

Einfluß der Qualitätssicherung mittels energy-check Online-Monitoring auf die Betriebsergebnisse von Anlagen zur Wärmeversorgung mit einem Fokus auf solarthermische Anlagen im Wohnungsbau

Dipl.-Ing. Jörg Ortjohann * , David Schreckenber g *
Dipl.-Ing. (FH) Wiebke Wenzel ** ,

* Stiftung Energieeffizienz

**energy-check Stiftung Energieeffizienz gemeinnützige GmbH

Zollstockgürtel 5, D-50969 Köln

T: 0221 348099-07, F: 0221 348099-09

www.stiftung-energieeffizienz.org, info@stiftung-energieeffizienz.org

www.energy.check.de, info@energy-check.de

Übersicht

Trotz ambitionierter Nachweis- und Katalogwerte, zeigen realisierte energiesparende Gebäude in der Praxis meist einen zu hohen Energieverbrauch. Bauwirkende sind mit den komplexer werdenden Tätigkeiten zunehmend überfordert. Die Entwicklung der Solarwärme unterliegt Verdrängungs- und Preisdruck. In der Folge werden zahlreiche Chancen zur Errichtung wirtschaftlicher und umweltschonender Anlagen vertan.

Im Beitrag werden Erfolge, Methoden und Nutzen einer umfassenden Qualitätssicherung im Bereich effizienter und erneuerbarer Wärmeversorgung im Wohnungsbau behandelt. Mit einem Fokus auf solarthermische Anlagen werden für Qualitätssicherung und Optimierung allgemein wesentliche Faktoren vorgestellt.

Im speziellen steht mit dem Online-Monitoring energy-check zur Gesamterfassung von Gebäuden und Anlagen unter Einbeziehung aller wesentlichen regenerativen Energieträger und CO₂-Emissionen das erste Basis-Monitoring für die effiziente und erneuerbare Wärmeversorgung bereit. Die vorliegende Version energy-check v2.0 beta wird der Wohnungswirtschaft durch die energy-check Stiftung Energieeffizienz gGmbH angeboten.

Im Zeitraum von 2009 bis 2011 wurde anhand einer übersichtlichen Anzahl von Anlagen ein Feldtest durchgeführt. Darin wurden ca. 150 Anlagen von 10 Betreibern in energiesparenden Gebäuden, gegliedert nach Solarwärme, Biomasse, Wärmepum-

pen und Brennwertnutzen einbezogen. Als Nutzer und Betatester wurden neben Genossenschaften und Wohnbauunternehmen auch ein Handwerksunternehmen sowie ein Solar-Wärmepumpen-Systemhersteller einbezogen. Im Zuge des Tests fand eine Quantifizierung des Nutzens einer Qualitätssicherung mit Online-Monitoring statt. Im Bereich Solarthermie wurden dabei ähnliche Anlagen für Mehrfamilienhäuser zur überwiegenden Warmwasserbereitung betrachtet. Der Nutzen der Qualitätssicherung beträgt für Solarwärmeanlagen 61%.

Garantieverträge wurden im Feldtest neben der Einführung von verbindlichen Zielwerten als eine der wirksamsten Maßnahmen zur Qualitätssicherung identifiziert und erarbeitet. Die Stiftung Energieeffizienz stellt erste Garantieverträge für Wärmepumpen und Solaranlagen zur Verfügung.

Ziel der Stiftung Energieeffizienz ist die Vereinfachung der erfolgreichen Einbindung effizienter und erneuerbarer Technologien sowie die Bereitstellung der hierzu notwendigen Informationen und Werkzeuge. Handlungsketten sowie strategische, organisatorische und technische Notwendigkeiten sollen erarbeitet werden

Betatest des Online-Monitorings energy-check

Im Zuge des Betatests wurden technische Verbesserungen und Anregungen - wo möglich - direkt umgesetzt. Das betrifft z.B. die Integration von Gas-Brennwertanlagen, Wärmepumpen, Solar-WP-Kombianlagen, der Biomasse-Hüllkurven sowie der SMS-Standardschnittstelle. Um ein wirtschaftliches Monitoring auch für Anlagen mittlerer Größe bereitzustellen und die Zielkosten einzuhalten, wurde ein Anlagenkatalog mit Standard-Meßschemata entwickelt. Mit der Version v2.0 Beta steht somit ein ausbaufähiges Basis-Monitoring für die wesentlichen Kennwerte energiesparender Gebäude und Anlagen zur Verfügung.

