

7.4 Landgasthaus Schwab, Stmk.

7.4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Landgasthaus Schwab
<u>Adresse:</u>	8200 Gleisdorf
<u>Art der Anwendung:</u>	Hohe solare Deckungsgrade
<u>Wärmeverbraucher:</u>	Warmwasserbereitung und Raumheizung
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	101 m ² , Flachkollektor
<u>Energiespeichervolumen:</u>	6,2 m ³
<u>Hauptheizungssystem:</u>	Ölkessel 85 kW
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	37,1 % (Messwert)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	352 kWh/m ² a (Messwert bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Monitoringphase beendet mit Oktober 2012
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Bei dem Projekt „Landgasthaus Schwab“ handelt es sich um die Einspeisung einer solarthermischen Anlage in die Wärmeversorgung eines Gasthauses in der Steiermark. Konkret speist die Solaranlage in das Warmwasserbereitungssystem (inkl. Versorgung der Zirkulationsleitung) sowie in die Raumheizungskreisläufe (Fußbodenheizung 40/25°C, Radiatorheizung 60/40°C und Lüftungsregister 50/30 °C). Bei den verwendeten Kollektoren handelt es sich um Flachkollektoren im Großflächenformat des Herstellers Ökotech. Wie in Abbildung 37 ersichtlich, übernehmen die Kollektoren (101 m² Bruttokollektorfläche) dabei teilweise die Überdachung eines neu errichteten Autoabstellplatzes. Die Ausrichtung erfolgte direkt nach Süden. Aufgrund erwarteter Überschüsse im Sommer wurde die Kollektorneigung mit 55°C eher steiler gewählt. Im Betrachtungszeitraum lag der Warmwasserverbrauch pro Tag bei rund 1.000 Liter.



Abbildung 37: Ansicht des Kollektorfeldes im Vordergrund des Landgasthaus Schwab (links) und der Konstruktion des überdachten Autoabstellplatzes (rechts), Bildquelle: AEE INTEC

Die Solaranlage vermindert in der gegenständlichen Anlage die Laufzeit des neuen Ölkessels. Der zum Zeitpunkt der Einreichung prognostizierte solare Deckungsgrad, in Verbindung mit einem Energiespeicher von 6,2 m³, lag übers Jahr bei rund 29 %.

7.4.2 Hydraulik- und Messkonzept

Bei dem gewählten hydraulischen Konzept handelt es sich um ein klassisches Wärmeversorgungssystem für Warmwasserbereitung und Raumheizung. Dabei speist die thermische Solaranlage in einen Pufferspeicher mit 6,2 m³. Die Solaranlage verfügt über die Möglichkeit der Beladung des Pufferspeichers in zwei Ebenen. In den obersten Teil des Pufferspeichers ist auch die bestehende Ölkesselanlage eingebunden. Die Warmwasserbereitung erfolgt über zwei trinkwasserseitig in Serie geschaltete

Warmwasserspeicher (zu je 1.000 l), die aus dem Pufferspeicher über innenliegende Wärmetauscher wechselweise geladen werden. Die Zirkulationsleitung ist über die Warmwasserspeicher in das System eingebunden. Die Raumheizungsverbraucher (Radiatorheizung, Fußbodenheizung, Lüftung) sind, wie bei Bestandsanlagen üblich, über einen Vorlauf- und einen Rücklaufverteiler ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperaturniveaus eingebunden. Vier Wärmemengenzähler, 17 Temperatursensoren sowie ein Globalstrahlungssensor in Kollektorebene und ein Drucksensor im Solarprimärkreis bilden in diesem Projekt die messtechnische Bestückung (siehe Abbildung 38).

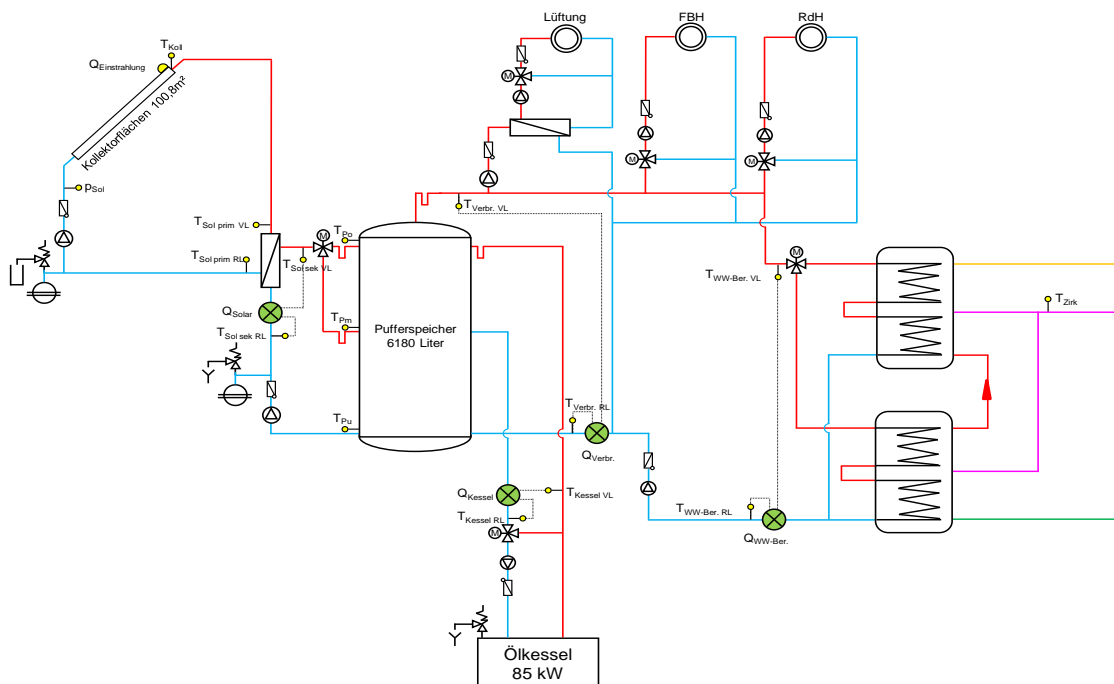


Abbildung 38: Hydraulik- und Messkonzept der Anlage „Landgasthaus Schwab“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solar-Primärkreis

$Q_{\text{Einstrahlung}}$	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{Sol prim VL}}$	Solarvorlauftemperatur Primär
$T_{\text{Sol prim RL}}$	Solarrücklauftemperatur Primär
P_{Sol}	Drucksensor im Solar-Primärkreis

Solar-Sekundärkreis

Q_{Solar}	Wärmemengenzähler Solar (Sekundärkreis)
$T_{\text{Sol sek VL}}$	Solarvorlauftemperatur Sekundär
$T_{\text{Sol sek RL}}$	Solarrücklauftemperatur Sekundär

Pufferspeicher

T_{Po}	Pufferspeichertemperatur oben
T_{Pm}	Pufferspeichertemperatur mittig
T_{Pu}	Pufferspeichertemperatur unten

Verbraucher - Raumheizung

$Q_{\text{Verbr.}}$	Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis (Raumheizung und Warmwasserbereitung)
$T_{\text{Verbr. VL}}$	Vorlauftemperatur Verbraucherkreis

$T_{\text{Verbr. RL}}$ Rücklauf­temperatur Verbraucher­kreis

Verbraucher – Warmwasser

$Q_{\text{WW Ber.}}$ Wärmemengenzähler im Warmwasser­berei­tungskreis (inklusive Zirkulations­verluste)
 $T_{\text{WW Ber. VL}}$ Vorlauf­temperatur WW-Ber. Kreis
 $T_{\text{WW Ber. RL}}$ Rücklauf­temperatur WW-Ber. Kreis
 T_{Zirk} Temperatur Zirkulation

Nachheizung

Q_{Kessel} Wärmemengenzähler im Nach­hei­zungskreis
 $T_{\text{Kessel VL}}$ Vorlauf­temperatur im Nach­hei­zungskreis
 $T_{\text{Kessel RL}}$ Rücklauf­temperatur im Nach­hei­zungskreis

7.4.3 Energiebilanz

Bei der Anlage Landgasthaus Schwab startete die Monitoringphase im November 2011 und endete mit Oktober 2012. In diesem Zeitraum zeigte das gesamte Wärmeversorgungssystem ein solides Betriebsverhalten. Die für den Monitoringzeitraum erstellte Energiebilanz ist in Abbildung 39 dargestellt und zeigt einerseits die beiden Wärmeinputs in das Gesamtsystem (gelb: Solarwärme; grau: Wärme aus dem Ölkessel) und andererseits die aus dem Energiespeicher den Verbrauchern zur Verfügung gestellte Wärmemenge (hellblau: Raumheizungsverteiler; blau: Warmwasserbereitung). Die Speicherverluste liegen in Monaten mit eher geringem Solaranteil deutlich unter 10 % (ungefähr die Differenz zwischen Wärmeinput und Wärmeoutput). In Monaten mit hohen solaren Deckungsgraden von über 50 % (und daraus resultierend häufig vergleichsweise hohe Temperaturen im gesamten Speicher) stiegen die Speicherverluste signifikant auf über 30 % an. Wie in Abbildung 39 ersichtlich, wurde in den Monaten Mai, Juni, Juli und August die Raumheizung (Radiatoren, FBH, Lüftung für Küche) nicht mehr in Betrieb genommen. Ab 25.4.2012 kam aufgrund von geringfügigen hydraulischen Adaptierungen in der Auswertung eine Änderung der Wärmemengenzuordnung zum Tragen, sprich es wurden die Wärmeverluste für die Zirkulationsverluste in den Verbrauchsteil $Q_{\text{-Warmwasser}}$ integriert. Davor war dieser Verlustanteil in der Wärmemenge $Q_{\text{-Verbraucher}}$ inkludiert.

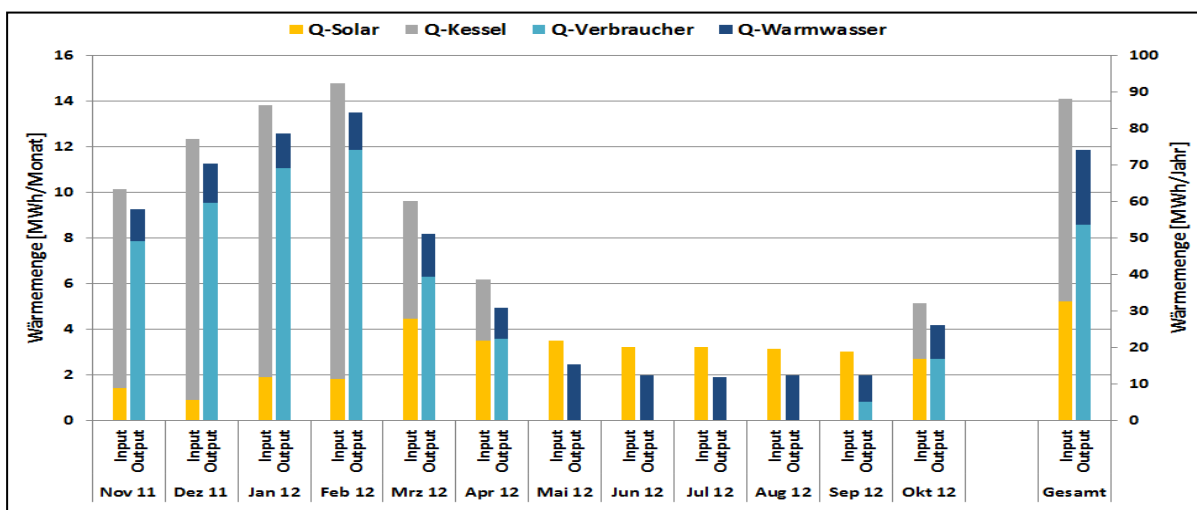


Abbildung 39: Energiebilanz der Anlage „Landgasthaus Schwab“ (November 2011 bis Oktober 2012)

7.4.4 Vergleich Simulation – Messwerte

Um den Solarertrag in der Monitoringphase richtig einschätzen zu können (Vergleichswert), entschied sich das Projektteam für die Durchführung einer Anlagensimulation. Die in T-SOL durchgeführte Simulation basiert auf den Auslegungsannahmen und auf einem durchschnittlichen Klimadatensatz für den Standort. Eine neuerliche Simulation mit tatsächlichen Verbräuchen und Klimadaten wurde nicht durchgeführt. Abbildung 40 zeigt hierzu den Vergleich der Simulationsergebnisse (blau gestrichelte Linie) mit den Messergebnissen (rote Linie). Der Verlauf des gemessenen spezifischen Solarertrags mit dem Simulationwert zeigte zu Anfang des Monitoring eine relativ gute Übereinstimmung. Beginnend mit Monat März liegt der gemessene Ertrag über dem Simulationwert. Der Trend setzte sich bis zum Ende des Monitoringzeitraums fort und lag nach einem Jahr mit 352 kWh/m²a deutlich über den mittels Simulation prognostizierten 300 kWh/m²a (Bezug Aperturfläche).

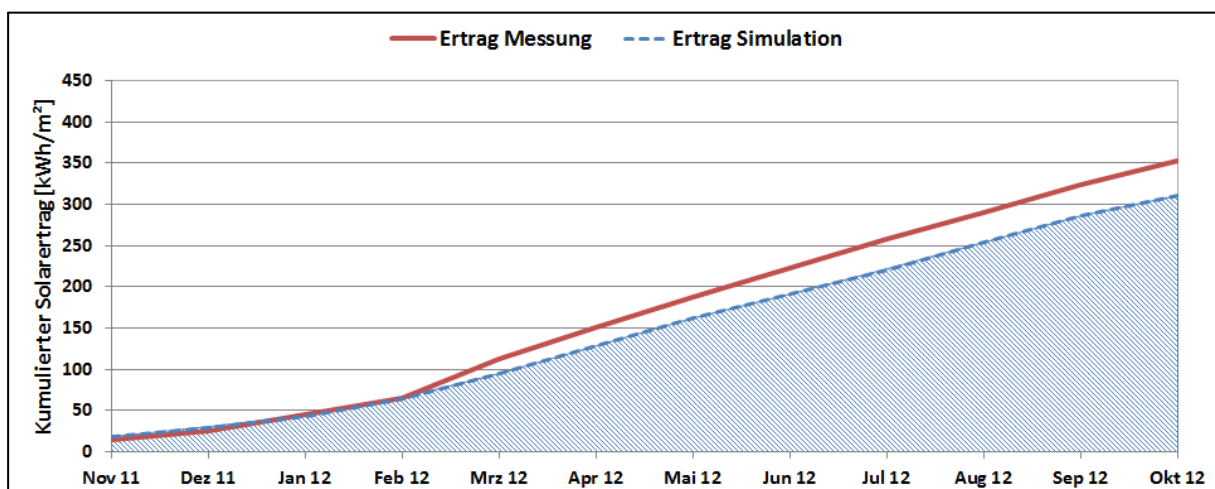


Abbildung 40: Vergleich des gemessenen spezifischen Solarertrags mit dem Simulationwert für die Anlage „Landgasthaus Schwab“ (November 2011 bis Oktober 2012)

Aufbauend auf den Ergebnissen der Simulation wurde in weiterer Folge ein Vergleich des simulierten mit dem gemessenen solaren Deckungsgrad (Solarertrag bezogen auf Summe aller Inputs) durchgeführt. Diese sind in Abbildung 41 ersichtlich, wobei die Messwerte in roten und die Simulationwerte in blauen Balken dargestellt werden. Der simulierte solare Jahresdeckungsgrad beläuft sich dabei auf rund 29 %. Der gemessene solare Jahresdeckungsgrad liegt mit 37,1% deutlich darüber. Wie schon vorhin erwähnt, basiert die in T-SOL durchgeführte Simulation auf den Auslegungsannahmen und auf einem durchschnittlichen Klimadatensatz für den Standort. Eine neuerliche Simulation mit tatsächlichen Verbräuchen und Klimadaten wurde nicht durchgeführt.

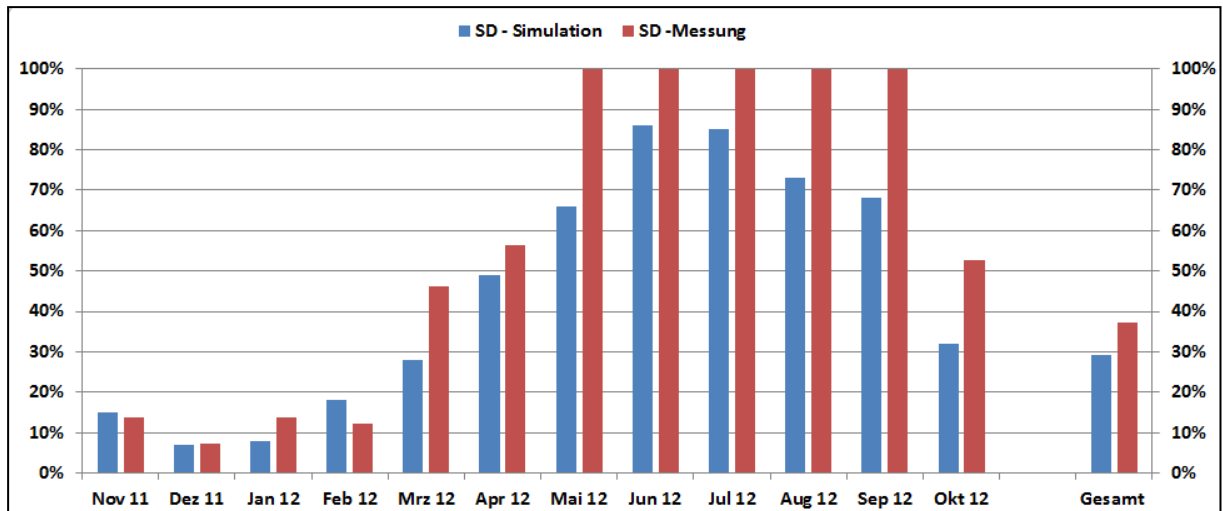


Abbildung 41: Vergleich des gemessenen solaren Deckungsgrades mit dem Simulationswert für die Anlage „Landgasthaus Schwab“ (November 2011 bis Oktober 2012)

Ein Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit dem zum Zeitpunkt der Einreichung erwarteten Verbrauch zeigt, dass im Betrachtungszeitraum in Summe um 45 % weniger an Wärmeenergie für die Warmwasserbereitstellung sowie Raumheizung benötigt wurde als angenommen (siehe Abbildung 42). Diese Verbrauchsdifferenz bildet auch die zentrale Ursache für den deutlich höheren solaren Deckungsgrad als prognostiziert.

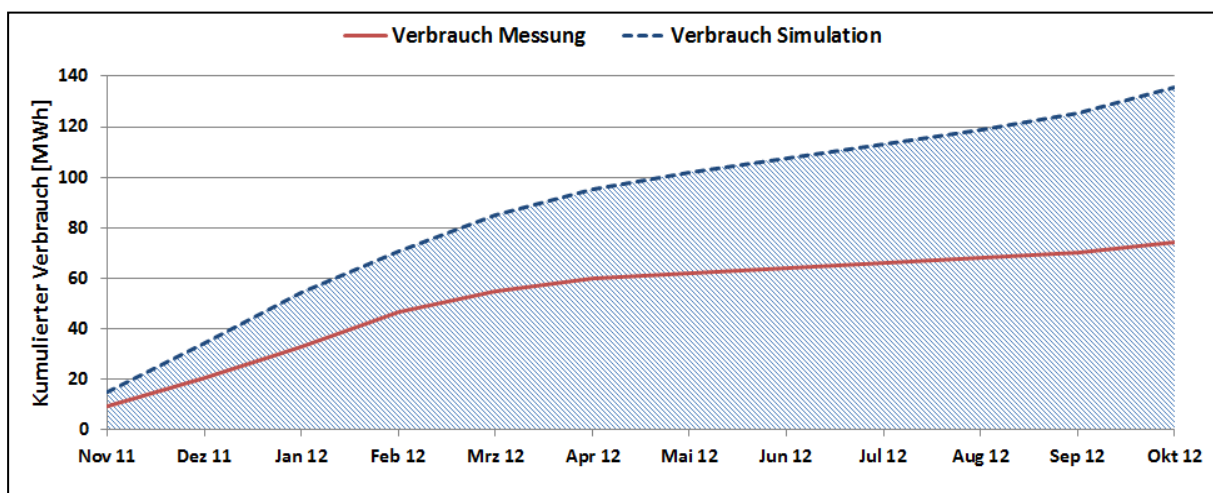


Abbildung 42: Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit dem prognostizierten Verbrauch für die Anlage „Landgasthaus Schwab“ (November 2011 bis Oktober 2012)

7.4.5 Detailbetrachtung und Optimierungspotenziale

Die Auswertungsarbeiten zu Temperaturverläufen in allen hydraulischen Kreisläufen bestätigten bei der Anlage „Landgasthaus Schwab“ einen unproblematischen Betrieb. Abbildung 43 zeigt hier beispielsweise den Verlauf der Temperaturen im Solarprimär- als auch im Solarsekundärkreis an einem nahezu wolkenlosen Tag im März 2012.

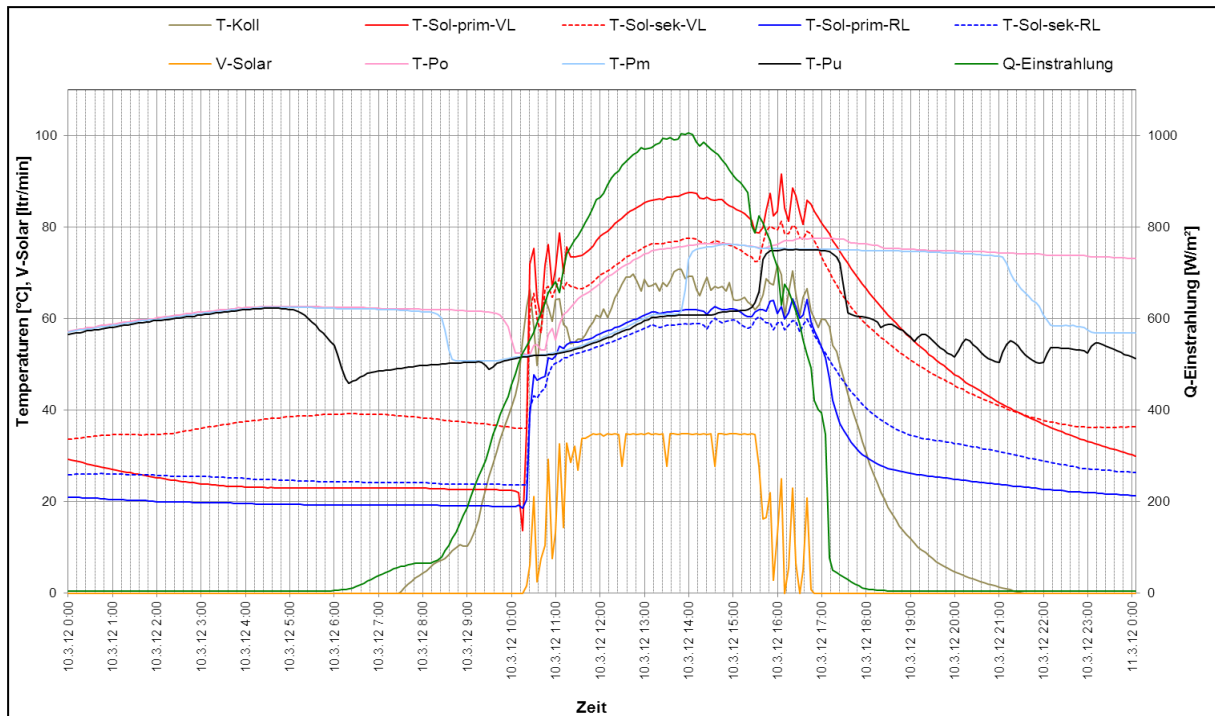


Abbildung 43: Beispielhafter Temperaturverlauf im Primär- und Sekundärkreis des Solarsystems zuzüglich des Verlaufs des Volumenstroms im Sekundärkreis, der Pufferspeichertemperaturen und der Globalstrahlung (10.03.2012)

Diese Darstellung zeigt einen durchwegs zufriedenstellenden Betrieb des Solarsystems. Als einzige erwähnenswerte Verbesserungsmöglichkeit zeigt sich die relativ hohe Temperaturdifferenz zwischen den beiden Vorläufen am Solarwärmetauscher, die Werte um bis zu 10 K erreichen kann. An den Rückläufen hingegen stellen sich sehr geringe Temperaturdifferenzen (ca. 3K) ein, was grundsätzlich für einen ausreichend groß dimensionierten Wärmetauscher spricht. Zurückzuführen ist dieses Ergebnis wahrscheinlich auf nicht genau abgestimmte Volumenströme im Primär- und im Sekundärkreislauf, was durch eine Optimierung der Drehzahlregelung oder eine Anpassung der Drehzahlstufen aber durchwegs verbessert werden könnte. Eine unbedingte Handlung muss aber nicht gesetzt werden.

Abbildung 44 zeigt sowohl die Versorgungstemperaturen für Warmwasserbereitung und Raumheizung inkl. der zugehörigen Volumenströme als auch die auftretenden Speichertemperaturen an einem ausgewählten Tag im März 2012. Deutlich wird, dass die Temperaturen im Pufferspeicher seitens der Nachheizung auf knapp unter 70°C gehalten werden, aber durch die Solaranlage durchaus höhere Speichertemperaturen möglich sind (Anhebung des gesamten Speichers auf knapp unter 80°C an diesem Tag). Deutlich kann erkannt werden, dass die Betriebsweise der Wärmeverbraucher Optimierungspotenzial beinhaltet. Ein deutlicher Indikator dafür sind die teilweise sehr hohen Volumenströme (bei Heizungs- und Lüftungsbetrieb bis 2,5 m³/h), die in Verbindung mit den in diesen Betriebszeiten erreichten, sehr geringen Temperaturdifferenzen (zwischen Vor- und Rücklauf) von 4 bis 8 K auf ein nicht einreguliertes Verbrauchernetzwerk schließen lassen. Dadurch wird der Speicher auch im unteren Bereich auf vergleichsweise hoher Temperatur gehalten, was neben erhöhten Wärmeverlusten auch die Energiedichte des Speichers reduziert und aufgrund höherer Rücklauftemperaturen auch den Kollektorstufigungsgrad senkt. Einzig zu Zeiten in denen die Fußbodenheizung betrieben wird, bzw. die Warmwasserbereitung erfolgt, können Rücklauftemperaturen zwischen 40 und 45°C erreicht werden.

In Verbindung mit einem hydraulisch einregulierten Wärmeabgabesystem könnte auch die Beladung des Pufferspeichers durch den Ölkessel optimiert werden. Wie aus Abbildung 44 ersichtlich, ist es trotz Pufferspeichertemperaturen von durchwegs über über 60°C notwendig den Ölkessel zu betreiben (in den frühen Morgenstunden). Reduzierte Kesselstarts bei gleichzeitig längerer Laufzeit könnten erreicht werden und würden den Ölverbrauch weiter reduzieren.

Betrachtet man in Abbildung 44 den Verlauf der Temperatur an der Zirkulationsleitung, können einerseits Temperaturen zwischen 30 und 55°C und andererseits ein taktender Betrieb der Zirkulationspumpe festgestellt werden. Wäre diese Betriebsweise aus energetischer Sicht zu begrüßen (reduzierte Wärmeverluste), entspricht diese aber nicht den Vorgaben der österreichischen Hygienenorm für zentrale Trinkwassererwärmungsanlagen (ÖNORM B5019). Diese besagt, dass die Temperatur aus der Zirkulationsleitung 55°C nicht unterschreiten darf. Um diesen Vorgaben zu entsprechen, müsste im konkreten Projekt die Zirkulationspumpe durchgehend betrieben werden (ev. sogar mit einem höheren Massendurchsatz).

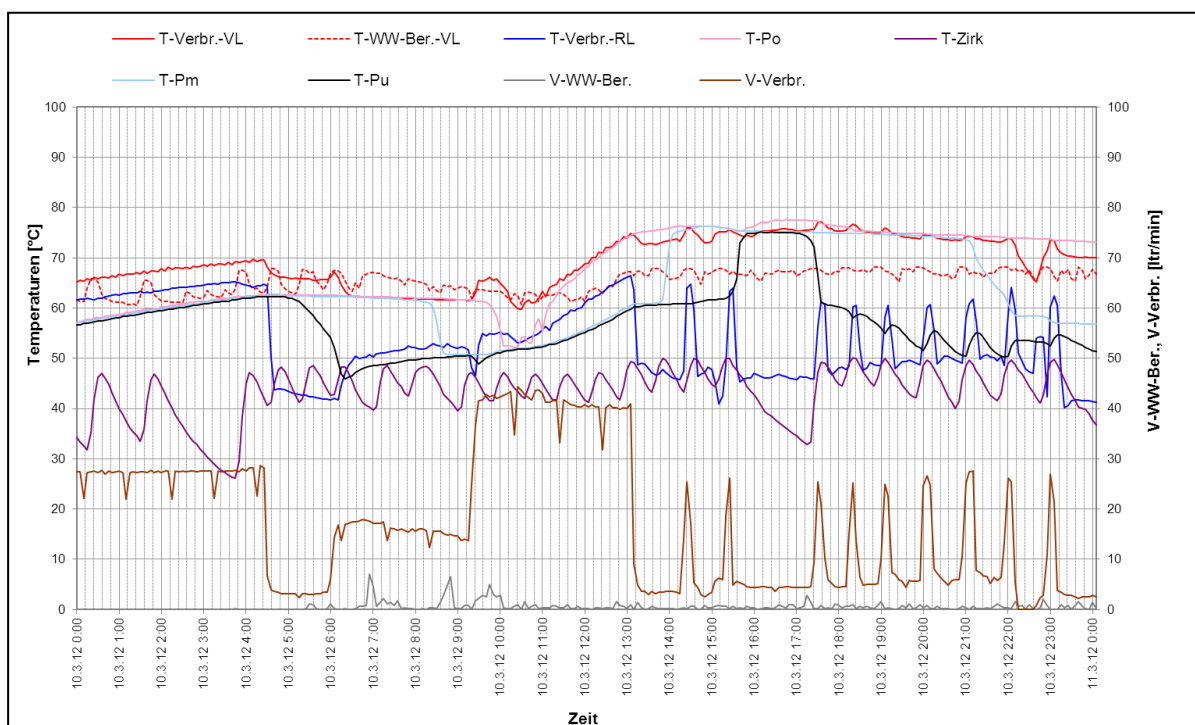


Abbildung 44: Beispielhafter Temperaturverlauf im Wärmeverbraucherkreis zuzüglich des Verlaufs der Volumenströme und der Pufferspeichertemperaturen (10.03.2012)

Des Weiteren konnte im Rahmen des einjährigen Monitorings festgestellt werden, dass die Warmwasserbereitung ausreichend versorgt werden kann, wenn nur einer der beiden 1.000 l Trinkwasserspeicher im System aktiviert ist. Aus diesem Grund wurde dem Betreiber um die Wärmeverluste zu minimieren vorgeschlagen, in der Heizperiode einen der Warmwasserspeicher wegzuschalten und im Sommer, wenn Überschüsse aus der Solaranlage vorhanden sind, diesen wieder zu aktivieren.

7.4.6 Anlagen Status Quo

Das einjährige Anlagenmonitoring zeigte einen durchwegs zufriedenstellenden Betrieb des Solarsystems. Auch der Betreiber der Anlage ist nach persönlichen Angaben aufgrund der erreichten Öleinsparungen sehr zufrieden.

Die detektierten Optimierungsmöglichkeiten (insbesondere in der Betriebsweise des Wärmeabgabesystems) lassen aber noch weiteres Einsparpotenzial erwarten. Diese wurden dem Betreiber durch Vertreter des Begleitforschungsteams zwar mehrfach

erläutert und kommuniziert, wurden im Betrachtungszeitraum aber nicht vollständig umgesetzt. Eine vorgeschlagene Optimierungsmaßnahme konnte aber umgesetzt werden und zwar das Wegschalten eines 1.000 l Warmwasserbereiters zur Wärmeverlustminimierung in Folge eines überdimensionierten Warmwasserbereitungssystems.