

7.10 Hotel Metbräu, Stmk.

7.10.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Hotel Metbräu
<u>Adresse:</u>	8200 Brodersdorf
<u>Art der Anwendung:</u>	Solarunterstützte Klimatisierung (Kühlung, Warmwasserbereitung und Raumheizung)
<u>Verbraucher:</u>	Kühlung und Raumheizung Gästezimmer, Gruppenschlafräume
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	102 m ² , Flachkollektor
<u>Energiespeichervolumen:</u>	3 x 2 m ³
<u>Nachheizungssystem:</u>	Stückholzkessel 80 kW, seit Jänner 2013 Anschluss an ein Nahwärmenetz (Hackgutkessel 150 kW)
<u>Kältemaschine:</u>	Absorptionskältemaschine 19 kW
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	keine Prognose vorhanden
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	382 kWh/m ² a (Messung bezogen auf die Apertur- fläche)
<u>Projektstatus:</u>	Monitoringphase beendet mit Mai 2013
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Die „Metbräu GmbH“ betreibt auf Ihrem Firmensitz in Brodersdorf einen Gastronomiebetrieb inklusive Nächtigungsmöglichkeiten. Der Betreiber der „Metbräu GmbH“ braut und vermarktet Bier selbst und zu diesem Zweck wurde vor einigen Jahren eine 25 m² große Solaranlage errichtet und in den Brauprozess integriert. Im Zusammenhang mit einer Vergrößerung des Küchenbetriebs sowie der Neuerrichtung von Gästezimmern und zwei Gruppenschlafräumen wurde nach einem Konzept gesucht, welches die wirtschaftliche Nutzung einer solarthermischen Anlage für die Warmwasserbereitung, für den Heizbetrieb aber auch für die Kühlung zulässt. Auf Basis dieser Erfordernisse wurde eine solarthermische Anlage mit einer Kollektorfläche von insgesamt 102 m², verteilt auf zwei Kollektorflächen zu 70 m² und 32 m², auf den Dächern des Betriebs installiert (siehe Abbildung 123). Für die solarthermische Kühlung wurde eine 19 kW Absorptionskältemaschine der Fa. Pink (Pink Chiller PC19) in Betrieb genommen.

Bedingt durch die leichte Bauweise und der prognostizierten großen Anzahl an Personen in den Sommermonaten wurde mit einer Überhitzung der neu errichteten Gruppenschlafräume im Dachgeschoß gerechnet. Um dem entgegenzuwirken, wurde eine Raumkonditionierung vorgesehen. Sollten die Gruppenschlafräume nicht belegt sein bzw. steht genügend Energie zur Verfügung, können auch die Gästezimmer bzw. auch die Gasträume konditioniert werden. Als notwendiges Backup System dient ein 80 kW Stückholzkessel bzw. ein mit Jänner 2013 zusätzlich installierter 150 kW Hackgutkessel. Sowohl die Wärme- als auch die Kälteabgabe erfolgt in den neu errichteten Räumen über die Fußböden.



Abbildung 123: Ansicht des 70 m² umfassenden Kollektorfelds am Dach der Anlage „Hotel Metbräu“, Bildquelle: www.steirischesprung.at

7.10.2 Hydraulik- und Messkonzept

Abbildung 124 zeigt das Hydraulik- und Messkonzept der Anlage „Metbräu“. Die von der Kollektorfläche 1 (70 m² Bruttokollektorfläche) gewonnene Solarenergie wird in zwei parallel miteinander verbundene Pufferspeicher eingespeist. Die Pufferspeicher 1 und 2 verfügen jeweils über ein Speichervolumen von 2.000 Liter. Aus diesen beiden Speichern erfolgt die Versorgung der neu errichteten Räumlichkeiten mit Wärme und Kälte. Die zweite solarthermische Anlage (Kollektorfläche 2, 30 m² Bruttokollektorfläche) speist in einen Bestandsspeicher (Pufferspeicher 3), aus diesem die Wärmeversorgung für den Gebäudebestand erfolgt. Als Zusatzheizung dient ein Holzvergaserkessel (speist in Pufferspeicher 3) bzw. ein im Jänner 2013 neu errichteter Hackgutkessel (speist in Pufferspeicher 1 und 2). Eine Verbindungsleitung zwischen Neubau und Gebäudebestand macht einen Ausgleich von Wärmeflüssen möglich. Die für den Antrieb der Absorptionskältemaschine notwendige Wärmeenergie wird aus den Pufferspeichern 1 und 2 entnommen. Über einen der Absorptionskältemaschine nachgeschalteten Kältespeicher werden die verschiedenen Fußbodenkreise versorgt. Im Heizbetrieb betragen die Auslegungstemperaturen für den Vor- bzw. Rücklauf 39 °C bzw. 32 °C, im Kühlfall 17 °C bzw. 20 °C. Die Warmwasserbereitung erfolgt im Gebäudebestand über einen 300 Liter großen Trinkwasserspeicher. Im Neubautrakt wurden zwei Frischwassermodule installiert.

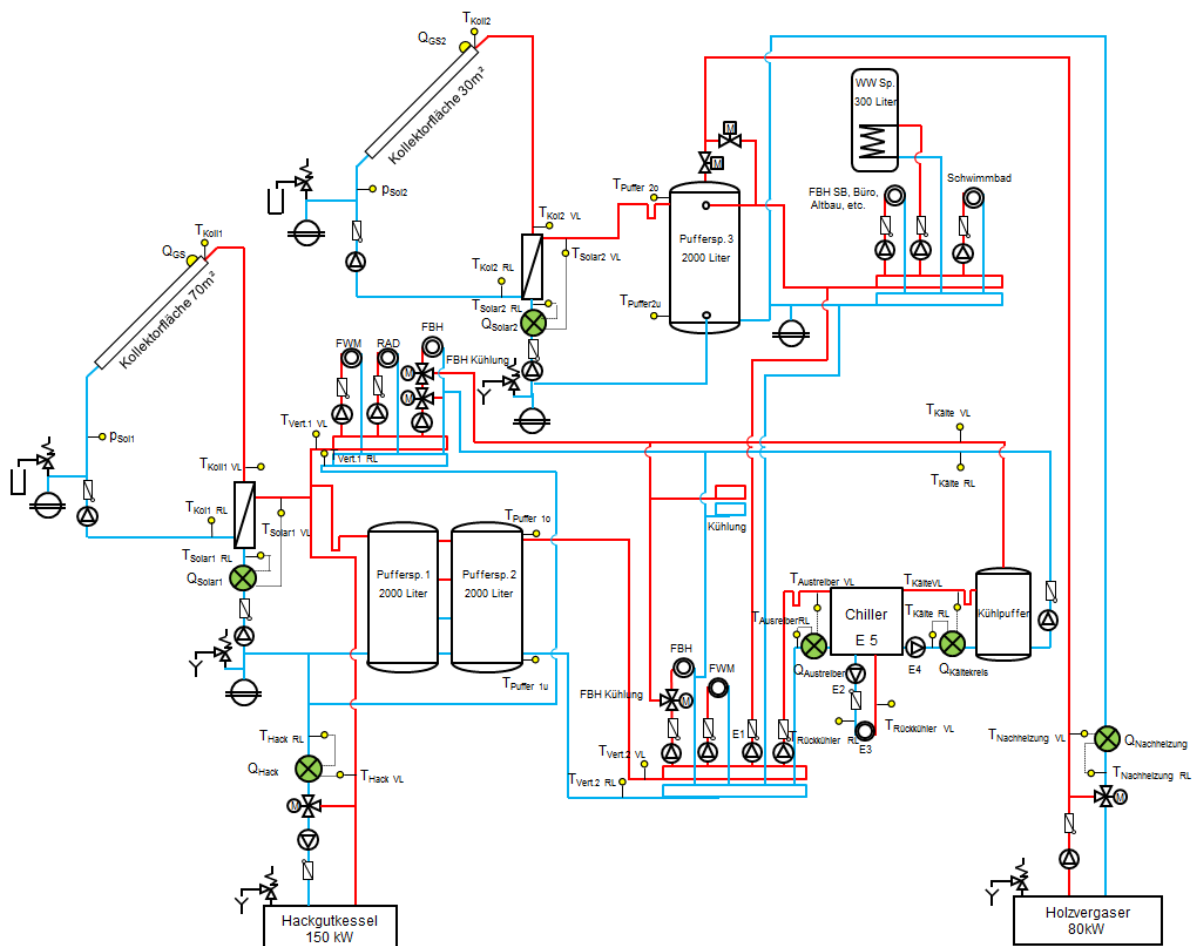


Abbildung 124: Hydraulik- und Messkonzept der Anlage „Hotel Metbräu“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren)

Das Monitoringkonzept sieht für beide Kollektorfelder jeweils einen Globalstrahlungssensor, einen Kollektortemperaturfühler und für die primären Solarkreise Temperaturfühler für den Vorlauf und Rücklauf vor. Weiters wurden zur Ermittlung der eingebrachten Wärmemengen drei Wärmemengenzähler, im Solarkreis 1 und im Solarkreis 2 sowie im

Nachheizungskreis des Holzvergasers, installiert. Da der Betreiber in der unmittelbaren Nachbarschaft eine Heizzentrale in Verbindung mit einem kleinen Nahwärmenetz errichtet hat, fiel die Entscheidung, auch die Wärmeversorgungsanlage im Hotel Met Bräu anzuschließen. Der Hackgutkessel und das Nahwärmenetz gingen im Jänner 2013 in Betrieb. Die Installation eines Wärmemengenzählers im Kreislauf des Hackgutkessels wurde mit März 2013 umgesetzt.

Alle installierten Wärmemengenzähler messen und zeichnen zusätzlich zu den Wärmemengen, den Durchfluss sowie die jeweiligen Vor- und Rücklauftemperaturen auf. Für das Monitoring der solarthermischen Kühlung wurden Wärmemengenzähler im Austreiberkreis und im Kühlkreis sowie Stromzähler für die Kälteanlage, den Kühlturm und für die Pumpen des Austreiber-, Kälte- und Rückkühlkreises angebracht.

Laut Monitoringleitfaden des gegenständlichen Förderprogramms ist bei Anlagen zum solarthermischen Kühlen eine Messung der Verbraucherkreisläufe nicht vorgesehen. Dafür aber sehr wohl eine genauere Analyse der Betriebsweise der Kältemaschine.

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis 70 m² und Pufferspeicher 1 und 2

Q _{GS}	Globalstrahlungssensor
T _{Koll1}	Kollektortemperatur
p _{sol}	Drucksensor Solarkreis
T _{Kol1 VL}	Solarvorlauftemperatur Primärkreis
T _{Kol1 RL}	Solarrücklauftemperatur Primärkreis
T _{Sol1 VL}	Solarvorlauftemperatur Sekundärkreis
T _{Sol1 RL}	Solarrücklauftemperatur Sekundärkreis
Q _{Solar1}	Wärmemengenzähler Solar
T _{Puffer1 o}	Pufferspeichertemperatur Oben
T _{Puffer 1 u}	Pufferspeichertemperatur Unten

Solarkreis 30 m² und Speicher 3

Q _{GS2}	Globalstrahlungssensor
T _{Koll2}	Kollektortemperatur
p _{sol}	Drucksensor Solarkreis
T _{Kol2 VL}	Solarvorlauftemperatur Primärkreis
T _{Kol2 RL}	Solarrücklauftemperatur Primärkreis
T _{Sol2 VL}	Solarvorlauftemperatur Sekundärkreis
T _{Sol2 RL}	Solarrücklauftemperatur Sekundärkreis
Q _{Solar2}	Wärmemengenzähler Solar
T _{Puffer2 o}	Pufferspeichertemperatur Oben
T _{Puffer2 u}	Pufferspeichertemperatur Unten

Kältekreis

T _{Austreiber VL}	Austreiberkreis-Vorlauftemperatur
T _{Austreiber RL}	Austreiberkreis-Rücklauftemperatur
Q _{Austreiber}	Wärmemengenzähler Austreiberkreis
T _{Kältekreis VL}	Kältekreis-Vorlauftemperatur
T _{Kältekreis RL}	Kältekreis-Rücklauftemperatur
Q _{Kälte}	Wärmemengenzähler Kältekreis
T _{Rückkühler VL}	Kühlturm-Vorlauftemperatur
T _{Rückkühler RL}	Kühlturm-Rücklauftemperatur
E _{PU-Austreiber}	Stromzähler Austreiber-Pumpe
E _{PU-Rückkühler}	Stromzähler Rückkühler-Pumpe
E _{PU-Kältekreis}	Stromzähler Kältekreis-Pumpe
E _{Kältemaschine}	Stromzähler Kältemaschine

Nachheizung

T _{Nachheizung VL}	Vorlauftemperatur Nachheizung Holzvergaser
T _{Nachheizung RL}	Rücklauftemperatur Nachheizung Holzvergaser
Q _{Nachheizung}	Wärmemengenzähler Nachheizung Holzvergaser
T _{Hack VL}	Vorlauftemperatur Nachheizung Hackgutkessel
T _{Hack RL}	Rücklauftemperatur Nachheizung Hackgutkessel
Q _{Hack}	Wärmemengenzähler Nachheizung Hackgutkessel

Verteilerkreis

T _{Kälte VL}	Kühlverteilerkreis-Vorlauftemperatur
T _{Kälte RL}	Kühlverteilerkreis-Rücklauftemperatur
T _{Vert 2 VL}	Verteilerkreis-2-Vorlauftemperatur
T _{Vert 2 RL}	Verteilerkreis-2-Rücklauftemperatur
T _{Vert 1 VL}	Verteilerkreis-1-Vorlauftemperatur
T _{Vert 1 RL}	Verteilerkreis-1-Rücklauftemperatur

7.10.3 Energiebilanz

Abbildung 125 zeigt einerseits alle monatlichen Wärmeinputs in das Wärmeversorgungssystem sowie andererseits die Wärmebilanz über die Kältemaschine (Wärme an Austreiberkreis, Kälte an Kältespeicher). Der Wärmeeintrag findet zum einen über die beiden Kollektorfelder (gelb), über den Holzvergaserkessel (grün) als auch seit März 2013 über die Nachheizung mittels Hackgutkessel (grau) statt. Die aus dem Pufferspeicher entnommene Wärme für den Austreiberkreis ist violett und die mittels der Absorptionskältemaschine erzeugte Kälte ist blau dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich im Hotel Met Bräu die Zeiten mit Kühlbedarf auf die Monate Mai bis Oktober beschränkten.

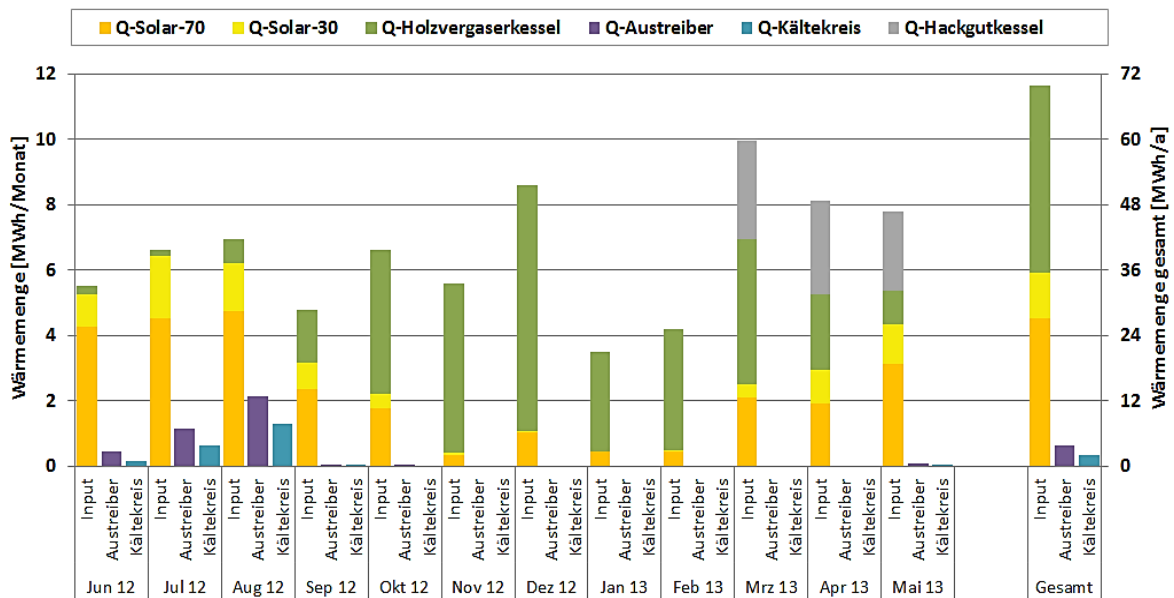


Abbildung 125: Energiebilanz der Anlage „Hotel Metbräu“ (Juni 2012 bis Mai 2013)

Kann der Wärmebedarf im Jahr 2012, in den Monaten Juni, Juli, August und September überwiegend durch die beiden Solarsysteme abgedeckt werden, so steigt der Anteil des Wärmeeintrags durch den Stückholzkessel in den Monaten Oktober, November und Dezember stark an. Das dieser in den Monaten Jänner und Februar 2013 wieder fällt liegt daran, dass ein weiterer, ursprünglich nicht vorgesehener Wärmeerzeuger (ein Anschluss an ein Nahwärmenetz mit Hackgutkessel) mit Jänner 2013 in Betrieb genommen wurde. Hintergrund ist, dass der Betreiber in der unmittelbaren Nachbarschaft eine Heizzentrale

in Verbindung mit einem kleinen Nahwärmenetz errichtet und dabei auch den Anschluss des Hotel Metbräu entschieden hat. Nach Rücksprache mit dem Betreiber wurde mit Anfang März 2013 ein Wärmemengenzähler im Kreislauf des neu errichteten Nahwärmenetzes installiert und die fehlenden Anteile konnten ab diesem Zeitpunkt berücksichtigt werden.

7.10.4 Vergleich Simulation - Messwerte

Zur Beurteilung des Solarertrags, bezogen auf die Aperturfläche, wird, wie in Abbildung 126 dargestellt, ein Vergleich des gemessenen solaren Ertrags mit dem bei der Einreichung angenommenen Solarertrag durchgeführt. Die Ergebnisse der Simulation prognostizierten einen kumulierten Jahressolarertrag von 420 kWh/m² (bezogen auf die Aperturfläche). Bis Oktober 2012 lag der gemessene solare Ertrag der Anlage „Metbräu“, rote Linie, deutlich über den prognostizierten Wert (blau unterlegte Fläche). Ab November 2012 nähert sich der gemessene Solarertrag an den Prognosewert an bzw. unterschreitet diesen sogar knapp. In den abschließenden vier Monaten (ab Februar 2013) zeigt sich ein annähernd analoger Verlauf des gemessenen Solarertrags mit dem prognostizierten Simulationsertrag und nach Beendigung der einjährigen Monitoringphase liegt der Messwert mit 382 kWh/m² geringfügig unter dem Prognosewert.

