

Bestandsaufnahme von solarthermischen Großanlagen aus den Förderprogrammen Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus

Mario Adam, Jonas Gottschald, Fabian Ille, Hans Peter Wirth
Hochschule Düsseldorf, Josef-Gockeln-Straße 9, 40474 Düsseldorf
Tel.: 0211 4351-3250, Fax: , -447
E-Mail: hanspeter.wirth@hs-duesseldorf.de
Internet: <http://mv.hs-duesseldorf.de>

1 Einführung und Motivation

Thermische Solaranlagen werden häufig nur zu Beginn ihres Betriebs detailliert analysiert. Die meisten Langzeituntersuchungen stützen sich entweder auf Einzelanalysen, zumeist von Kleinanlagen im Einfamilienhausbereich, oder auf Laborverfahren zur beschleunigten Alterung.

Vor diesem Hintergrund wurde das vom BMWi geförderte Forschungsprojekt „Langzeitstudie zum Betrieb und zur Leistungsfähigkeit großer Solaranlagen aus dem Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus Programm“ (Förderkennzeichen: 0325551A) gestartet. Etwas mehr als drei Viertel der in den beiden Programmen geförderten 76 Anlagen sind mittlerweile über 10 Jahre in Betrieb, die älteste bereits 20 Jahre (s. Abbildung 1). Das Projekt umfasst eine Betreiberbefragung zu allen 76 Anlagen und für etwa 10 ausgewählte Anlagen mit Betriebszeiten von mindestens 10 Jahren ein einjähriges Monitoring mittels der bereits eingebauten hochauflösenden Messtechnik. Die Ergebnisse sollen Antworten auf Fragen nach Langlebigkeit, Zuverlässigkeit und langfristigem Ertrag von großen thermischen Solaranlagen geben.

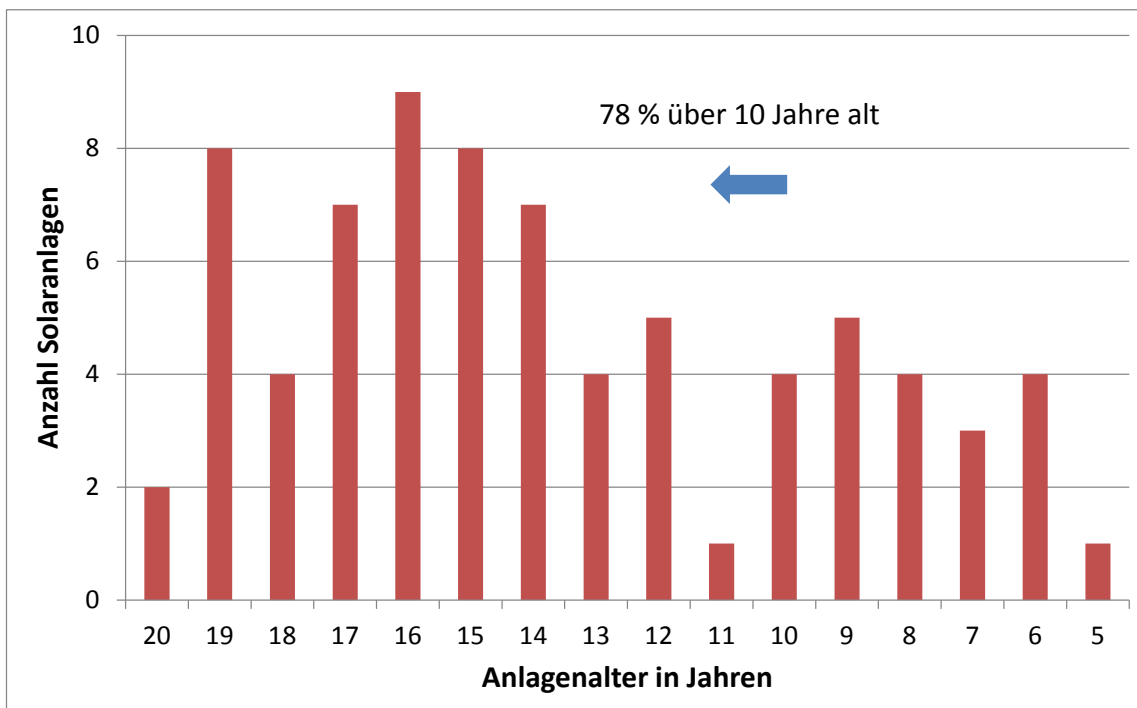


Abbildung 1: Altersverteilung der Solaranlagen bezogen auf das Jahr 2016

2 Betreiberbefragung zu den Solarthermie-2000(plus)-Solaranlagen

Im Projekt wurde ein ausführlicher Fragebogen entwickelt und an die Eigentümer bzw. Betreiber aller Anlagen verschickt, um einen aktuellen Überblick über Anlagenbetrieb, Betriebsaufwendungen, Zufriedenheit mit der Solaranlage, Betriebsstörungen/Defekte und Messtechnik/Monitoring zu erhalten.

Da der Rücklauf der versendeten Fragebögen mit einer Anzahl von 13 zunächst nicht zufriedenstellend war, wurde daraufhin ein deutlich kürzerer Fragebogen erstellt, um so die Rücklaufzahl zu erhöhen. Zudem wurden die Betreiber aller Anlagen die nicht geantwortet hatten telefonisch kontaktiert, um die Gründe für den geringen Rücklauf herauszufinden und um die Zuständigkeiten zu klären. Als häufiger Grund für die Nichtbeantwortung des Fragebogens wurde Mangel an Zeit angegeben. Oft fehlte aber auch das Interesse. In einem Fall wurde formaljuristisch angegeben, dass man grundsätzlich keine Fragebögen beantworte, die nicht vom deutschen Städtetag genehmigt wurden. In einigen Fällen sind auch die Zuständigkeiten nicht klar definiert.

Mit dem verkürzten Fragebogen und einem unterstützenden Begleitschreiben vom Projektträger Jülich (PtJ) konnte die Rücklaufquote der Fragebögen auf zufriedenstellende 55% angehoben werden. Darüber hinaus konnten durch Telefonate der derzeitige Betriebsstatus von allen Anlagen (bis auf eine Anlage) in Erfahrung gebracht werden.

