9488 Solarenergie Vokabular
- [GEI04] **Geissler S., Bruck M., Lechner R., (2004)**, Total Quality Planung und Bewertung (TB-PB) von Gebäuden, Projektendbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft
- [KAS01] **Kasper B., Weyres-Borchert B., (2001)**, Solarthermische Anlagen, Leitfaden für das SHK-, Elektro- und Dachdeckerhandwerk, für Fachplaner und Architekten, Bauherren und Weiterbildungsinstitute
- [LUB97] **Luboschik U., Halagic N., (1997)**, Garantierte Resultate von thermischen Solaranlagen, Abschlussbericht zum EU Thermie Projekt
- [MEI04] **Meisl H., (2004)**, Ganzheitliches Solarkonzept für den Wohnbau
- [PEU01] **Peuser F.A., Remmers, Schnauss, (2001)**, Langzeiterfahrung Solarthermie, Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen von Solaranlagen
- [REM03] **Remmers K.-H., (2001)**, Große Solaranlagen, Einstieg in Planung und Praxis
- [RFG02] **Technisches Büro RFG und GSWB-Haustechnik, (2002)**, gswb-Vorbemerkungen für Solarenergienutzung
- [SCH03] **Schindl J., Brandstetter F., Fechner J., (2003)**, Solar Net 2, Technologieoffensive Solarthermie Wien-Burgenland-Ungarn, Endbericht mit Anhängen zu Monitoring und Qualitätsleitfaden
- [SCH06] **Schindl J.; (2006)**, Investigations on methods supporting the investment in large solar heating systems, Report WP2.D3 des Projektes NEGST aus der Coordinated Action Förderlinie der EU
- [SCHW99] **Schwenk C. et al., (1999)**, Sonne für Hotels, Planung von Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung für Beherbergungsbetriebe
- [SCHW03] **Schwenk C. (2003)**, Kurzzeit-Testverfahren für große Solaranlagen, BINE projektinfo 3/01

- [SEE03]** **Seefeldt F., Heunemann F., (2003)**, Wertsteigerung von Wohngebäuden, Wege zur Umsetzung solarthermischer Projekte in der Wohnungswirtschaft, Broschüre erstellt im Rahmen der SolTherm Europe Initiative
- [SPI04]** **Spitzmüller P., (2004)**, Sieben solarthermische Anlagen mit Ertragsgarantie – Erfahrungen aus dem Projekt DGS-Solar-Siegel, Tagungsband OTTI 2004
- [STO04]** **Stroch A., Schindl J., (2004)**, Strahlungsfühler für solarthermische Anlagen, Tagungsband Symposium Solarthermische Anlagen Bad Staffelstein 2004
- [WIE06]** **Wiese F., (2006)**, Dissertation Langzeitüberwachung großer solarintegrierter Wärmeversorgungsanlagen
- [VAJ07]** **Vajen et al. (2007)**, Function Tests and Fault Detection for Large Solar Heating Systems, Tagungsband ESTEC 2007
- [VAN06]** **Vanoli K. Pärisch P. (2006)**, Interner technischer Bericht zum ISFH-Input-Output-Verfahren für die Funktionskontrolle und Ertragsüberwachung solarthermischer Anlagen
- [VDI04]** **VDI (2006)**, Richtlinie 6002 Blatt 1, Solare Trinkwassererwärmung: Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnbau