

7.22 Fleischwaren Berger, NÖ

7.22.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Fleischwaren Berger
<u>Adresse:</u>	8452 Großklein
<u>Art der Anwendung:</u>	Solare Prozesswärme
<u>Wärmeverbraucher:</u>	Erwärmung von Brauchwasser, Kesselspeisewasservorwärmung
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	1067 m ² , Flachkollektor
<u>Energiespeichervolumen:</u>	60 m ³
<u>Nachheizungssystem:</u>	2 Ölkessel (bis September 2014 - Hochdruckkessel 3,2 to/h; Niederdruckkessel 2,8 to/h) bzw. 2 Gaskessel (ab Oktober 2014 - Hochdruckkessel 3,6 to/h; Niederdruckkessel 3,2 to/h)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	3,5 % (Messwert)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	408 kWh/m ² a (Messwert bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Monitoringphase beendet mit Jänner 2015
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Im Jahr 2013 errichtete das Unternehmen Fleischwaren Berger aus Sieghartskirchen, Niederösterreich, eine thermische Solaranlage bestehend aus einer Kollektorfläche von 1.067 m² und 60 m³ Energiespeicher (siehe Abbildung 339). Die solarthermische Anlage unterstützt dabei die Verarbeitung von Frischfleisch zu Schinken und Wurstprodukten. Insgesamt werden am Standort täglich rund 100 Tonnen Fleischwaren produziert. Die Solarwärme wird dabei an zwei Stellen in die Produktion eingespeist. Zum einen wird die Brauchwasserbereitung (ca. 7 m³/h Brauchwasserbedarf für Reinigungszwecke) und zum anderen die Kesselspeisewasservorwärmung zweier Dampfkessel (Ölkessel bis September 2014 bzw. Gaskessel ab Oktober 2014) unterstützt. In beiden Prozessabschnitten sind der Solarthermieeinbindung Wärmerückgewinnungsstufen vorgeschaltet. Da insbesondere im Bereich der Kesselspeisewasservorwärmung höhere Temperaturen benötigt werden (Vorwärmung bis 93°C), gelangte ein zweifach abgedeckter Kollektor zur Umsetzung. Montiert wurde das gesamte Kollektorfeld auf einer Freifläche am Betriebsareal (siehe Abbildung 340, linke Darstellung). Spezielle, in das Erdreich gebohrte Stahllanker sorgten dabei für den Entfall von Betonballast und für eine einfache Nivellierung der Unterkonstruktion (siehe Abbildung 340, rechte Darstellung).



Abbildung 338: Ansicht der bodenmontierten 1.067 m² großen Kollektorfläche links (Bildquelle S.O.L.I.D.) und dem gesamten Werksareal rechts (siehe links hinten das Kollektorfeld, Bildquelle Fleischwaren Berger)



Abbildung 339: Ansicht des am Werksareal der Fa. Fleischwaren Berger befindlichen 60 m³ Pufferspeichers (Bildquelle: SOLID)



Abbildung 340: Montage der Stahlanker für die Aufnahme der Kollektoren am Betriebsareal (linke Abbildung, Bildquelle: ÖKOTECH) sowie beispielhafte Abbildung eines für die Montage des Kollektorfeldes verwendeten Stahlankers (rechte Darstellung, Bildquelle: terrafix)



Abbildung 341: Darstellungen aus dem Produktionsprozess der Fa. Fleischwaren Berger (Bildquelle: Fa. Fleischwaren Berger)

7.22.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Hydraulikkonzept bzw. das Messkonzept der Anlage „Fleischwaren Berger“ ist in Abbildung 342 dargestellt. Wie daraus ersichtlich, kann die Beladung als auch die Entladung seitens der solarthermischen Anlage in bzw. aus dem Pufferspeicher auf zwei unterschiedliche Höhen erfolgen. Die Einbindung in die Brauchwassererwärmung bzw. in die Kesselspeisewasservorwärmung erfolgt in Abhängigkeit des vorhandenen Pufferspeichertemperaturniveaus (vgl. 7.22.5). Im Bereich der Brauchwassererwärmung

wird die Bereitstellung des erforderlichen Temperaturniveaus (55°C) über mehrere Nacherwärmungsstufen gewährleistet. In einem ersten Schritt wird aufbereitet Frischwasser über die Wärmerückgewinnung einer Kältemaschine vorerwärmt. In einem zweiten Schritt erfolgt eine Temperaturerhöhung mittels solarthermischer Wärme aus dem Pufferspeicher. Zur Erreichung der benötigten Warmwassertemperatur von wird das bereits vorgewärmte Frischwasser über eine Anbindung an das Niederdruckdampfnetz auf das finale Temperaturniveau erhöht. Die Einbindung solarthermischer Wärme aus dem Pufferspeicher zur Kesselspeisewasservorwärmung erfolgt in den Rücklauf des Kesselspeisewasserkreises.