2.1 Betriebszustand der Solaranlagen

Derzeit sind noch 63 (entspricht: 84%) der erfassten 75 Solaranlagen in Betrieb. Das durchschnittliche Alter aller Anlagen, die noch in Betrieb sind, beträgt z.Zt. 13,5 Jahre. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die kumulierte Anzahl von Stilllegungen aufgetragen über das jeweilige Anlagenalter zur Zeit der Stilllegung. Eine Solaranlage (Baujahr 2010) ist wegen Insolvenz des Betreibers nur fast fertiggebaut, aber bisher nicht in Betrieb genommen worden. Mittlerweile ist ein neuer Investor eingestiegen, der noch eine Inbetriebnahme plant. Eine weitere Anlage wurde nach einem Betriebsjahr zunächst abgeschaltet. Hierbei handelt es sich um einen Prototyp einer Parabolrinnenanlage zur Prozessdampferzeugung. Diese ist außerhalb der hier untersuchten Kategorie von Flach- oder Röhrenkollektoranlagen anzusiedeln. Nach bereits 5 und 6 Jahren wurden 2 weitere Anlagen stillgelegt. Gründe hierfür sind einmal der Wegfall der Last durch Leerstand der Gebäude und das andere Mal massive Probleme in der Anlagentechnik (u.a. Undichtigkeiten im Kollektorfeld) und damit verbundenen rechtlichen Auseinandersetzungen. Weitere 8 Anlagen sind in der Spanne von 10 bis 17 Betriebsjahren stillgelegt worden.

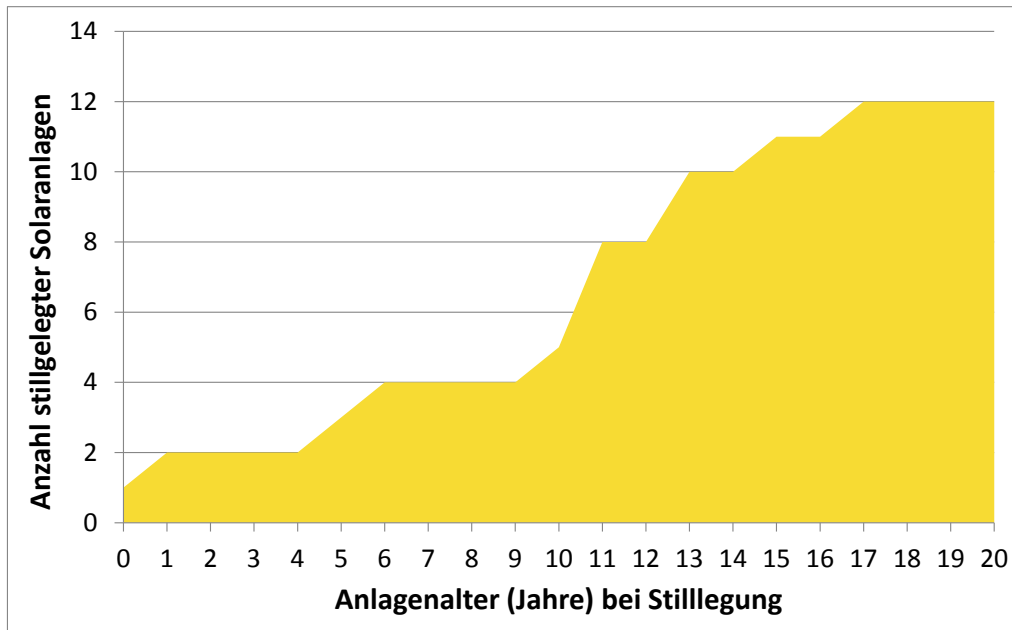


Abbildung 2: Kumulierte Anzahl der stillgelegten Solaranlagen

Als Ursachen für die Stilllegung der Anlagen wurden genannt (in der Aufzählung kommt eine Anlage bei 2 der genannten Ursachen vor):

- Wegfall der Verbraucher (3 Anlagen)
- Undichtigkeiten des Kollektorfelds (3 Anlagen)
- Lose Glasscheiben der Kollektoren (2 Anlagen)
- Notwendige Investition für neue Wärmetauscher wurden nicht getätigt, da die Solaranlage die Wirtschaftlichkeit (weniger Betriebsstunden) des BHKW verschlechtert (1 Anlage)
- Grund unbekannt: Betreiber konnte/wollte keine Auskunft geben (2 Anlagen)
- Anlage wegen Insolvenz nicht fertiggestellt (1 Anlage)
- Probleme mit Anlagentechnik (Parabolrinnenanlage)

Bei mindestens 4 Anlagen liegt der Grund für die Stilllegung nicht an einem schlechten Anlagenzustand.

2.2 Ergebnisse zu Anlagentechnik und Betrieb

Für die 42 Anlagen mit beantwortetem Fragebogen werden im Folgenden die wichtigsten Ergebnisse aufgezählt:

- Bei 17 % der Anlagen wurde ein für den Systemertrag relevanter Umbau der Anlage durchgeführt.
- Bei 19 % der Anlagen liegen nennenswerte Veränderungen bei den Verbrauchern vor. Bei der einen Hälfte hat sich der Verbrauch erhöht, bei der anderen Hälfte erniedrigt.
- 78 % der Anlagen werden laut Betreiber regelmäßig gewartet.

- 48 % der Betreiber gaben an, dass regelmäßig (mind. einmal jährlich) Betriebsstörungen (zeitlich begrenzter Ausfall der Solaranlage oder nennenswerte Ertragsminderung) an der Solaranlage auftraten. In einigen Fällen bis zu dreimal im Jahr. Die am häufigsten genannten Störungen waren Undichtigkeiten von Verschraubungen oder Komponenten im Kollektorkreis, Pumpendefekte und Fehler der Regelung. Man kann aus den Antworten keine Korrelation aus Störungsanfälligkeit und Wartung feststellen. Prozentual treten Störungen in nicht gewarteten Anlagen genauso häufig auf wie in gewarteten.
(Kommentar: Aus den Erfahrungen im Programm ST2000 und auch des jetzigen Monitorings (s. Kapitel 3) kann davon ausgegangen werden, dass längst nicht alle Fehler vom Betreiber erkannt werden, was auch ohne ein entsprechendes System zur Fehler- und Leistungsüberwachung kaum möglich ist. So werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nur die gravierenden und auffälligen Fehler erkannt. Die reale Fehlerquote dürfte höher sein, insbesondere wenn die Fehler nicht zum Ausfall der Solaranlage führen.)



Abbildung 3: Wartungs- und Betriebsstörungsstatistik

- Aus den 20 Antworten des Langfragebogens ergibt sich, dass bei einem Drittel der Anlagen ein Überwachungssystem eingesetzt wird, ansonsten Störungen durch regelmäßige Kontrollen oder nur zufällig entdeckt werden.
- Nur 21 % der Betreiber gaben an, dass sie selbst noch regelmäßig Zählerstände notieren oder Daten aufzeichnen.
- Bei rund 70% der Antworten wurden Kosten für die Wartung, Reparatur bzw. Umbauten angegeben. Die Kosten für den eigenen Wartungsaufwand betragen im Schnitt 824 €/a. Die Schwankungsbreite beträgt zwischen 236 und 2000 €/a. Kosten für Fremdfirmen betragen zwischen 200 und 1700 €/a, im Mittel 650 €/a. Für Reparaturen wurden zwischen 100 und 3400 €/a und im Mittelwert 860 €/a ausgegeben. Umbauten schlagen mit 500 bis 9500 € zu Buche. Die Umbaumaßnahmen sind vielfältig, vom Kollektor- über Regel- und Steuerungstausch.

2.3 Ergebnisse zur Bewertung der Solaranlage

- Die Zufriedenheit mit der Solaranlage wurde in 69 % der Antworten mit gut oder sehr gut bewertet (s. Abbildung 4), was ein erfreuliches Ergebnis ist. Nur zwei Betreiber vergaben die Note mangelhaft, einer davon bis 2008 wegen ständig auslösendem Sicherheitstemperaturbegrenzer. Nach einem Umbau vergab er die Note 2. Als Gründe für die Zufriedenheit werden genannt:
 - Funktioniert wie geplant
 - Schont die Umwelt
 - Kosteneinsparung
 - Gut für das Image

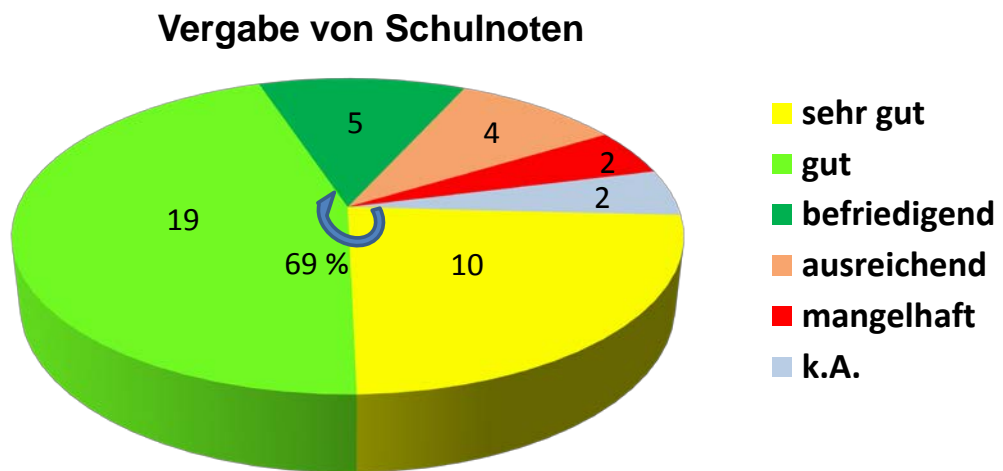


Abbildung 4: Betreiberzufriedenheit

- Aus den Antworten des Langfragebogens ergibt sich jedoch, dass nur 42 % der Befragten die thermische Solartechnik weiterempfehlen würden. Das ist insoweit erstaunlich, als man davon ausgehen sollte, dass Betreiber die mit der Solaranlage zufrieden sind, diese auch weiterempfehlen würden. Das ist aber nicht immer der Fall. Gründe dieser negativen Tendenz in der Empfehlung sind:
 - schlechtes Nutzen-/Kostenverhältnis: wirtschaftlich, nur wenn gefördert wird
 - hoher Wartungsaufwand
 - Qualitätsmängel
 - kein Kosten-/Nutzenvergleich möglich, da Ertrag nicht durchgängig bekannt
- Eine geringe Zahl von 15 % der Betreiber, bei denen die Anlage noch in Betrieb ist, lehnt das innerhalb dieses Projektes angebotene kostenlose einjährige Monitoring ab.

Neben der bemängelten Wirtschaftlichkeit stehen auch bei dieser Anlagengeneration großer Solaranlagen noch technische Schwächen in der Kritik und bilden damit ein Hemmnis in der Marktentwicklung.

3 Erste Betriebserfahrungen ausgewählter Anlagen

3.1 Auswahlkriterien

Für die Auswahl der Anlagen, die für ein Jahr vermessen werden, wurde ein Kriterienkatalog festgelegt. Dieser lässt sich in zwei Kategorien unterteilen: sogenannte k.O.-Kriterien, die die Erfüllung von Minimalanforderungen garantieren, und weiche, nicht zwingend erforderliche Kriterien, die die nähere Auswahl erleichtern sollen.

Auswahlkriterien – k.O.-Kriterien

- Anlagenbetrieb: Solaranlage ist in Betrieb und läuft ohne bekannte Fehler
- Besitzer-/Betreiberinteresse: Eigentümer muss einverstanden sein und Betreiber sollte Interesse signalisieren
- Anlagenalter: Mindestanlagenalter von 10 Jahren
- Anlagenaufbau: Hydraulik der Solaranlage ist noch im Zustand des ehemaligen Auswertzeitraums des ST2000(Plus)-Programms
- Anlagenenertrag: Solaranlage sollte während des Auswertzeitraums des ST2000(Plus)-Programms akzeptable Erträge geliefert haben
- Datenübermittlung: Modem und Telefonzugang ist noch intakt

Auswahlkriterien – weiche Kriterien

- Repräsentativität: Auswahl der Anlagen sollte einen repräsentativen technischen Querschnitt über die ST2000(Plus)-Anlagen bilden bzgl. angeschlossener Verbraucher und Hydraulik
- Schaltbild: Hydraulikschaltbild ist vorhanden
- Vergleichsdaten: Messdaten vom „Garantiejahr“ bzw. ehemaligen Auswertzeitraum des ST2000(Plus)-Programms sind vorhanden
- Verbrauch: Verbraucherlast sollte ähnlich der im ehemaligen Auswertzeitraum des ST2000(Plus)-Programms sein
- Messtechnik: Die vorhandene Messtechnik sollte ohne großen Aufwand in Betrieb zu nehmen sein

Für jede Anlage wurden die oben genannten Kriterien, soweit sie bekannt waren, bewertet. Von den insgesamt 76 Anlagen kamen danach 22 Anlagen für ein potentielles Monitoring in Frage. Zur gezielten Vervollständigung der Informationen zu diesen Anlagen bedurfte es einer intensiven, persönlichen Kontaktaufnahme mit den Zuständigen der jeweiligen Standorte. Hierdurch konnten bei 11 von 22 Anlagen alle offenen Punkte geklärt werden. Bei 10 Anlagen findet nun das Monitoring statt. Diese teilen sich in folgende Verbrauchs- und Objektarten auf:

- 6 Trinkwarmwasser-, 1 Netz- und 3 Trinkwarmwasser- und Zirkulationsanlage(n)
- 4 Krankenhäuser, 3 Wohngebäude bzw. –gebiete, 2 Seniorenheime und ein Schwimmbad

Diese Auswahl entspricht in etwa dem Schnitt durch alle Anlagen des ST2000(plus)-Programms.