Parallel wurde der Nutzen des Online-Monitorings quantifiziert. Die untersuchten solarthermischen Anlagen mit Qualitätssicherung mittels energy-check zeigen analog zu Wärmepumpen und Biomasseanlagen deutlich verbesserte Ergebnisse. Anlagen mit verbindlicher Zielwertvereinbarung sowie monatlicher Kontrolle und vergleichender Darstellung zeigten eine signifikant verbesserte Betriebsweise gegenüber Anlagen ohne entsprechende Qualitätssicherung.

Nutzen des Online-Monitorings energy-check

Primäres Ziel des Betatests war die Quantifizierung des Nutzens des Online-Monitorings. Weiterhin sollten wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagen- und Poolperformance erarbeitet werden. Die Klassifizierung der Anlagen erfolgte nach „Schlechtanlagen“, „üblichen Anlagen“ und „qualitätsgesicherten Anlagen“. Für übliche Anlagen waren Meßeinrichtungen im laufenden Betrieb nachzurüsten. Die Ergebnisse wurden auf Basis einer kleinen Datenmenge ähnlicher Anlagen erarbeitet. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte für das Jahr 2010 sind ohne Schlechtanlagen mit „Fast-Komplettausfall“ dargestellt. In solchen Anlagen wurden die Sollwerte qualitätsgesicherter Anlagen um 70-90 % unterschritten.

Ergebnis 2010 nach Technologie	Anzahl Anlagen üblich / mit Qualitätssicherung	Kennwert üblicher Pool	Kennwert qualitätsgesicherter Pool
	[-]		
Solarthermie	11 / 32	209 kWh/(m ² a)	337 kWh/(m ² a)
Wärmepumpe	11 / 2	$\eta = 2,21$	$\eta = 3,41$
Biomasse	12 / 4	$\eta = 0,72$	$\eta = 0,86$

Tabelle 1: Betriebsergebnisse 2010 üblicher und qualitätsgesicherter Anlagen

Die Ergebnisse des kalten Jahres 2010 wurden im strahlungsreichen und warmen Jahr 2011 verifiziert. Dabei wurden im Jahr 2011 die Tendenzen aus 2010 in allen Bereichen (Ausnahme üblicher Pool Biomasse) bestätigt bzw. übertroffen. Da im Jahr 2011 an ca. 30% der Anlagen Nachbesserungen stattfanden, wird dennoch das Jahr 2010 als Vergleichsjahr herangezogen.

Nutzen im Bereich Solarthermie

Im Bereich Solarthermie wurden ähnliche Anlagen für Mehrfamilienhäuser¹ zur überwiegenden Warmwasserbereitung betrachtet. Für das Jahr 2011 wurden die Ergebnisse 2010 bestätigt bzw. übertroffen. Die Besserperformance oder das Optimierungspotential beträgt in 2011 für 33 qualitätsgesicherte Anlagen (384 kWh/(m²a)) gegenüber 7 „üblichen“ Anlagen (194 kWh/(m²a)) 98 % (Vorjahr 61%).

¹ Untersuchte Solarthermie-Anlagen mit hohen solaren Deckungsgraden und Wärmepumpenkopplungen (Einfamilienhäuser) weisen systembedingt höhere Jahresarbeitszahlen auf. Diese Werte sind nicht in Tabelle 1 berücksichtigt.

Die Schwankungen zeigen, daß bei der noch kleinen Anzahl von Stichproben wenige Anlagen relativ große Änderungen in den quantitativen Aussagen bewirken. Die Aussagen sollten insofern als Tendenz verstanden werden. Bessere Datenlagen werden jedoch nur schwer zu erzielen sein, da „übliche“ Anlagen i.d.R. nicht lange beobachtet werden können, da nach Identifikation des „Schlechtbetriebes“ Änderungen stattfinden. Oft erfolgt zunächst der Austausch der Wartungsfirma.

Skizze einer standardisierten Qualitätssicherungskette

An das Monitoring von Energiesystemen wurde durch verschiedene Publikationen, vor allem im Bereich großer solarthermischer Anlagen, Anforderungen definiert.. So wird zum Beispiel die simulationsunterstützte Ertragskontrolle sowohl in [Str07], als auch in [Wie06] für die Betriebsüberwachung als notwendige Funktion eines Monitoring-Systems definiert. Die algorithmusbasierte Funktionskontrolle zum zeitnahen Erkennen von Fehlern wird von [Wie06] ebenfalls als Anforderung festgelegt. Diese wesentlichen Anforderungen an eine Monitoringlösung sind in Kombination laut [Str07] jedoch noch nicht zu einem wirtschaftlichen Preis verfügbar, weshalb hier ein hoher Forschungsbedarf identifiziert wird. Für ein ausreichend genaues Monitoring nach [Hön10] wäre eine komplexe Datenlogger-Struktur nötig, die nicht wirtschaftlich zu betreiben ist. Für Photovoltaik-Anlagen sind zahlreiche kommerziell verfügbare Monitoring-Systeme verfügbar, hier wurde jedoch hoher Handlungsbedarf im Bereich der Garantieverträge ermittelt.

Für den energetischen sowie wirtschaftlichen Erfolg in der Wohnungswirtschaft auf breiter Ebene sind Einzelmaßnahmen der Qualitätssicherung, wie die Implementierung eines Monitoring-Systems oder der Abschluss eines Garantievertrags, ohnehin nicht ausreichend. Daher ist ein übergeordnetes, umfassenderes Maßnahmenpaket zur Qualitätssicherung notwendig. Durch geschickte Verknüpfung existierender qualitätssichernder Prozesse und Maßnahmen zu einer prozeßorientierten Kette kann die Anforderungen an Einzelmaßnahmen, wie z.B. das Monitoring gering gehalten werden. So kann mit verfügbaren Mitteln jetzt schon die Gesamtwirtschaftlichkeit der Qualitätssicherung gewährleistet werden. Eine solche Kette muß in die Strategiefindung der Wohnungswirtschaft bezüglich ihrer energetischen Investitionen sowie anlagenspezifisch in die Planungsarbeiten, Ausschreibung, Baukontrolle, Zahlungspläne, Dokumentation und weitere Teile der Umsetzung eingreifen. Nur so wird es für die Wohnungswirtschaft möglich zentrale Gesamtkennwerte für energiegebundene Nebenkosten, CO₂-Emissionen und signifikante anlagenspezifische Kennwerte zu definieren und abzusichern.

Für die betrachteten Energiesysteme gibt es teilweise aktuelle Studien zur Qualitätssicherung. Dipl. Ing. Fritz Brandstetter hat z.B. mit seinem 2007 veröffentlichten Projektbericht „Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen“ ein Qualitätssicherungspaket mit Musterdokumenten für Planer solarthermischer Großanlagen entwi-

ckelt [Bra07]. Für Photovoltaikanlagen gibt es seit 2009 den Photovoltaik-Anlagenpass, der einen ähnlichen Ansatz, wenn auch weniger umfangreich, verfolgt.

Es soll für Solarthermieanlagen, mit für die Wohnungswirtschaft üblichen Anlagengrößen, eine Qualitätssicherungskette aufgezeigt werden, die teilweise aus bestehenden Projekten, wie den zuvor genannten, abgeleitet wurde, jedoch speziell für die Wohnungswirtschaft auch auf die Zuständigkeiten der beteiligten Akteure eingeht. So soll vermieden werden, daß für den einzelnen Akteur der Eindruck entsteht, daß Qualitätssicherung einen nicht wirtschaftlich zu bewältigenden Mehraufwand darstellt.

Neben den zuständigen Vertretern der Wohnungswirtschaft, in kleinen bis mittelständischen Unternehmen meist die Vorstände oder technischen Leiter, sind am Prozeß von Bau und Qualitätssicherung der betrachteten energietechnischen Anlagen noch die Anlagenhersteller, die ausführenden Betriebe und gegebenenfalls Fachplaner beteiligt. Diesen vier Akteuren werden im Zuge der Qualitätssicherungskette die Zuständigkeiten, entsprechend dem zeitlichen Prozeß des Anlagenbaus, zugeteilt. Soweit möglich soll zudem aufgezeigt werden, welche Faktoren den Ausbau der Qualitätsstandards verzögern und wie diese Faktoren umgangen werden können. Dies erfolgt in Form von „Hürden“ und „Hilfen“ zu den einzelnen Gliedern der QS-Kette, welche eine neue Art des Einkaufens solarthermischer Anlagen ermöglichen soll: anstatt einer technischen Anlage wird ein garantierter energetischer Nutzen eingekauft.

Standardisierte Qualitätssicherungskette Solarthermie

In der Grosol-Studie werden Hemmnisse und deren Überwindung zum Bau großer solarthermischer Anlagen aufgezeigt. Ein Punkt der hierbei herausgestellt wird, ist die Anlagenqualität. Seitens der potentiellen Investoren werden abschreckende Einzelbeispiele als ein Hemmnis für den Bau großer Solarthermieanlagen im Wohnungsbau definiert. Als Handlungsempfehlung wird unter anderem die Erarbeitung technischer Richtlinien für Planer und Installateure gegeben. In [Bra07] wurde eine solche Richtlinie erarbeitet und mit praxisnahen Musterdokumenten gefestigt. Enthalten sind elf Dokumente, die chronologisch entlang der Planung, Vergabe, Ausführung und Betriebsüberwachung einer solarthermischen Anlage sortiert sind, wobei, wenn nötig, jeweils Versionen für Neubau und Sanierung vorhanden sind. Die standardisierte QS-Kette, die im folgenden dargestellt wird, orientiert sich im wesentlichen an diesem Paket. Es wird für Anlagen der Größe und Komplexität einer typischen Immobilie im professionellen Wohnungsbau davon ausgegangen, daß ein Fachplaner hinzu gezogen wird. In der schriftlichen Ausführung der QS-Kette ist der jeweils hauptsächlich zuständige Akteur unterstrichen.

Schritt 1: Investitionsentscheidung, Zieldefinition, Suche nach Projektpartnern

Akteur: Vertreter der Wohnungswirtschaft (WoWi)

Erläuterung: Die Qualitätssicherungskette für solarthermische Anlagen beginnt in der Wohnungswirtschaft mit der Entscheidung eine Investition in eine solarthermische Anlage zu tätigen. Dies sollte auf Basis eines Vergleichs verschiedener Anlagenkonzepte anhand realistischer Betriebsergebnisse geschehen. Neben der Definition der gewünschten technischen Spezifikationen ist bereits zu diesem Zeitpunkt wichtig, daß bei der WoWi ein Bewusstsein für die Notwendigkeit von QS-Maßnahmen besteht. Übliche Probleme aus nicht qualitätsgesicherten Anlagen müssen bekannt sein, ebenso die Möglichkeiten der Qualitätssicherung diese Risiken auszuschließen. Die Wahl des Fachplaners muß hier ansetzen und mit der Erfüllung sämtlicher Qualitätskriterien aus der gewünschten QS-Kette, insbesondere einem garantierten Nutzen, verknüpft sein. Als Unterstützung kann hier Musterdokument D1 aus [Bra07] verwendet werden. Ist noch kein umfassendes Know-How im Bereich der QS vorhanden muß darauf geachtet werden, daß der Projektpartner hier über gute Referenzen verfügt. Desweiteren ist angesichts der üblicherweise relativ komplexen Entscheidungsstrukturen in der WoWi, für die weitere Koordination von Anlagenbau und Implementierung von QS-Maßnahmen die Definition einer übergeordnet zuständigen Person förderlich.

Hürden: Mangelnde QS-Bewusstsein WoWi (im Einkauf); Zugänglichkeit der nötigen Informationen zu realistischem Anlagenvergleich und Qualitätssicherung; Mangel an geeigneten Projektpartnern;

Hilfen: Informations- und Erfahrungsportal Qualitätssicherung;

Schritt 2: Planung, Ausschreibung, Auftragsvergabe

Akteure: WoWi, Fachplaner, evtl. Hersteller

Erläuterung: In Zusammenarbeit mit dem Planer und dem Anlagenhersteller, sofern dieser die Anlagensimulation übernimmt, müssen anhand der gewünschten Funktion die technischen Details der Anlage erarbeitet werden. Dies umfasst zum Beispiel den gewünschten solaren Deckungsgrad, die geplante Endenergieeinsparung und damit verbunden auch die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Entscheidend ist hierbei, die technischen Details über einen geeigneten Garantievertrag an einen garantierten Nutzen zu verknüpfen. Hierfür können, wie in Kapitel 6.2 beschrieben, die Entwürfe der SEE, GSR WIEN, bzw. Musterdokument D3 aus [Bra07] verwendet werden. Um zu verhindern, daß dieses Instrument durch eine beteiligte Partei mißbraucht wird, ist eine Schiedsstelle für den Streitfall zu definieren. Darauf aufbauend muß der Fachplaner die Ausschreibung der nötigen Gewerke gestalten. Neben garantierter Funktion müssen hier auch die weiteren qualitativen Anforderungen, etwa an Dokumentation, Inbetriebnahme, Abnahme, Wartung und vor allem an Überwachungseinrichtungen aufgeführt werden. Es muß festgelegt werden, wie die meßtechnisch auf-

wendige Einregulierung vorgenommen werden kann und wie langfristig Funktions- und Ertragskontrolle durchgeführt werden soll. Durch Verwendung von Systemanlagen führender Hersteller mit integrierten Meßstellen kann hier der Aufwand gering gehalten werden. Sämtliche Planungsvorgänge und Ergebnisse sind in Anlehnung an die funktionellen Vorgaben der WoWi durch den Planer zu erbringen und müssen umfassend dokumentiert werden. Die Ausschreibung kann z.B. auf Basis von Musterdokument D2 erfolgen [Bra07], oder sich an dem RAL Muster zur Angebotserstellung von Solarthermieanlagen orientieren.

Hürden: Marktdurchdringung QS-Maßnahmen in Deutschland noch mangelhaft (Konkurrenz wird vor allem durch Preiskampf ausgetragen); Abneigung einiger Hersteller und Installateure gegenüber Garantieverträgen und Ertragskontrolle;

Hilfen: Informationsportal Qualitätssicherung; Zusammenarbeit mit innovativen und führenden Marktteilnehmern, sowie Einbindung der Hersteller in Planungsprozess; Verwendung von Systemanlagen mit notwendigen Meßstellen und Inbetriebnahmeunterstützung

Hürden: Mangel an geeigneten Projektpartnern, Ablehnung Installateure und Hersteller gegenüber Garantieverträgen und Ertragskontrolle

Hilfen: Zusammenarbeit mit innovativen führenden Unternehmen

Schritt 3: Bauüberwachung, Dokumentation, Teilzahlungen

Akteure: WoWi, Fachplaner, Installateur

Erläuterung: Der Fachplaner muß die Bauarbeiten überwachen und hierbei die Interessen der WoWi vertreten. Er muß insbesondere darauf achten, daß die Arbeiten entsprechend des vereinbarten Anlagenkonzeptes erfolgen und ordnungsgemäß dokumentiert werden. Umfang der Dokumentationspflicht ist in Schritt 2 festzulegen und kann anhand von Musterdokument D6 bemessen werden [Bra07]. Um dies abzusichern sind Zahlungen von WoWi an Installateur immer erst durch den Fachplaner freizugeben. Hierfür ist im Vorfeld mit allen Beteiligten ein Zahlungsplan zu erstellen, der sich an der Fertigstellung funktioneller Einheiten orientiert.

Schritt 4: Inbetriebnahme, Einregulierung, Abnahme

Akteure: WoWi, Installateur, bzw. Hersteller

Erläuterung: Ist die Anlage fertiggestellt und im konventionellen Teil hydraulisch einreguliert, so ist sie durch den Installateur und/ oder Hersteller in Betrieb zu nehmen. Hier zahlt sich die Verwendung einer Systemanlage mit Herstellerinbetriebnahme besonders aus. Der Hersteller, der auch die größte Erfahrung im Umgang mit der eigenen Anlage hat, übernimmt hier die meßtechnische Einregulierung. Ist die Verwendung einer Systemanlage nicht möglich, so erfolgt die Inbetriebnahme durch den besonders erfahrenen Installateur. Eine detaillierte Vermessung erfolgt mittels der in

Schritt 2 definierten Überwachungseinrichtungen. Dabei kann es sich um eine integrierte DDC-GLT, oder z.B. um temporäre In-Situ Meßverfahren handeln. In der Einregulierungsphase wird durch den zuständigen Akteur sichergestellt, daß die planungsgemäße Leistungsfähigkeit der Anlage auch erreicht wird. Wenn die Inbetriebnahme in die Wintermonate fällt, muß ein Sicherheitseinbehalt im Zahlungsplan vereinbart werden, der an einen Funktionsnachweis in den Frühlings- oder Sommermonaten gekoppelt ist. Fehlerhafte Komponenten oder Mängel an der Installation werden behoben. Nach der Inbetriebnahmephase ist die förmlich protokollierte Abnahme ein zentraler Punkt in der QS-Kette. Anhand der Planung des Fachplaners wird von WoWi und Installateur im Stile einer Checkliste der Abschluss der Inbetriebnahme protokolliert. Der Installateur versichert mit seiner Unterschrift den korrekten Abschluss der Inbetriebnahme und dokumentiert für nachfolgende Arbeiten die vorgenommenen Einstellungen. Zur Unterstützung einer Abnahme gemäß Stand der Technik kann Musterdokument D7 [Bra07], oder z.B. das Muster des RAL-Gütesiegels verwendet werden. Mit Abnahme der Solarthermieanlage durch die WoWi wird in der Regel die Schlussrechnung fällig und die Verantwortung für den Betrieb geht im wesentlichen auf die WoWi über, die im Laufe der Abnahme durch den Installateur in die wesentliche Funktion der Anlage eingewiesen werden muß.

Hürden: mangelhaftes Know-How einiger Installateure bei der Einregulierung, ungenaue Dokumentation der vorgenommenen Einstellungen

Hilfen: Verwendung Systemanlage mit Herstellerinbetriebnahme, Ergebnisse des OPTIMUS-Projektes zum hydraulischen Abgleich konventioneller Heizsysteme [Wol06].

Schritt 5: Ertrags- und Funktionskontrolle, Instandhaltung

Akteure: WoWi, Installateur, Fachplaner

Erläuterung: Anhand der in Schritt 2 definierten Überwachungseinrichtungen wird im Betrieb der Anlage die Höhe der Erträge kontrolliert und über Garantieverträge mit den Planungsergebnissen rückgekoppelt. Zudem wird eine stetige Funktionskontrolle durchgeführt, welche Anlagenausfälle zeitnah erkennt und meldet. Hierfür eignen sich z.B. das energy-check Online-Basis-Monitoring oder das IOC-Verfahren des ISFH Hamm, welches auch in der VDI 2169 zur Ertragskontrolle vorgeschlagen wird [VDI10]. energy-check tut sich hier für die WoWi hervor, da es keinerlei, bzw. kaum technische Vorkenntnisse des Nutzers voraussetzt und ein zeiteffizientes Management speziell einer größeren Menge an Anlagen ermöglicht. Für die WoWi entsteht hier ein minimaler Aufwand, da zur Betreuung lediglich die monatlichen Statusberichte mit Handlungsempfehlungen gesichtet werden müssen.

Die Instandhaltung umfasst die regelmäßige Wartung durch den Installateur sowie gegebenenfalls nötige Reparaturarbeiten. Die Wartung sollte bereits in Schritt 2 im Rahmen der Planung und Ausschreibung definiert werden und anhand eines War-

tungsprotokolls durchgeführt werden. Mit einem vorgegebenen Wartungsprotokoll wird eine Mindestqualität der Arbeit eingefordert und kontrollierbar gemacht. Ein Entwurf für ein Wartungsprotokoll ist Musterdokument D8 [Bra07]. Zudem wird sichergestellt, daß Änderungen der Betriebsparameter protokolliert werden. Auch hier ist energy-check eine Hilfe, da über ein integriertes Anlagenlogbuch Eingriffe in die Anlage zentral protokolliert werden können.

Literatur

[Bra07] Brandstetter, F.: Qualitätssicherung solarthermischer Großanlagen-
Qualitätssteigerung und Qualitätssicherung großer thermischer Solaranlagen in ge-
bäudeübergreifenden Mikronetzen und im großvolumigen Geschosswohnbau. Bun-
desministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, 2007

[Str07] Stryi-Hipp, G.; Schnauss, M.; Moch, F.: GroSol-Studie zu großen Solarwär-
meanlagen. Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW). Berlin, 2007

[VDI10] Bechem, H.; Filler, G.; Jesorsky, R.; et. al.: Funktionskontrolle und Ertrags-
bewertung solarthermischer Anlagen. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI). Düs-
seldorf, 2010

[Hön10] Höning, C.: Garantierte Jahresarbeitszahl – Wärmepumpen mit Flatrate?.
TGA Fachplaner 02/2010

[Wie06] Wiese, F.: Langzeitüberwachung großer solarintegrierter Wärmeversor-
gungsanlagen. Universität Kassel, Dissertation zum Dr.-Ing., ISBN: 978-3-89958-
232-1. Kassel, 2006

[Wol06] Wolff, D.; Jagnow, K: Umweltkommunikation in der mittelständischen Wirt-
schaft am Beispiel der Optimierung von Heizsystemen durch Information und Qualifi-
kation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotenzialen – Teil 2: Technische
Optimierung und Energieeinsparung. Abschlussbericht zum OPTIMUS-Projekt. Wil-
helmshaven, 2006