Das Messkonzept umfasst im Bereich der solarthermischen Anlage einen Drucksensor im Solarprimärkreislauf sowie einen Temperaturfühler und Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene. Weiters werden die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen sowohl im Primärkreislauf als auch im Sekundärkreislauf gemessen und aufgezeichnet. Im Bereich der Warmwasserbereitung wurden drei Wärmemengenzähler installiert, welche die einzelnen Wärmeenergien der einzelnen Stufen sowie die Einbindung solarthermischer Wärme in und aus dem Pufferspeicher messen. Der Eintrag solarthermisch gewonnener Wärme in die Speisewasservorwärmung wird mittels eines weiteren Wärmemengezählers ermittelt. Zur Bestimmung der einzelnen Vorwärmungsstufen der Brauchwassererwärmung wurden zwei Wärmemengenzähler im Brauchwasserkreis installiert. Ein Wärmemengenzähler erfasst dabei den Nachheizungskreis der Wärmerückgewinnung der Kälteanlage bzw. ein weiterer erfasst die Summe, sowohl den solarthermischen Eintrag als auch den Eintrag des ND-Netzes. Die Bilanzierung des ND-Anteils an der Brauchwassererwärmung muss dementsprechend über den bekannten Eintrag solarer Wärme sowie über die Summe der solaren Wärme und des ND-Netzes rechnerisch ermittelt werden. Das Begleitforschungsteam entschied sich zu diesem Schritt, da der Einbau eines Wärmemengenzählers für den Eintrag aus dem ND-Netz aufgrund baulicher Gegebenheiten nicht umgesetzt werden konnte. Zur Bestimmung der Temperaturverhältnisse im Energiespeicher wurden insgesamt vier Temperaturfühler in unterschiedlichen Höhen installiert.

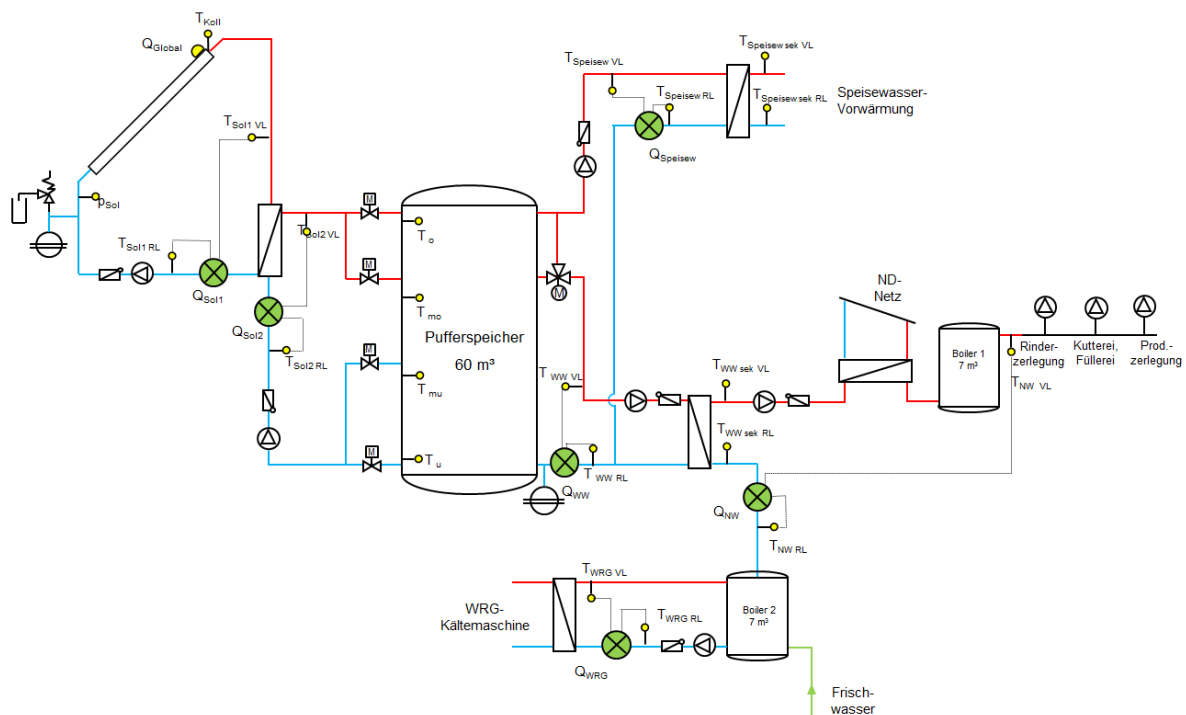


Abbildung 342: Hydraulik- und Messkonzept der Anlage „Fleischwaren Berger“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solar-Primärkreis

Q_{Global1}	Globalstrahlungssensor Kollektorebene
P_{SP1}	Drucksensor Primärkreis
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{Sol2 VL}}$	Vorlauftemperatur Solarprimärkreis
$T_{\text{Sol2 RL}}$	Rücklauftemperatur Solarprimärkreis

Solar-Sekundärkreis

$T_{\text{SS1 VL}}$	Vorlauftemperatur Solarsekundärkreis
$T_{\text{SS1 RL}}$	Rücklauftemperatur Solarsekundärkreis
Q_{Solar2}	Wärmemengenzähler Solarsekundärkreis

Pufferspeicher

T_{o}	Pufferspeichertemperatur oben
T_{mo}	Pufferspeichertemperatur mitte-oben
T_{mu}	Pufferspeichertemperatur mitte-unten
T_{u}	Pufferspeichertemperatur unten

Verbraucher Speisewasservorwärmung

$T_{\text{Speisewasser VL}}$	Vorlauftemperatur Speisewasservorwärmung
$T_{\text{Speisewasser RL}}$	Rücklauftemperatur Speisewasservorwärmung
$Q_{\text{Fernwärme}}$	Wärmemengenzähler Speisewasservorwärmung
$T_{\text{Speisewasser sek VL}}$	Vorlauftemperatur Speisewasservorwärmung sekundär
$T_{\text{Speisewasser sek RL}}$	Rücklauftemperatur Speisewasservorwärmung sekundär

Verbraucher Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW VL}}$	Vorlauftemperatur solare Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW RL}}$	Rücklauftemperatur solare Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler solare Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW sek VL}}$	Vorlauftemperatur solare Warmwasserbereitung sekundär
$T_{\text{WW sek RL}}$	Rücklauftemperatur solare Warmwasserbereitung sekundär
$T_{\text{WRG VL}}$	Vorlauftemperatur Wärmerückgewinnung Kältemaschine
$T_{\text{WRG RL}}$	Rücklauftemperatur Wärmerückgewinnung Kältemaschine
Q_{WRG}	Wärmemengenzähler Wärmerückgewinnung Kältemaschine
$T_{\text{NW VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung Nacherwärmung
$T_{\text{NW RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung Nacherwärmung
Q_{NW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung Nacherwärmung

7.22.3 Energiebilanz

Die Energiebilanz der Anlage „Fleischwaren Berger“ ist in folgender Abbildung 343 dargestellt. Der Wärmeeintrag findet über die solarthermische Anlage (gelb), über die Wärmerückgewinnung der Kälteanlage (grün) als auch über zwei Gaskessel (hellrot), ab Oktober 2014, bzw. zwei Ölkessel (dunkelrot), bis September 2014, statt. In der Produktion wird Wärme einerseits für die Brauchwasserbereitung (hellblau) und zum anderen für die Speisewasservorwärmung bzw. Dampferzeugung (dunkelblau) benötigt. Da für die Bestimmung der benötigten Energie für die Dampferzeugung durch die Öl- bzw. Gaskessel im Rahmen des Begleitforschungsprogramms kein getrennter Wärmemengenzähler vorzusehen war, wurde der Wärmeeintrag der Öl- bzw. Gaskessel dem Begleitforschungsteam im jeweils darauf folgenden Monat vom Betreiber bekannt gegeben und für die Bilanzierung übernommen. Der aufgewendete Energieanteil für die

Speisewasservorwärmung wurde in weiterer Folge aus dem Gesamtwärmeverbrauch rechnerisch ermittelt. Die erkennbaren Schwankungen im Energieverbrauch spielen laut Betreiber übliche Produktionsschwankungen (bspw. Weihnachten, Ostern, Grillsaison, etc.) wieder.

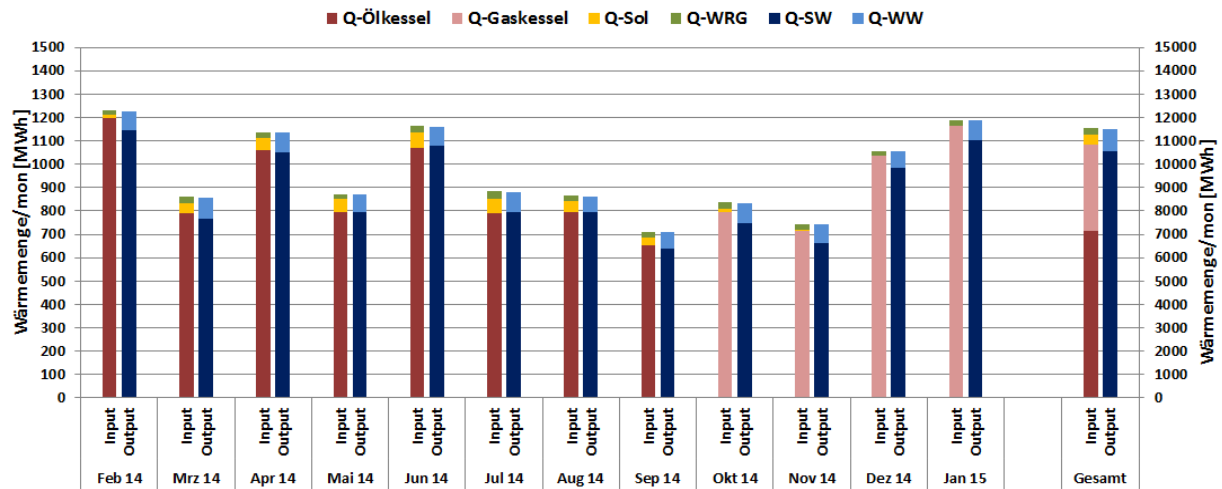


Abbildung 343: Energiebilanz der Anlage „Fleischwaren Berger“ (Februar 2014 bis Januar 2015)

7.22.4 Vergleich Simulation - Messwerte

Folgende Abbildungen (Abbildung 344 bis Abbildung 346) geben einen Vergleich über die, bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse mit dem im Rahmen des Anlagenmonitorings ermittelten Messergebnisse der relevanten Kennzahlen (spezifischer Solarertrag, solarer Deckungsgrad sowie der Wärmeverbrauch) betreffend die Anlage „Fleischwaren Berger“.

Um den Solarertrag in der Monitoringphase richtig einschätzen zu können (Vergleichswert), wurde der Prognosewerte der Anlagensimulation des Förderwerbers aus der Einreichphase mit der gemessenen Kennzahlen „spezifischer Solarertrag“ verglichen. Wie in Abbildung 344 ersichtlich, liegt der gemessene kumulierte jährliche Solarertrag (rote Linie) mit $408 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ etwas über dem Niveau des prognostizierten Simulationswerts (blau schraffierte Fläche) mit $403 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

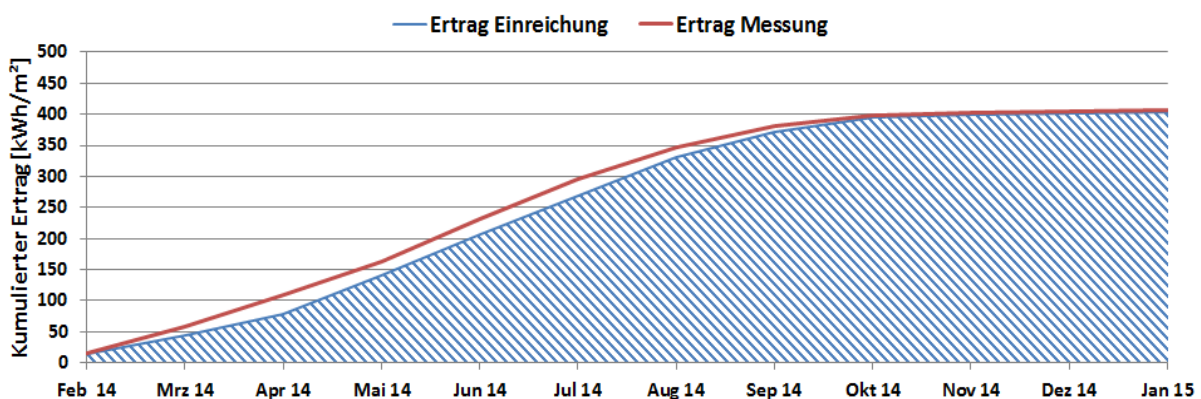


Abbildung 344: Vergleich des gemessenen spezifischen Solarertrags mit dem prognostizierten Wert für die Anlage „Fleischwaren Berger“ (Februar 2014 bis Januar 2015)

Abbildung 345 zeigt die monatlich prognostizierten (blaue Balken) sowie die monatlich gemessenen solaren Deckungsgrade (rote Balken) der Anlage „Fleischwaren Berger“. Für den gesamten Betrachtungszeitraum wurde laut Einreichung ein solarer Deckungsgrad von rund 3,5% erwartet. Der gemessene solare Deckungsgrad deckt sich nach Beendigung des einjährigen Betrachtungszeitraums gut mit dem erwarteten Prognosewert.

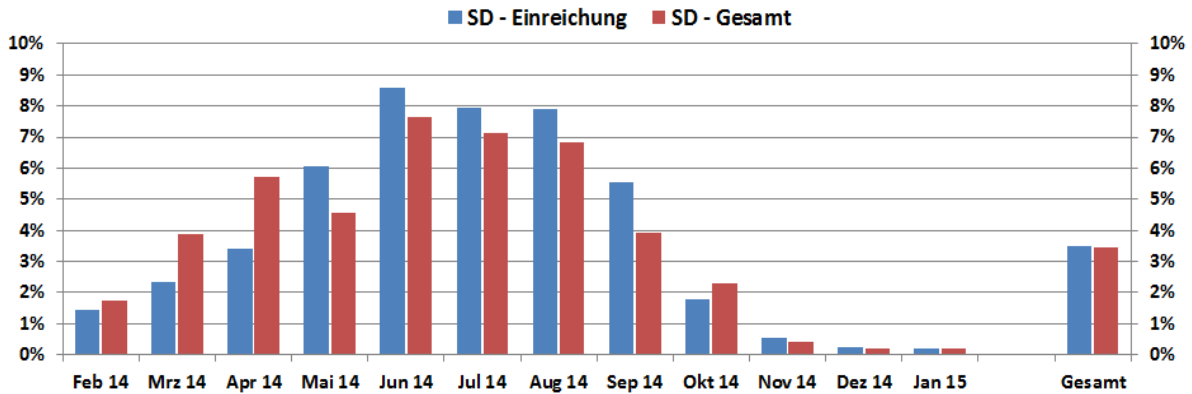


Abbildung 345: Vergleich des gemessenen solaren Deckungsgrades mit dem Simulationswert für die Anlage „Fleischwaren Berger“ (Februar 2014 bis Januar 2015)

Abbildung 346 zeigt einen Vergleich des zum Zeitraum der Einreichung in der Produktion der Anlage „Fleischwaren Berger“ berücksichtigten Wärmeverbrauchs (blau schraffiert) mit dem tatsächlich nachgefragten Verbrauch (rote Linie). Wie in der Abbildung erkennbar, liegt der gemessene Gesamtwärmeverbrauch am Ende des Betrachtungszeitraums nur geringfügig unter dem Prognosewert.

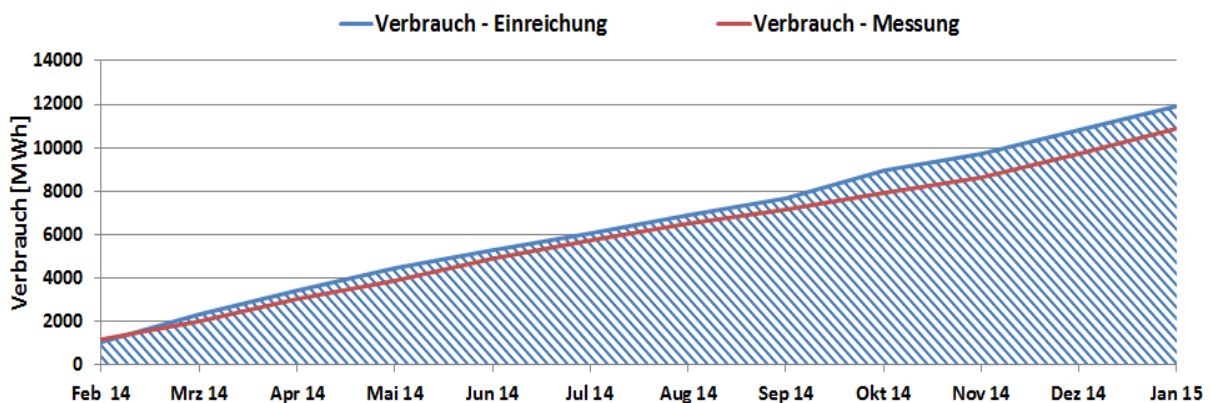


Abbildung 346: Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit dem prognostizierten Verbrauch für die Anlage „Fleischwaren Berger“ (Februar 2014 bis Januar 2015)

7.22.5 Detailbetrachtung und Optimierungspotenziale

Im Folgenden werden einzelne Kreisläufe der Anlage „Fleischwaren Berger“ analysiert, beschrieben und es wird auf einzelne Komponenten und Besonderheiten bei der Anlagenregelung eingegangen.

Abbildung 347, linke Darstellung, zeigt hierzu eine Detailbetrachtung des Solarsystems an einem wolkenlosen Tag im Juli 2014 (4. Juli). Die dargestellten Messergebnisse zeigen dabei einen durchwegs zufriedenstellenden Betrieb. Die solarthermische Anlage schaltet um ca. 8:00 Uhr ein und speist bis ca. 17:30 Uhr solarthermische Energie in den Energiespeicher ein. Auffälligkeiten an der Betriebsweise zeigten sich jedoch insbesondere an Tagen mit verringerter Einstrahlungsleistung (bspw. in den Wintermonaten). Beispielhaft für das Verhalten des Solarkreises an einem Wintertag (19.12.2014) ist der Tagestemperaturverlauf inkl. Volumenstrom und Globalstrahlung in Abbildung 347, rechte Darstellung, angeführt. So sind bei der Betrachtung der Tagestemperaturverläufe geringfügige Schwankungen der Vorlauftemperatur als auch des Volumenstroms erkennbar. Laut Auskunft des Betreibers bzw. den verantwortlichen Personen ist das Verhalten bekannt und auf Probleme bei der eingesetzten PI-Regelung zurückzuführen. Nach der Inbetriebnahme und bereits vor dem Start des einjährigen

Begleitforschungszeitraums wurden dementsprechend Anpassungen durchgeführt. So wurde um die Totzeit- als auch Ausgleichszeit zu verringern und eine höhere Temperaturstabilität zu erreichen, der für das Einschalten der Solarpumpe verwendete Temperaturfühler im Primärkreis, am Solarwärmetauscher, durch den Mittelwert der Kollektortemperaturen aller Teilfelder ersetzt. Wie in Abbildung 347, linke Darstellung, ersichtlich konnte durch diese Maßnahme das Problem fast zur Gänze behoben werden. Das verbleibende Optimierungspotential, an Tagen mit verringerter Einstrahlungsleistung (vgl. Abbildung 347, rechte Darstellung), ist dem Betreiber bekannt. Eine Anpassung vor dem Ende der einjährigen Monitoringphase konnte von Seiten des Betreibers nicht mehr erreicht werden.

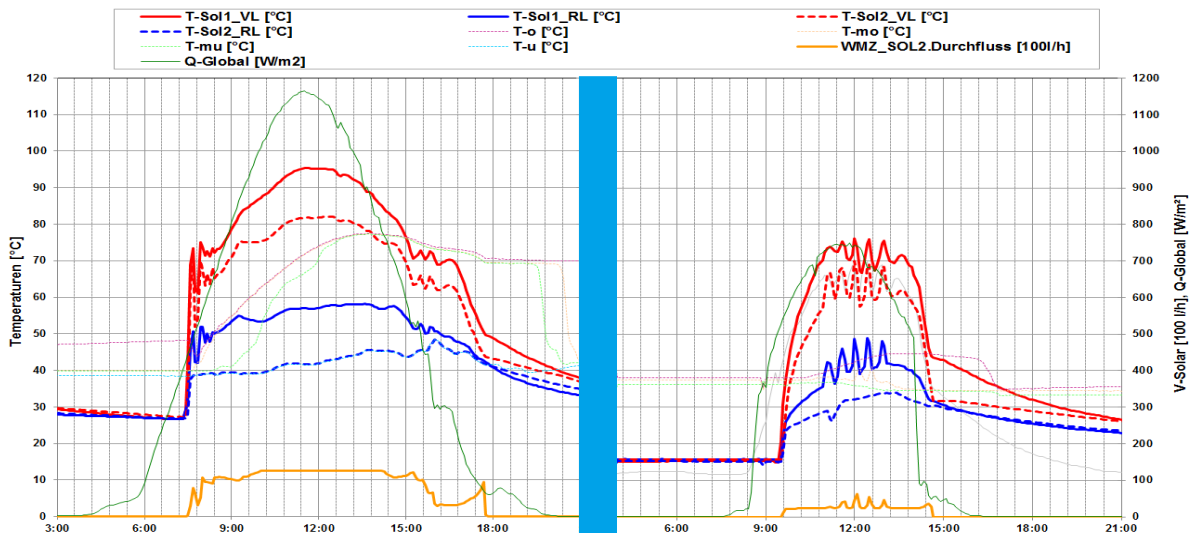


Abbildung 347: Beispielhafter Temperaturverlauf im Primär- und Sekundärkreis des Solarsystems zuzüglich des Verlaufs der Globalstrahlung, des Volumenstroms und der Pufferspeichertemperaturen (04.07.2014, linke Darstellung; 19.12.2014, rechte Darstellung)

Wie bereits einführend beschrieben, wird die solarthermische Energie einerseits zur Brauchwasserbereitung und andererseits zur Unterstützung für die Kesselspeisewasservorwärmung zweier Dampfkessel herangezogen. Die monatlichen als auch jährlichen kumulierten solaren Einträge nach dem Pufferspeicher gemessen für die Brauchwasserbereitung und für die Kesselspeisewasservorwärmung sind in Abbildung 348, obere Darstellung, angeführt. Die untere Darstellung der Abbildung 348 zeigt den solaren Anteil, dargestellt als solarer Deckungsgrad, am jeweiligen Gesamtenergieverbrauch der einzelnen Verbraucherstränge. Deutlich erkennbar wurden im Betrachtungszeitraum 83 %, rund 314 MWh, des gesamten solaren Ertrags für die Warmwasserbereitung eingesetzt. Der jährliche solare Anteil am gesamten Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung beträgt 34 %, wobei speziell in den Sommermonaten solare Deckungsgrade von rund 60 % erreicht werden konnten. Für die Vorwärmung des Kesselspeisewassers wurden 64 MWh herangezogen. Dies stellt rund 0,7 % des gesamten Energiebedarfs für die Dampferzeugung dar.

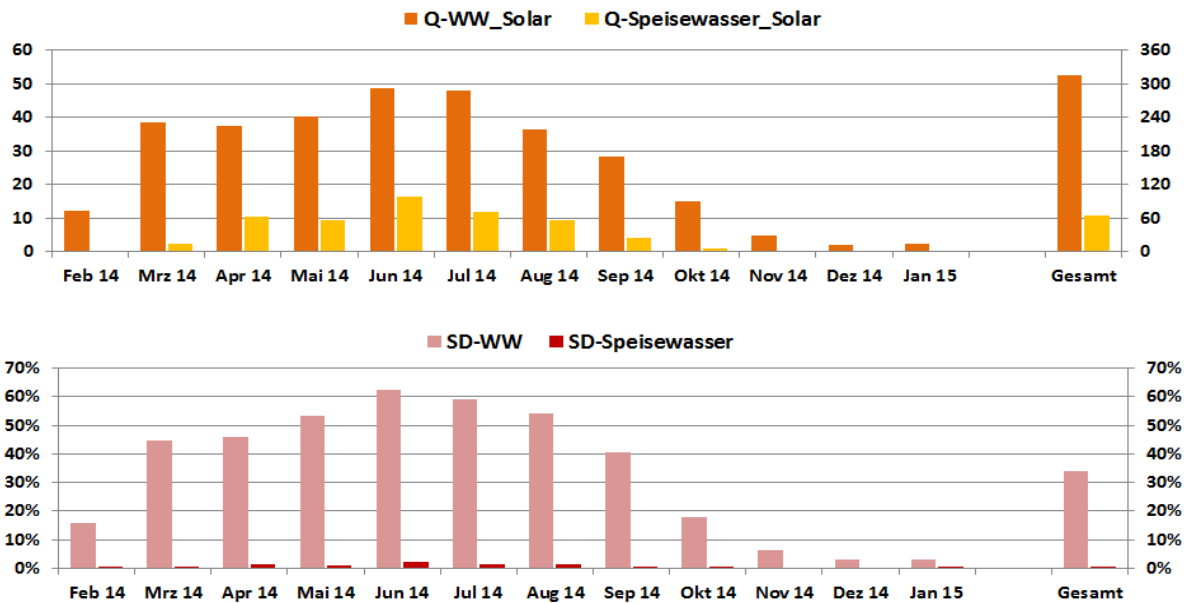


Abbildung 348: Darstellung der jeweils eingesetzten solaren Erträge (obere Darstellung) sowie des solaren Anteils am jeweiligen Wärmebedarf (untere Darstellung) für die Brauchwasserbereitung als auch für die Kesselspeisewasservorwärmung

Eine Beschreibung der Betriebsweise der Brauchwasserbereitung und der Kesselspeisewasservorwärmung werden anhand von beispielhaften Tages temperaturverläufen durch folgende Abbildung 349 bis Abbildung 351 verdeutlicht.

In Abbildung 349 ist der solare Nachheizungskreis der Kesselspeisewasservorwärmung beispielhaft für den 17.09.2014 dargestellt. Das Regelkriterium sieht vor, dass die solare Nachheizung ab einem verfügbaren Temperaturniveau von 65 °C in Betrieb genommen wird. Am 17.09.2014 ist dieses Anforderungskriterium, erkennbar an der Pufferspeichertemperatur im obersten Bereich (T-o), ab ca. 11:00 gegeben. Die solare Nachheizung ist in Folge rund 9 Stunden in Betrieb und wird dann um ca. 20:00 wieder, nach dem Absinken der Pufferspeicher-Ober-Temperatur auf rund 45 °C, außer Betrieb genommen. Die Schwankungen im Tagesverlauf, erkennbar am Volumenstrom als auch an der Rücklauftemperatur, ergeben sich aus der Beladepcharakteristik des Speisewasserkessels. Nach Rücksprache mit dem Betreiber ist für den Frühjahr 2015 eine Anpassung bei der Regelung der solaren Kesselspeisewasservorwärmung vorgesehen. Um auch tiefere Temperaturen aus dem Speicher nutzen zu können wird die Inbetriebnahme nicht mehr über ein fixes Temperaturniveau (aktuell 65°C) geregelt werden. Die Einbindung erfolgt dann in Abhängigkeit der vorhandenen Rücklauftemperatur des Kesselspeisewasserkreises und dem zur Verfügung stehenden Temperaturniveau in dem Pufferspeicher.

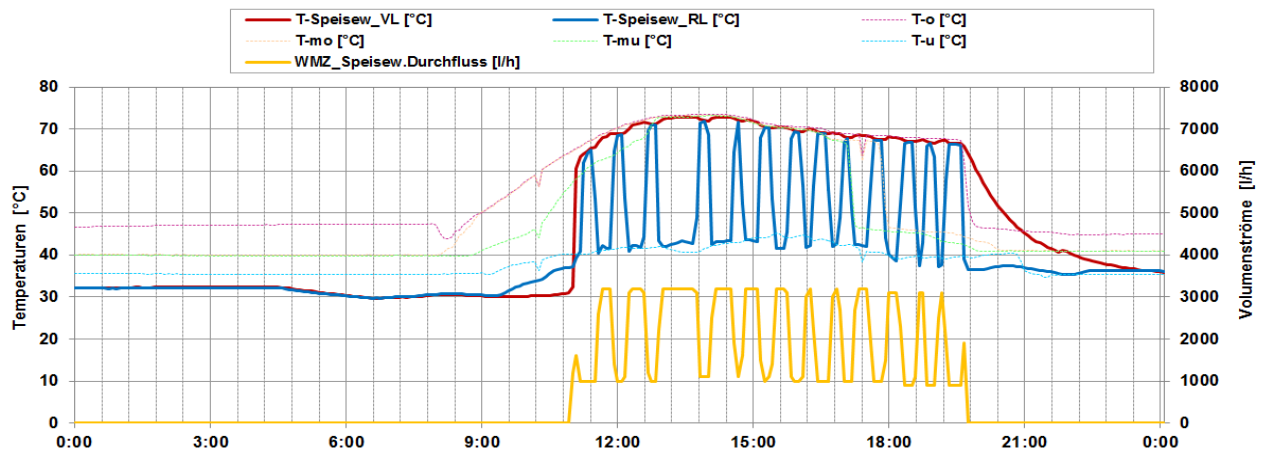


Abbildung 349: Beispielhafter Temperaturverlauf der solaren Kesselspeisewasservorwärmung zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen und des Volumenstroms (17.09.2014)

Die Betriebsweise der Brauchwasserbereitung der Anlage Fleischwaren Berger zeigen folgende Abbildung 350 und Abbildung 351. Abbildung 350 zeigt die einzelnen Vorwärmungsstufen der Brauchwasserbereitung am 17.09.2014. Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Vorwärmungsstufen sind dabei deutlich erkennbar. Das aufbereitete Wasser wird in einem ersten Schritt durch die WRG der Kälteanlagen auf ein rund 5 K höheres Temperaturniveau gehoben. In einer zweiten Stufe wird, in Abhängigkeit des verfügbaren Temperaturniveaus im Speicher, solarthermische Wärme herangezogen und das bereits durch die WRG vorerwärmte Frischwasser weiter erwärmt. In einem letzten Schritt wird dann das Frischwasser mittels ND-Netz auf die abschließende Warmwassertemperatur erhöht und in einem 7 m³ großen Speicher eingebracht. Das Temperaturniveau aus diesem Speicher, hin zur Produktion, betrug im Betrachtungszeitraum im Mittel rund 53 °C.

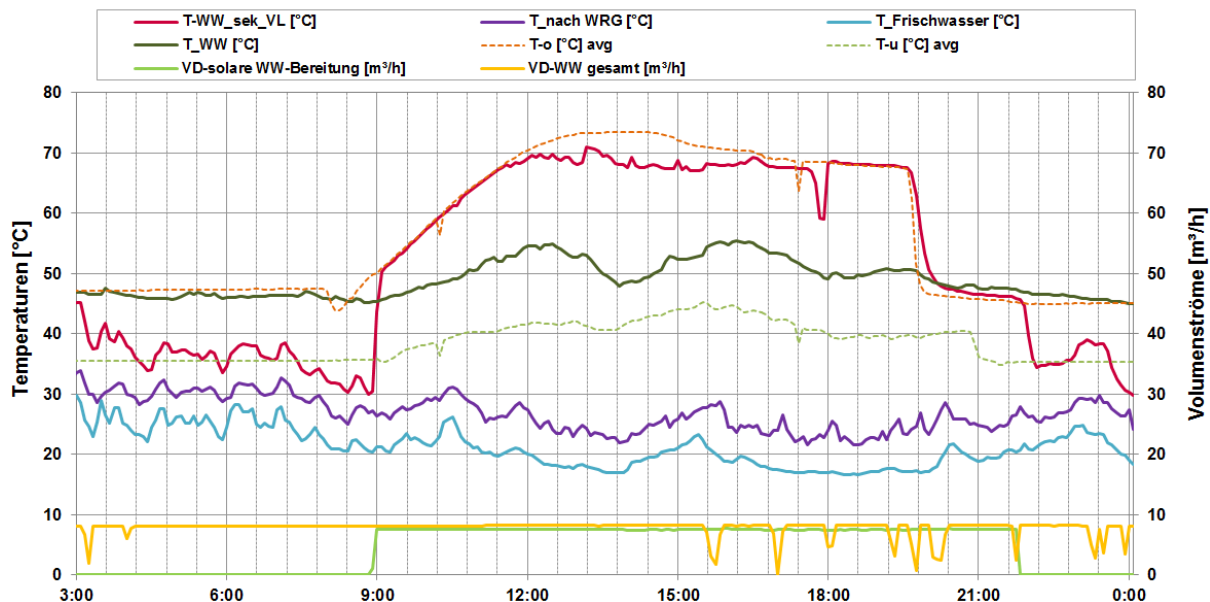


Abbildung 350: Beispielhafter Temperaturverlauf der Warmwasserbereitungsstufen zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen und der Volumenströme (17.09.2014)

Die Regelung der solarthermischen Warmwasservorwärmungsstufe wurde im Laufe des Begleitforschungszeitraums abgeändert. Wie in der Abbildung 350 erkennbar, musste vor der Anpassung eine Mindesttemperatur von 50 °C im Speicher vorhanden sein, um die solare Warmwasservorwärmung einbinden zu können. Am 17.09.2014 war dies um

9:00 Uhr der Fall. Die Regelung wurde dann im Herbst 2014 dahingehend abgeändert, als das auch niedrigere Temperaturniveaus (größer 40 °C) für die Einbindung in die Brauchwasserbereitung herangezogen werden konnten. Durch die Abänderung war es in Folge möglich, auch solare generierte Wärme auf einen niedrigeren Temperaturniveau zu verwenden und die solaren Erträge sollten durch diese Anpassung künftig gesteigert werden können. Beispielhaft hierfür ist in Abbildung 351 der Warmwasserbereitungskreis an einem Wintertag (19.12.2014) mit deutlich geringeren Pufferspeichertemperaturen dargestellt. Gut erkennbar startet die Einbindung der solaren Wärme bei einer Pufferspeichertemperatur von 40 °C um ca. 11:00 Uhr und endet nach rund 6 Stunden um 17:00 Uhr.

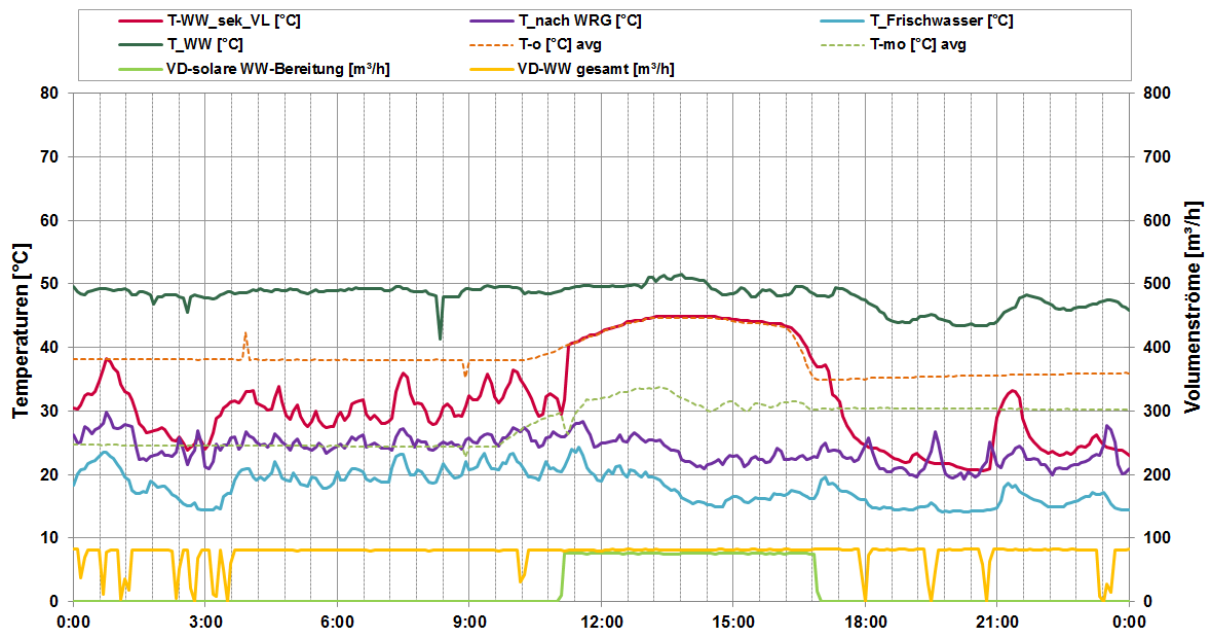


Abbildung 351: Beispielhafter Temperaturverlauf der Warmwasserbereitungsstufen zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen und der Volumenströme (19.12.2014)

7.22.6 Anlagen Status Quo

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Anlage „Fleischwaren Berger“ im Betrachtungszeitraum ein solides Betriebsverhalten zeigte und zufriedenstellende solare Erträge lieferte. Vereinzelt Optimisierungspotential im Betrieb bzw. in der Regelung der solarthermischen Anlage konnte bereits vor dem Start der Monitoringphase detektiert und behoben werden (Erreichung einer höheren Temperaturstabilität im Solarkreis).

Weiters wurde eine defekte Pumpe im Bereich der solaren Speisewasservorwärmung ausgewechselt und Anpassungen bei der Einbindung der solaren Wärme in den Warmwasserbereitungsprozess (Reduzierung des geforderten Einspeisetemperaturniveaus) durchgeführt. Durch die Reduzierung der geforderten minimalen Einspeisetemperatur wurde es möglich, auch solarthermische Wärme auf einem tieferen Temperaturniveau in den Warmwasserbereitungsprozess einspeisen zu können. Des Weiteren wurden laut Auskunft des Betreibers vergleichbare Anpassungen (Reduzierung des geforderten Einspeisetemperaturniveaus) im Bereich der Kesselspeisewasservorwärmung nach dem Ende der einjährigen Monitoringphase umgesetzt.

Zusammenfassend kann die Einbindung solarer Wärme zur Unterstützung der Verarbeitung von Frischfleisch zu Schinken und Wurstprodukten als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden. Nach Angaben des Betreibers ist zudem künftig eine Vergrößerung der solarthermischen Anlage geplant.