	ST2000(plus) -Programm	Monitoring
TWW	39 (51%)	6 (60%)
TWW + Z	11 (14%)	3 (30%)
TWW + H	5 (7%)	0 (0%)
TWW + S	1 (1%)	0 (0%)
Netz	10 (13%)	1 (10%)
Kühlung	2 (3%)	0 (0%)
Kühlung + H	5 (7%)	0 (0%)
Prozess	3 (4%)	0 (0%)

Tabelle 1: Anlagenverteilung. TWW = Trinkwarmwasser, +Z = Zirkulationsdeckung, +H = Heizungsunterstützung, +S = Schwimmbad, Netz = Nahwärmenetz, Kühlung = solare Kühlung, Prozess = Prozesswärmeanlage

3.2 Anlagenbegehungen

Bei 9 für das Monitoring ausgewählten Anlagen wurden Anlagenbesichtigungen durchgeführt. Optisch waren die meisten Anlagen in einem dem Alter entsprechenden guten Zustand. In einigen Anlagen waren die Kollektoren im unteren Teil verschmutzt (s. Abbildung 5). Zwei Anlagen haben durch Materialschwäche hervorgerufene Mängel in der Kollektorkreisverrohrung, was zu Rissen bzw. Feuchtigkeit in der Isolierung und damit zu erhöhten Wärmeverlusten führt (s. Abbildung 6). Bei einer weiteren Anlage wurde die Isolierung der Rohre bereits an vielen Stellen ausgebessert. Die meisten Mängel betreffen nicht die Kollektoren, sondern sind im konventionellen Bereich angesiedelt. Sehr häufig waren Undichtigkeiten mit der Folge von Luft und/oder zu geringem Druck im hydraulischen System anzutreffen. Besonders häufig sind die Verschraubungen und Entlüfter im Kollektorfeld und des Kollektorkreises betroffen. Dies liegt u.a. an der hohen Kriechfähigkeit des Glykols im Wärmeträger. Hier ist bzw. war offensichtlich noch kein ausreichender Qualitätsstandard erreicht worden und Qualifizierungsbedarf bzgl. der Installationstechnik und der einsetzbaren Materialien vonnöten.



Abbildung 5: Festsitzender Belag auf Kollektorabdeckung



Abbildung 6: Abgerostete Rohrbefestigung und dadurch verbogene Verrohrung

Die Erfahrungen der Betreiber und unsere Beobachtungen zu den Kollektoren bestätigen unseren Eindruck, dass diese Komponente heute überwiegend ausgereift ist und auch nach 20 Jahren noch problemlos arbeiten kann. Bei einigen wenigen Anlagen kam es in der Vergangenheit vereinzelt zu Glasbruch oder Undichtigkeiten.

Die folgende Tabelle 2 zeigt die Beobachtungen bei unserer Anlagenbesichtigung:

Anlage (Alter)	Anlagentechnik
Nr. 1 20 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> An den Kollektorunterkanten bildet sich algenartiger grüner Schlick zwischen Glasabdeckung und Rahmen. Bei einem Kollektor war die Glasabdeckung ca. 3 cm nach unten gerutscht, wodurch an der Oberkante ein Spalt entstanden ist.
Nr. 2 19 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Undichtigkeit im Rücklauf des Wärmetauschers zur solaren Zirkulationsdeckung
Nr. 3 12 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Die grüne „Dachwiese“ verschattet die letzte Kollektorreihe (nur diese steht direkt auf dem Boden). Kleinere Undichtigkeiten im Kollektorkreis (Kugelhahn) An zwei Stellen ist die Isolierung offen, aber an den meisten Stellen wurde offensichtlich die Isolierung verbessert/erweitert. Ein Teil der zur Anlage gehörenden analogen Thermometer sind defekt Der Anlagenaufbau weicht vom vorliegenden Hydraulikplan ab. Der Hydraulikplan müsste aktualisiert werden.
Nr. 4 19 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Wärmeträgermedium im Kollektorkreis vollständig degeneriert. Undichtigkeit am Kollektorkreis-Wärmeübertrager Kollektoren im unteren Drittel verschmutzt Wärmedämmung der Rohre sind im Aussenbereich nur mit einer schwarzen Folie ummantelt. Folie und die darunter liegende Wärmedämmung teilweise gerissen. <i>(Kommentar: Diese Art der Wärmedämmung sollte ein „Materialtest“ bzw. ein Versuch innerhalb des ST2000-Projektes sein)</i>
Nr. 5 17 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Anlage ist quasi außer Betrieb, da Entladeregulation nicht funktioniert Einige Kollektoren waren innen beschlagen. Auffälliger bräunlicher festsitzender Schmutzbelag vor allen auf der unteren Hälfte der Glasabdeckung. Druck im Kollektorkreis zu gering. Ein vorgefundener offener Schieber führte dazu, dass die Warmwasserzapfung größtenteils an der Solaranlage „vorbeiläuft“, d.h. die Solaranlage kaum Auslastung hatte.
Nr. 6 15 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Kollektorkreispumpe erzeugt im Betrieb ein kratzendes/schleifendes Geräusch.
Nr. 7 14 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Zirkulationspumpe erzeugt im Betrieb ein kratzendes/schleifendes Geräusch.
Nr. 8 15 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Glasabdeckung der Kollektoren erstaunlich sauber Einige Kollektoren sind im untersten Bereich (ca. 10 – 20 cm) stark beschlagen Schlechte Ausführung beim Bau der Kollektorkreisverrohrung auf dem Dach. Blechisolierung an Befestigungspunkten ist beschädigt, so dass Wasser eindringen kann. An einigen Entlüftern fehlt mittlerweile die Dämmung Viel Luft im Entladekreis des Warmwasserwärmetauschers Auch der komplette Entladekreis zur Zirkulationsvorwärmung auf der Trinkwasserseite scheint mit Luft gefüllt zu sein
Nr. 9 19 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> Druck im Kollektorkreis zu gering Defektes Magnetventil Heizungspumpe undicht

Tabelle 2: Auffällige Mängel bei der Anlagenbesichtigung

3.3 Erste Monitoringergebnisse

Nach der Anlagenbegehung und der Überprüfung sowie Instandsetzung der Messtechnik wurde die Funktion der Solaranlagen beobachtet und überwacht. Über Fehlfunktionen werden die Betreiber zeitnah informiert. Trotz dieser Information wurden nicht alle Fehler behoben. Teilweise dauerte es auch sehr lange, bis eine Reparatur erfolgte.

Während des bisherigen Monitorings wurden in fast jeder Anlage Fehlfunktionen gefunden. Die häufigsten Fehler betreffen die Regelung und zu geringe bzw. fehlende Volumenströme aufgrund von Undichtigkeiten mit der Folge von zu geringem Druck oder Luft im Hydrauliksystem. Diese Ergebnisse schließen sich damit nahtlos an die Analyse der bisherigen Untersuchungen in ST2000 an /1/. Wie häufig und gravierend Undichtigkeiten nach wie vor zu Fehlfunktionen bis hin zu Totalausfällen führen, ist jedoch bemerkenswert. Hier stellt sich die Frage nach der Haltbarkeit von Hydraulikkomponenten (z.B. Kugelhähne, Entlüfterventile,...), aber auch generell nach der Wartung der Solaranlagen und insbesondere der Art und Weise der Wartungsdurchführungen, da aus den Betreiberantworten keine Korrelation aus Störungsanfälligkeit und Wartung festzustellen ist (s. Kap. 2.2).

Das häufige Auftreten von Fehlern in der Regelung ist auf keinen Fall zufriedenstellend, war aber insofern keine Überraschung, als im früheren Monitoring der ST2000-Anlagen ähnliche Fehler ein Dauerthema waren. Dass elektronische Komponenten und Sensoren eine begrenzte Lebensdauer haben, ist bekannt und erfordert deshalb eine regelmäßige Überprüfung der Anlage. Erfolgt dies nicht oder fehlen die erforderlichen Hilfsmittel und Kenntnisse, bleiben die Fehler möglicherweise über Jahre bestehen. Die Solaranlage kann dann nicht mehr ihre volle Leistungsfähigkeit ausschöpfen.

Erschwerend kommt es auch immer wieder vor, dass bei Reparaturmaßnahmen Einstellungen und Ventilstellungen verändert und danach nicht mehr zurückgesetzt werden. Dies kann zu erheblichen Leistungseinbußen führen, wenn dadurch z.B. die Auslastung verringert wird, wie hier in 2 Anlagen (s.o.) geschehen.

Im weiteren Verlauf des Projektes wird zusätzlich eine Auswertung der Messergebnisse hinsichtlich der Jahreserträge und Leistungsfähigkeit der Anlagen erfolgen, mit der spannenden Frage, ob hier altersbedingte Einbußen erkennbar sind.

Anlage	Monitoringergebnisse
Nr. 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ab 90°C Temperatur im Kollektorkreis bricht Volumenstrom ein. Die Vermutung: zu niedriger Druck im Kollektorkreis wurde vom Betreiber bestätigt. Es muss „ständig“ nachgefüllt werden, die Problematik ist bekannt. Grund: Entlüfter der Kollektoren undicht. Nun wurden sie ersetzt und die Anlage hält jetzt den Druck. • Die bereits in 2004 erneuerte und modifizierte Entladeregulung schaltet die Entladepumpe bei entlademem Puffer nicht aus. Grund ist ein fehlender Temperatursensor im Puffer. • Als Folgefehler schaltet die Pufferladepumpe in Zeiten niedriger Einstrahlung nicht aus.
Nr. 2	<ul style="list-style-type: none"> • Volumenstrom im Kollektorkreis zu niedrig eingestellt • Zirkulationsdeckung funktioniert nicht
Nr. 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ungeklärter Anstieg der gemessenen Kaltwassertemperatur in den Zapfpausen • Warmwasserverbrauch innerhalb eines Tages plötzlich stark gesunken Als Grund stellte sich heraus: Bei einer Reparatur durch die Sanitärfachfirma wurde ein Bypass geöffnet, so dass kaum Wasser über die Solaranlage zur Vorwärmung geflossen ist. Dies führte auch zu einem Anstieg der gemessenen Kaltwassertemperatur.
Nr. 4	<ul style="list-style-type: none"> • Defektes Rückschlagventil und mehrere defekte Entlüftungsventile wurden bei Austausch des Wärmeträgers erkannt und ersetzt. • Sehr spätes Umschalten der Magnetventile und Einschalten der Kollektorkreisumpen (Strahlung Kollektorebene > 500 W/m²) • Volumenstrom im Kollektorkreis nicht konstant und generell zu niedrig. • zeitweise sehr geringer Volumenstrom Pufferbeladung. Pumpe defekt? • Fehler bei der Entladung: Der Speicher wird nur bis auf ca. 54°C abgekühlt, darunter schaltet die Entladepumpe aus. • Bei Wartung wurde die Entladepumpe, eine Taco-Setter und eine Rückschlagklappe erneuert • Seit September 2015 wird die Temperatur im Bereitschaftsspeicher von 60°C über längere Zeiträume unterschritten
Nr. 6	<ul style="list-style-type: none"> • Volumenstrom im Beladekreis ist im Vergleich zum Kollektorkreis zu niedrig. • Solare Zirkulationsdeckung funktioniert, aber es werden trinkwasserseitig 60°C überschritten • Bereich Altbau wurde von der Versorgung durch die Solaranlage getrennt, da wegen einer Nutzungsänderung (nun vorwiegend Büros) ein Wechsel von zentraler WW-Bereitung hin zu dezentralen elektrischen Durchlauferhitzern erfolgt ist. • Beim Umbau sind hydraulische Probleme im Trinkwassernetz aufgetreten. • Die Abkopplung der Solaranlage vom Altbau führt zu einer Lastreduzierung von 2/3 und entsprechend zu einer erheblichen Überdimensionierung der verbauten Solartechnik.
Nr. 7	<ul style="list-style-type: none"> • Im Juli 2015 Ermüdungsbruch an einem Wellrohr am Kollektor. Die Folge war ein Einbruch des Kollektorkreisvolumenstroms mit anschließender Stagnation. Das Problem hat sich bereits mehrfach wiederholt. Die damals verbauten Wellrohre zur Verbindung der Kollektoren untereinander halten den permanenten mechanischen Beanspruchungen nicht stand.
Nr. 10 17 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Entfernung des Vorwärmerspeichers jetzt schlechter Systemaufbau, läuft aber im Rahmen der Möglichkeiten ohne signifikante Probleme
Nr. 11 11 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr gute Betriebsführung vom Betreiber. Keine Auffälligkeiten • Nur: die Netzzrücklauftemperatur steigt über die Jahre an.

Anlage	Monitoringergebnisse
Nr. 8	<ul style="list-style-type: none"> • Pufferentladung funktionierte zeitweise nicht mehr. • Der drucklose Puffer wird bis 103°C oben und 91°C unten geladen, d.h. offensichtlich funktioniert die Ladebegrenzung nicht. • Temperaturbegrenzung der solaren Warmwassererwärmung funktioniert nicht. • Volumenstrom auf der Primärseite des Entladetauschers ist deutlich (etwa Faktor 3) zu hoch, lässt sich bei dem eingebauten Entladeregler aber auch nur sehr mangelhaft mittels „try and error“ einstellen • Puffer wird unterhalb 40°C nicht mehr entladen
Nr. 9	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitweiser Abfall des Volumenstroms im Pufferentladekreis • Zeitweise waren die Pumpen des Kollektorkreises und der Pufferladung im Dauerbetrieb • An sehr sonnigen Tagen im Sommer bricht der Volumenstrom im Kollektorkreis ein, vermutlich wegen des geringen Drucks im Kollektorkreis. Im weiteren Jahresverlauf kommt auch bei weniger Einstrahlung und damit geringeren Kollektortemperaturen nur noch zu geringem oder gar keinem Volumenstrom. • Thermische Desinfektion des Vorwärmerspeichers funktioniert nicht: Der Vorwärmerspeicher wird nicht auf die einmal täglich erforderliche Temperatur von 60° erhitzt. • Der Vorwärmerspeicher wird durch Einströmen des Zirkulationsrücklaufs bei kleinen Zapfraten erwärmt. Grund ist ein wiederholt defektes Magnetventil (dieses wurde schon mehrfach ersetzt!)

Tabelle 3: Ergebnisse der bisherigen Monitorings

3.4 Schlussfolgerungen

3.4.1 Wartung und Anlagenüberwachung

Es zeigt sich, dass für eine gute Funktion der Solaranlage die qualitative Ausführung der Installation und eine regelmäßige sorgfältige Wartung sowie Funktionskontrolle einen entscheidenden Einfluss haben. Insbesondere die Funktionskontrolle der Solaranlage findet in der Realität kaum oder nur ungenügend statt. Dies liegt u.a. daran, dass es damals keine für die Betreiber praktikablen und mit geringen Kosten verbundenen automatisierten Anlagenüberwachungen gab. Die für die projektbegleitende wissenschaftliche Betreuung zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage eingebaute Monitoring-Messtechnik wird von den Betreibern kaum genutzt. Ein Grund ist sicherlich, dass sie in der Bedienung dem heutigen Stand der Technik nicht mehr entspricht. Auch werden bei dem im damaligen Projekt eingesetzten Monitoring und manuellen Auswerteverfahren keine Funktionsstörungen automatisch angezeigt. Aber auch die eingebauten Wärmezähler zur Messung des Solarertrags (pro Anlage ist ein Wärmezähler zusätzlich zur vorhandenen Monitoring-Messtechnik vorhanden) werden nur selten abgelesen oder sind gar nicht mehr in Betrieb.

So ist es nicht verwunderlich, dass *Mängel in der Regelung (falsch angebrachte Regelfühler, alternde Fühler mit nicht mehr korrektem Steuersignal, fehlerhafte Elektronik) vom Betreiber meist erst dann registriert werden, wenn wirklich „gar nichts mehr geht“.* Fehler, die lediglich die Effizienz des Systems negativ beeinflussen, werden überwiegend nicht erkannt, da das nachgeschaltete konventionelle System die Wär-

meversorgung unabhängig von der Solaranlage sicherstellt (In Kursiv: Zitat aus /2/ in 2001). Unsere Beobachtungen in diesem Projekt sind, mittlerweile 15 Jahre später, leider immer noch sehr ähnlich.

Obwohl diese Problematik seit langem bekannt ist, ist die Funktions- und Ertragskontrolltechnologie insbesondere für große und teilweise komplexe Solarthermieanlagen noch nicht allgemein verbreitet. Vor diesem Hintergrund ist die neue Initiative „Solar Check“ zu begrüßen, in der ein Forschungskonsortium (Uni Kassel, ITW, INES) einen neuartigen Standard der Leistungskontrolle für Solarthermieanlagen entwickeln möchte. Das Konsortium will unter Einbeziehung möglichst vieler Solarthermieunternehmen ein branchenweit einheitliches Verfahren entwickeln, das im laufenden Betrieb die Leistungs- und Funktionsfähigkeit von Solaranlagen als anschauliche Kennzahl darstellt. Es ist zu wünschen, dass dieses Verfahren auch auf große (und komplexere) Solarthermieanlagen anwendbar wird.

Ebenfalls bieten einige wenige Hersteller, die große Solaranlagen als Komplettsystem verkaufen, herstellereigene Anlagenüberwachungen oder Ertragsgarantien an.

Eine leicht bedienbare und funktionale Leistungskontrolle würde vielleicht auch das Betriebspersonal stärker motivieren, die Solaranlage zu überwachen, denn unsere Erfahrung zeigt, dass die Solartechnik oft nur als vernachlässigbares Zusatzprodukt wahrgenommen und dementsprechend stiefmütterlich betrieben wird. Selbst bei bekannten Mängeln werden Reparaturen oft nicht durchgeführt oder lange aufgeschoben. Entsprechend wird die in unserem Monitoring-Pool einzige völlig makellos funktionierende Anlage von einem Stadtwerk betrieben, das die solare Nutzwärme verkauft.

3.4.2 Organisation, Qualifikation und Dokumentation

Als weitere Gründe für die teils mangelhafte Betriebsführung lassen sich u.a. fehlende Zuständigkeit, Zeitmangel, aber auch fachliche Überforderung anführen. Bei alten Solaranlagen hat in vielen Fällen das Betriebspersonal gewechselt. Damit geht das benötigte Wissen oft verloren. Hinzu kommt, dass in vielen Fällen die technischen Unterlagen nicht mehr oder nur noch unvollständig vorhanden sind. Dies kann auch für die Wartungsfirma zu unkalkulierbaren Hürden bei der Instandhaltung oder Reparatur führen. Auch bei Umbaumaßnahmen oder Ersetzung von Komponenten werden die technischen Unterlagen nicht immer aktualisiert und damit ein zuverlässiger Anlagenbetrieb auf Dauer erschwert.

Ein weiteres, nicht nur in der Solarthermiebranche anzutreffendes Hindernis stellt die zunehmende Zahl von Black-Box-Systemen dar, wo bestimmte Funktionsweisen oder auch Teile der Regelstrategie und -einstellung nicht dokumentiert sind. Dies wird oft aus Konkurrenzgründen geheim gehalten. Es stellt sich jedoch die Frage, wer bzw. welche Fachfirma die Solaranlage noch überprüfen und im Fehlerfall ggf. reparieren kann? Wird der Hersteller die Funktion, Überwachungs- und Reparatur-

möglichkeit für 20 Jahre und mehr garantieren können? Wenn ja, zu welchen Kosten?

3.4.3 Stellenwert der Solarthermie bei den beteiligten Akteuren

Wie kann man den Stellenwert großer Solarthermieanlagen im hier betrachteten Marktsegment erhöhen?

Das grundlegende Problem der Relevanz thermischer Solartechnik ist, „dass es auch ohne sie geht“. Die Wärmeversorgung ist unabhängig vom Zustand der Solaranlage gewährleistet. Damit ist die Funktion der Solarthermie von untergeordneter Dringlichkeit und auch deren Nutzen (i.w. Heizkostensenkung und Umweltschutz) von untergeordneter Wichtigkeit. Die anfängliche Begeisterung für die umweltfreundliche Energiequelle tritt im Alltag sehr schnell in den Hintergrund. So wissen nur die wenigsten der in diesem Projekt involvierten Betreiber, wie groß die jährliche Energiekosteneinsparung durch ihre Solaranlage ist. Dies ist teilweise nachzuvollziehen, da bei den meisten in ST2000(plus) gebauten Solaranlagen (in der Mehrzahl reine TWW-Vorwärmanlagen) die Deckungsraten am Gesamtwärmebedarf so gering sind, dass die Energiekosteneinsparung innerhalb des Finanzhaushalts offensichtlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegt.

Im Mietwohnungsbereich kommt allerdings noch das Investor-Nutzer Dilemma hinzu. Der Vermieter hat unmittelbar nichts von einer gut funktionierenden Solaranlage, da die Heizkosten vom Mieter getragen werden. Hier müsste die Heizkostenverordnung für eine entsprechende Transparenz sorgen, indem mindestens der solare Nutzertrag in der Abrechnung angegeben wird. Letztlich sind es die Mieter, die an einer gut funktionierenden Solaranlage interessiert sein sollten. Derzeit haben sie keine rechtlichen Möglichkeiten dieses Interesse durchzusetzen. Im schlimmsten Fall ist die Kaltmiete aufgrund der Modernisierungsumlage gestiegen, die Heizkostenentlastung aber marginal, weil die Solaranlage ineffizient arbeitet.

Es gibt aber auch Betreiber, die in hohem Maße an einer dauerhaft effektiven Solaranlage interessiert sind. Dies sind die gewerblichen Wärmelieferanten wie z.B. Stadtwerke, die zunehmend thermische Solaranlagen betreiben. Da hier die solare Nutzwärme verkauft wird, gehört die Solaranlage zum Kerngeschäft und hat somit eine hohe Relevanz. Gerade diese wirtschaftlichen Aspekte sind der Grund, warum sich im letzten Jahr Stadtwerke zunehmend für Solarthermie interessieren /3/, denn der hohe Anteil an Solarstrom macht im Sommer den wirtschaftlichen Betrieb von KWK-Anlagen zunehmend schwieriger. Den Strom konnte man nicht mehr gewinnbringend an der Strombörse verkaufen, konnte die Anlage aber nicht abschalten, da das Wärmenetz weiterhin mit Wärme versorgt werden muss. Die Solarthermie bietet in diesem Fall die Möglichkeit, das BHKW abzuschalten.

3.4.4 Förderung

Als Konsequenz aus den o.g. Erfahrungen ist auch eine pauschale Förderung, die auf der installierten Kollektorfläche basiert, zu hinterfragen. Vielmehr sollte eine Förderung auf der tatsächlichen solaren Nutzenergie basieren, analog zur Fotovoltaik. Seit April 2015 gibt es alternativ zur Bruttokollektorflächenförderung für mittelgroße (20-100m² Kollektorfläche) Solarthermieanlagen auch eine ertragsabhängige Förderung im MAP. Dabei darf das Wort „ertragsabhängig“ aber nicht in dem Sinne verstanden werden, dass hier reale solare Erträge vergütet werden. Vielmehr wird nach einem standardisierten Verfahren von einem Testinstitut der Kollektorjahresertrag für einen definierten Standort ermittelt. Dabei handelt es sich um eine theoretische Rechnung, in der der Kollektorertrag in einem „perfekt funktionierenden“ Solarsystem berechnet wird. Dieser Ertrag wird auf dem Solar Keymark Kollektorzertifikat ausgewiesen und als Berechnungsgrundlage für die Förderhöhe genommen /4/. Vergütet wird also bei der „ertragsabhängigen“ Förderung die Effizienz des eingesetzten Kollektors und nicht der reale Ertrag der Solaranlage, welcher sich im Laufe der Zeit ändern kann. Auch wenn dies durchaus sinnvoll ist, da damit leistungsfähigere, meist auch teurere Kollektoren entsprechend besser als leistungsschwache Kollektoren bezuschusst werden, sollte dies nur ein Förderbaustein sein.

Viele bisherige Förderprogramme hatten nur den Anreiz zur Investition in eine Solaranlage im Blick. Es fehlte der Anreiz, die Solaranlage auch langfristig optimal zu nutzen. Neben Investitionsanreizen ist es energetisch aber in jedem Falle sinnvoll, eine „echte“ ertragsabhängige Förderung, die die real genutzte Solarwärme vergütet (ähnlich wie in der PV üblich), einzurichten.

Nur im neueren Markt der solaren Prozesswärmeanlagen wurden in den seit 20.07.2012 geltenden Förderbedingungen für Anlagen ab 100 m² Bruttokollektorfläche einige erwähnenswerte Anforderungen gestellt /5/. Bei diesen Anlagen muss der solare Nutzwärmeertrag fortlaufend messtechnisch erfasst werden. Der Betreiber erklärt sich bereit, die Daten zum Nutzwärmeertrag spätestens nach Abschluss eines jeden Betriebsjahres in monatlicher Auflösung unaufgefordert an das BAFA/KfW oder eine von BMU oder BAFA/KfW beauftragte neutrale wissenschaftliche Stelle zu übermitteln. Diese Meldepflicht besteht für die ersten 7 Betriebsjahre. Die Betreiber erhalten jährlich eine vergleichende Einschätzung zu den Erträgen ihrer Anlage sowie ggf. weiterführende Hinweise zur Optimierung des Anlagenbetriebs. Inwieweit die Betreiber die so gewonnenen Erkenntnisse im praktischen Betrieb verwerten und umsetzen, bleibt offen.

Bereits seit 2006 wird in Hamburg die Installation thermischer Solaranlagen in Kombination mit einem Anlagenmonitoring gefördert /6/, /7/. Neben der Förderung der Solarthermieanlage wird auch ein optionaler Zuschuss zum Monitoring (Laufzeit: mindestens 2 Jahre) gegeben. Ein Ansprechpartner für den Betreiber begleitet das Monitoring, indem er die Messwerte entgegennimmt, beurteilt und soweit erforderlich Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung oder Optimierung der Anlage ergreift. In den ers-

ten Betriebsmonaten wird der Solarertrag mit Simulationsergebnissen verglichen und bei signifikanten Abweichungen müssen die Gründe ermittelt und wenn möglich abgestellt werden. Im Sinne der Langzeiteffizienz müsste ein solches Verfahren jedoch über die gesamte Lebensdauer der Solaranlage angewendet werden. Bis Ende 2015 war das Hamburger Monitoring-Projekt noch mit einem zugesicherten Solarertrag und einer Pönale bei Nichterreichen ausgestattet. Dieses Verfahren wird allerdings in den neuen Förderbedingungen der IFB Hamburg nicht weitergeführt. Auch wenn in dem hier genannten Beispiel für das Monitoring keine Verpflichtung besteht, zeigt es doch, dass eine echte ertragsabhängige Förderung machbar wäre und einen Anreiz schaffen würde, die Solaranlage dauerhaft in guter Funktion zu halten.

4 Zusammenfassung

Bei der Befragung der Betreiber der Solaranlagen konnte eine zufriedenstellend hohe Rücklaufquote erreicht werden. Die Solartechnik wird im Anwendungssegment großer Solaranlagen überwiegend positiv bewertet. Knapp drei Viertel der Betreiber, die geantwortet haben, sind mit Ihrer Solaranlage sehr bzw. gut zufrieden. In Diskrepanz dazu steht, dass nur 42 % der Befragten die thermische Solartechnik weiterempfehlen würden, d.h. über die Hälfte der Betreiber als Multiplikator ausfallen.

Als positive Ergebnisse sind zu nennen:

- Es sind noch 84% aller Anlagen in Betrieb
- Die besichtigten Kollektoren (alle älter als 12 Jahre) hatten weitgehend einen guten Zustand und lassen auf eine lange Lebensdauer schließen

Als negativ ist aufgefallen:

- Die Häufigkeit von Leckagen (insbesondere im Kollektorkreis) und Luft im hydraulischen System
- Die Häufigkeit von teils schwerwiegenden Fehlern, aber auch kleineren Fehlern in der Regelung
- Es werden nicht alle Anlagen regelmäßig gewartet und es gibt immer noch Qualifizierungsbedarf beim Bedienpersonal und den Wartungsfirmen
- Eine Überwachung der Anlagen findet teilweise gar nicht oder nur rudimentär statt
- Das geringe Interesse der Betreiber, die Solaranlage optimal zu betreiben
- Die oft mangelhafte Dokumentation der Anlagentechnik und –wartung
- Die unzureichende Überwachungsmöglichkeit der Anlagenfunktion

Die thermische Solartechnik hat das Potential, über viele Jahre umweltfreundlich Wärme zu liefern. Es liegt aber an den Anlagenbetreibern, dass dieses Potential auch optimal genutzt wird. Wie jedes technische System bedarf die Solaranlage der regelmäßigen Wartung und Kontrolle. Nur so wird gewährleistet, dass die prognosti-

zierten Erträge auch eingefahren werden. Da die Funktion der Solaranlage keine Komforteinbußen auf die Wärmeversorgung hat, bleibt ihre Funktion oft unbeachtet und manche Anlage läuft eher schlecht als recht. Entsprechende Kontrollverfahren zur Funktions- und Ertragsüberwachung sollten diesbezüglich weiterentwickelt werden und künftig zur Standardausrüstung jeder Solarwärmeanlage gehören.

In der Förderpolitik ist es energetisch sinnvoll, nicht nur reine Investitionszuschüsse zu vergeben, sondern finanzielle Anreize oder auch rechtliche Verpflichtungen zu schaffen, damit die Eigentümer ihre Solaranlage auch langfristig effektiv betreiben.

Literatur:

- /1/ Croy, R.; Mies, M.; Rehrmann, U.; Wirth, H. P.: Abschlussbericht zum Projekt 032 9601 Q, gefördert mit Mitteln des BMU, Teil 1: Stand der Technik und Langzeitverhalten von Solaranlagen, März 2011
- /2/ Peuser, F. A., Remmers, K.-H., Schnauss, M.: Langzeiterfahrung Solarthermie – Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen von Solaranlagen
Herausgeber: Solarpraxis Supernova AG, Berlin, 2001; ISBN 3-934595-07-3
- /3/ Sonne Wind & Wärme 01 + 02/2016, Bielefelder Verlag GmbH & Co. KG
Richard Kaselowsky
- /4/: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/innovations_und_zusatzfoerderung/index.html
- /5/ Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 20.07.2012, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (aktualisierte Fassung.: 11. März 2015, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)
- /6/ Erneuerbare Wärme, Produktinformation für die Förderung des Einsatzes Erneuerbarer Energien in Unternehmen, Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, Hamburgische Investitions- und Förderbank,
<https://www.ifbhh.de/umwelt/umweltschutz-in-unternehmen/erneuerbare-waerme/>
- /7/ Sonne Wind & Wärme 04/2015, Bielefelder Verlag GmbH & Co. KG Richard Kaselowsky