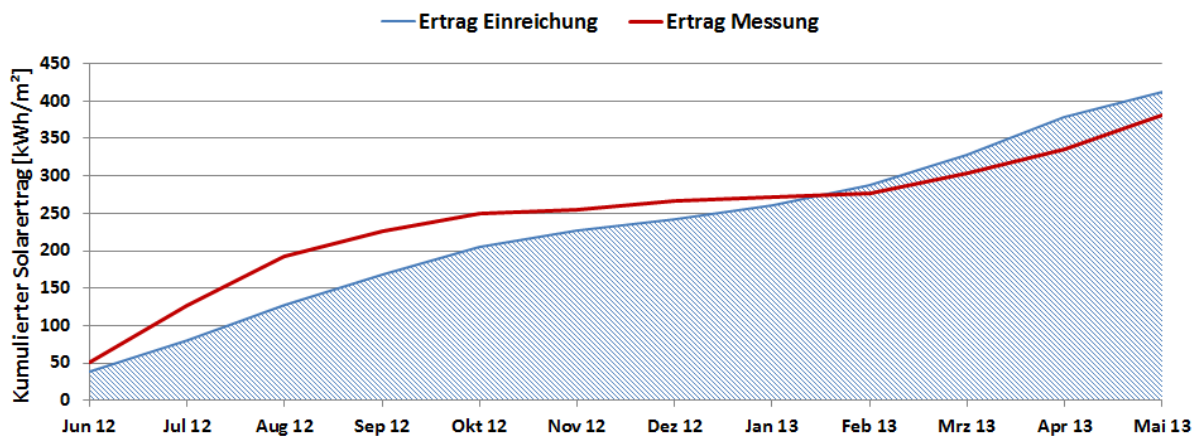


Abbildung 126: Vergleich des gemessenen spezifischen Solarertrags mit dem Simulationsertrag für die Anlage „Hotel Metbräu“ (Juni 2012 bis Mai 2013)

Aufgrund von fehlenden Prognosewerten aus der Einreichphase konnte kein theoretischer Verlauf des solaren Deckungsgrades über die einjährige Monitoringphase dargestellt werden. Der gemessene solare Deckungsgrad (Solarinput/Gesamtwärmeinput) für den Zeitraum von Juni 2012 bis Mai 2013 ist in Abbildung 127 ersichtlich. Berücksichtigt muss dabei werden, dass die Ergebnisse für Jänner 2013 und Februar 2013 nicht ermittelt werden konnten da die Wärmeeinträge aus dem Nahwärmenetz (Hackgutkessel) in diesem Zeitraum nicht erfasst wurden.

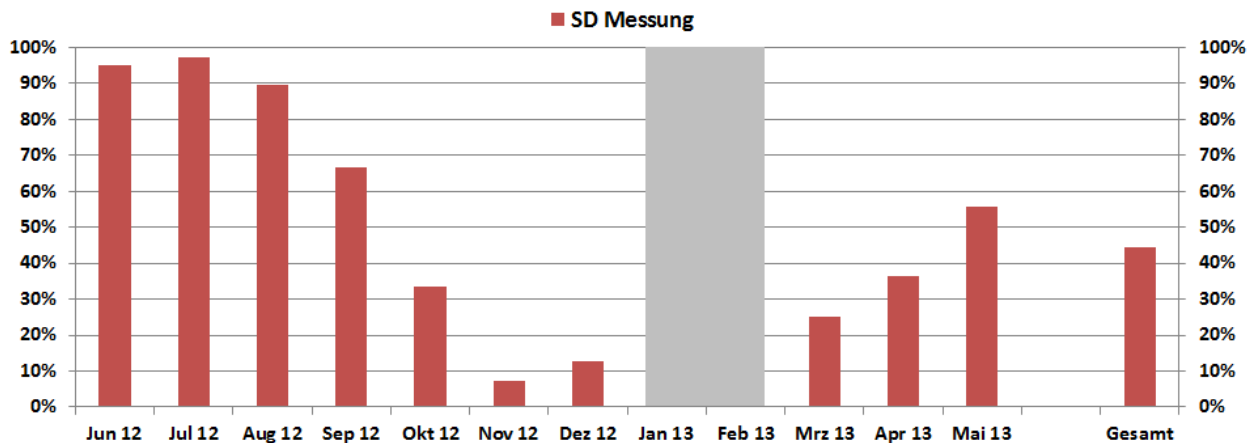


Abbildung 127: Verlauf des gemessenen solaren Deckungsgrades für die Anlage „Hotel Metbräu“. Ergebnisse für Jänner 2013 und Februar 2013 nicht ermittelt da die Wärmeeinträge aus dem Nahwärmenetz (Hackgutkessel) in diesem Zeitraum nicht erfasst wurden (Juni 2012 bis Mai 2013)

Zur Bewertung der Effizienz der Kältemaschine, wird für Anlagen im Anwendungsbereich „Solare Kühlung“ (eigene Kategorie Förderprogramm des Klima- und Energiefonds) der thermische als auch der elektrische „Coefficient of performance“ (COP) ermittelt. Der thermische COP einer Absorptionskältemaschine ist über den Quotient der Kälteleistung am Verdampfer zur Heizleistung am Austreiber definiert. Der elektrische COP gibt das Verhältnis der von der Absorptionskältemaschine abgegebenen Kälteenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie an. Die elektrische Energie beinhaltet die Summe der Stromverbraucher der Kältemaschine, des Kühlturms sowie den Strombedarf durch den Betrieb von Pumpen im Austreiberkreis, im Rückkühlerkreis und im Kältekreis. Als Qualitäts-Benchmark wurden in der Ausschreibung zum Förderprogramm des Klima- und Energiefonds elektrische COPs größer 5 bzw. thermische COPs größer 0,6 definiert.

Die für die Anlage „Metbräu“ ermittelten elektrischen COPs liegen in den Monaten mit erhöhtem Kühlbedarf (Juni 2012 bis August 2012) zwischen 1,05 und 2,65. Die thermischen COPs, im gleichen Betrachtungszeitraum, betragen zwischen 0,34 und 0,58. Diese ermittelten Werte müssen als wenig zufriedenstellend gesehen werden und zeigten im Vergleich zu den Benchmarks deutliches Verbesserungspotenzial.

Der wesentliche Grund für den sehr niedrigen elektrischen COP lag in der vorherrschenden Regelung des thermischen Kühlsystems. Der Betreiber schaltete rein subjektiv und ungeachtet von Temperaturverhältnissen im System die Kältemaschine manuell ein bzw. aus. Dies führte häufig zu Betriebspunkten, in denen z.B. im Pufferspeicher (Speicher 1 und 2) keine ausreichenden Temperaturen (manchmal wurde die Anlage bei 50 bis 60°C betrieben) für den Betrieb der Absorptionsmaschine vorherrschte. Der Betreiber wurde mehrfach auf die Notwendigkeit einer automatisierten Regelung hingewiesen und schlussendlich konnte diese mit Mai 2013 eingebaut werden. Die positiven Auswirkungen der automatisierten Regelung auf den thermischen und elektrischen COP sind aufgrund des zeitnahen Einbaus am Ende der einjährigen Monitoringphase in der Monatsauswertung der COPs (siehe Abbildung 128) messtechnisch nur bedingt erkennbar. Bei der Betrachtung einzelner Tage sind jedoch deutliche Verbesserungen in der Betriebsweise (siehe Abbildung 132) und bei den ermittelten COPs ersichtlich. Der elektrische COP liegt in nach der Beendigung des einjährigen Betrachtungszeitraums im Juli 2013 bei rund 4,8 bzw. der thermische COP bei 0,6 und damit deutlich über den Werten welche vor der Inbetriebnahme der automatisierten Regelung ermittelt werden konnten.

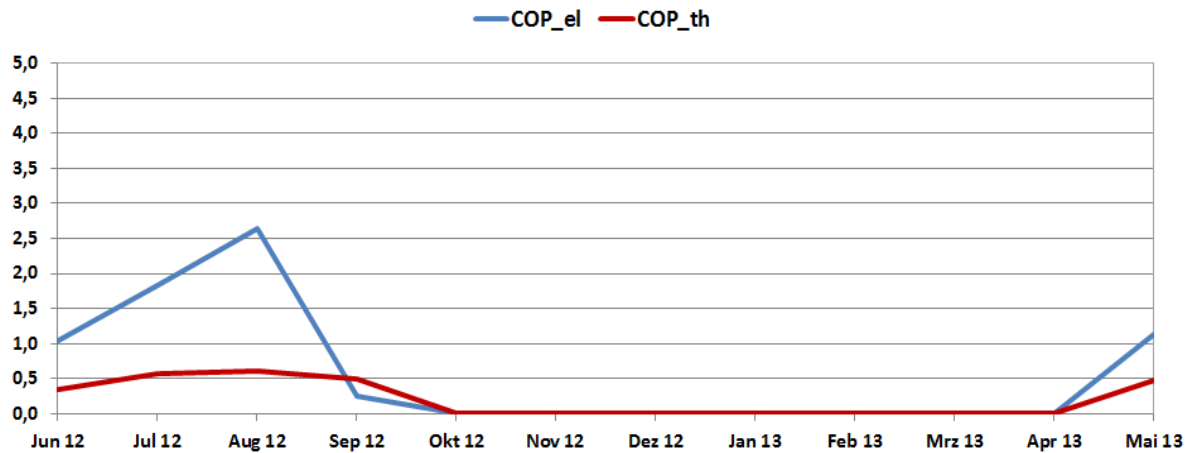


Abbildung 128: Verlauf des thermischen und elektrischen COP der Anlage „Hotel Metbräu“ (Juni 2012 bis Mai 2013)

7.10.5 Detailbetrachtung und Optimierungspotenziale

Abbildung 129 und Abbildung 130 zeigen den Tagesverlauf der beiden Solaranlagen der Anlage „Metbräu“, jeweils an einem einstrahlungsreichen Sommertag (01.07.2012). Das Betriebsverhalten der solarthermischen Anlagen kann nach Beendigung der einjährigen Monitoringphase als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden. Deutlich kann bei näherer Betrachtung der beiden Tagesverläufe die unterschiedliche Betriebsweise des jeweiligen Solarsystems erkannt werden. Während bei dem 70 m²-großen Kollektorfeld ein konstanter Volumenstrom (keine Drehzahlregelung) umgesetzt wurde, besitzt die 32 m² große Solaranlage eine aktive Drehzahlregelung, was sich in variablen Volumenströmen zeigt. Laut Betreiber gibt es keine technischen Hintergründe für diese unterschiedliche Ausgestaltung. Laut Herstellerangaben der Kälteanlage sind für den wirtschaftlichen Betrieb der Absorptionskälteanlage Mindestbetriebstemperaturen größer als 65 °C vorzusehen. Dem Betreiber wurde dementsprechend empfohlen, auch bei dem 70 m²-großen Kollektorfeld eine Drehzahlregelung umzusetzen. Eine Abänderung der Steuerung der Anlage, um die empfohlenen Mindesttemperaturen möglichst durchgehend gewährleisten zu können, wurde im Betrachtungszeitraum jedoch nicht mehr umgesetzt.

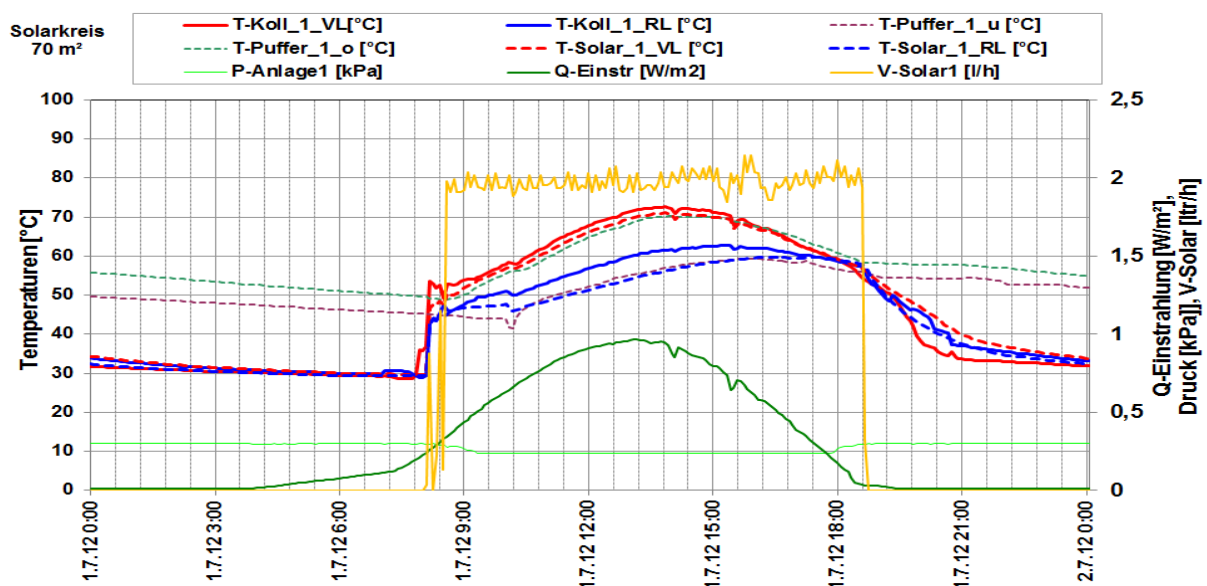


Abbildung 129: Beispielhafter Temperaturverlauf im Primärkreis des Solarsystems (Kollektorfeld mit 70 m²) zuzüglich des Verlaufs des Drucks im Primärkreis, des Volumenstroms im Sekundärkreis, der Pufferspeichertemperaturen und der Globalstrahlung (01.07.2012)

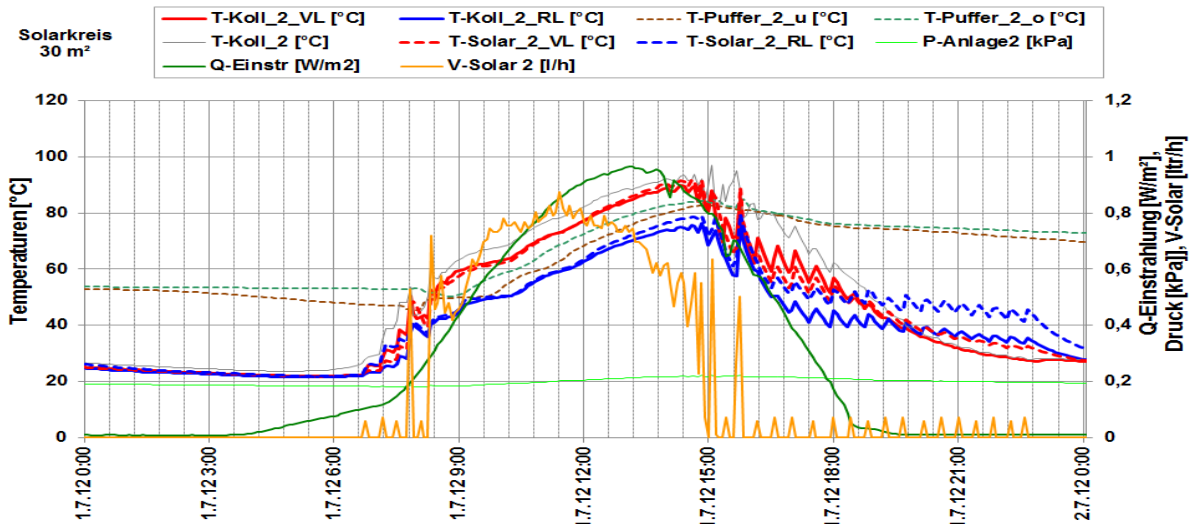


Abbildung 130: Beispielhafter Temperaturverlauf im Primärkreis des Solarsystems (Kollektorfeld mit 30 m²) zuzüglich des Verlaufs des Drucks im Primärkreis, des Volumenstroms im Sekundärkreis, der Pufferspeichertemperaturen und der Globalstrahlung (01.07.2012)

Zeigten die beiden Solarsysteme im Betrachtungszeitraum ein zuverlässiges Betriebsverhalten, konnte im Bereich des Kühlsystems Optimierungspotenzial detektiert werden. Wie bereits einleitend erwähnt, erfolgt das Ein- und Ausschalten der Absorptionskältemaschine und der zugehörigen Aggregate manuell durch den Betreiber. Beispielhaft für diese Betriebsweise ist der Betrieb der Kältemaschine an drei aufeinanderfolgenden Tagen (26.07.2012 bis 28.07.2012) in Abbildung 131 dargestellt. Deutlich können die über diesen Zeitraum praktisch konstanten Volumenströme im Austreiber- als auch im Kältekreislauf bei gleichzeitig stark schwankenden Austreibertemperaturen (von 45°C bis 70°C) erkannt werden. Die Ursache für die Temperaturschwankungen ist, dass an diesen Tagen der Austreiberkreislauf nur vom Solarsystem versorgt wird und der Stückholzkessel nicht in Betrieb genommen wird. Zudem stellt ein Stückholzkessel für diesen Anwendungsfall nicht die optimale Komplementärwärmequelle dar. Ein Vergleich der seitens des Absorptionsmaschinenherstellers empfohlenen Mindestbetriebstemperaturen (65°C) mit den tatsächlichen zeigt deutlich die Ursache für die eher bescheidenen elektrischen als auch thermischen COPs beim Projekt Hotel Metbräu.

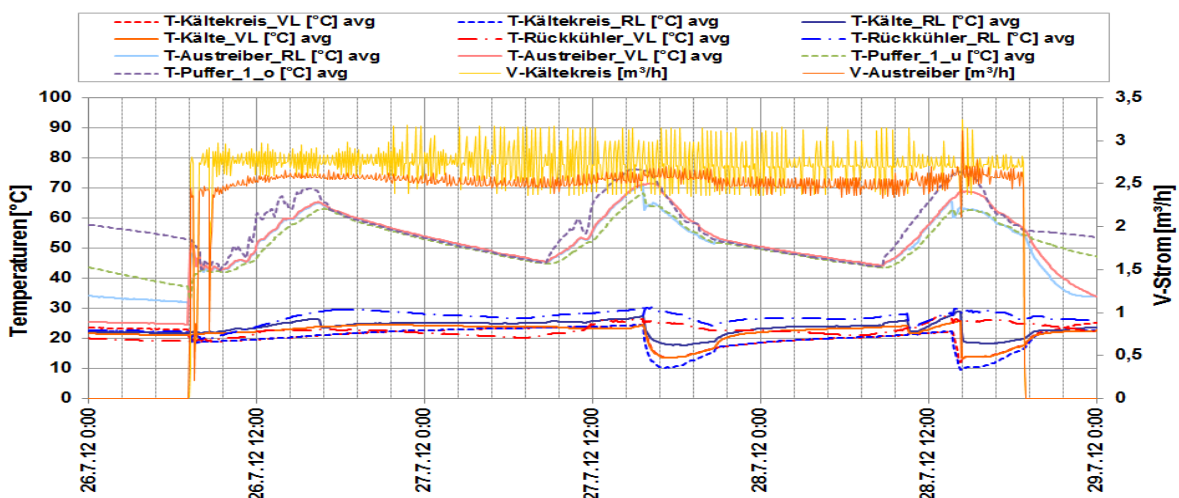


Abbildung 131: Beispielhafter Temperaturverlauf im Kälte- und Austreiberkreis zuzüglich des Verlaufs des Austreiber- und Kältekreisvolumenstroms und der Pufferspeichertemperaturen (26.07.2012 bis 28.07.2012)

Nachdem der Betreiber von der Notwendigkeit einer automatisierten Regelung überzeugt werden konnte, wurde diese mit Mai 2013 in das System integriert. Der Einbau der Regelung sowie die Einbindung eines Nahwärmeanschlusses (Hackgutkessel), mit Hilfe dessen durchgehend hohe Mindestbetriebstemperaturen erreicht werden können, stellt eine deutliche Verbesserung dar. Die Betriebsweise des optimierten Kältebereitungssystems zeigt Abbildung 132. Im Vergleich zu Abbildung 131 sind deutlich Verbesserungen ersichtlich. Zum einen liegen die Austreibertemperaturen während dem Betrieb konstant bei über 65 °C sowie zum anderen ist an dem variablen Volumenstrom des Kältekreises der funktionierende Betrieb der automatisierten Regelung erkennbar. Der elektrische COP liegt in dem betrachteten Zeitraum der Abbildung 132 bei 4,75 bzw. der thermische COP bei 0,63.

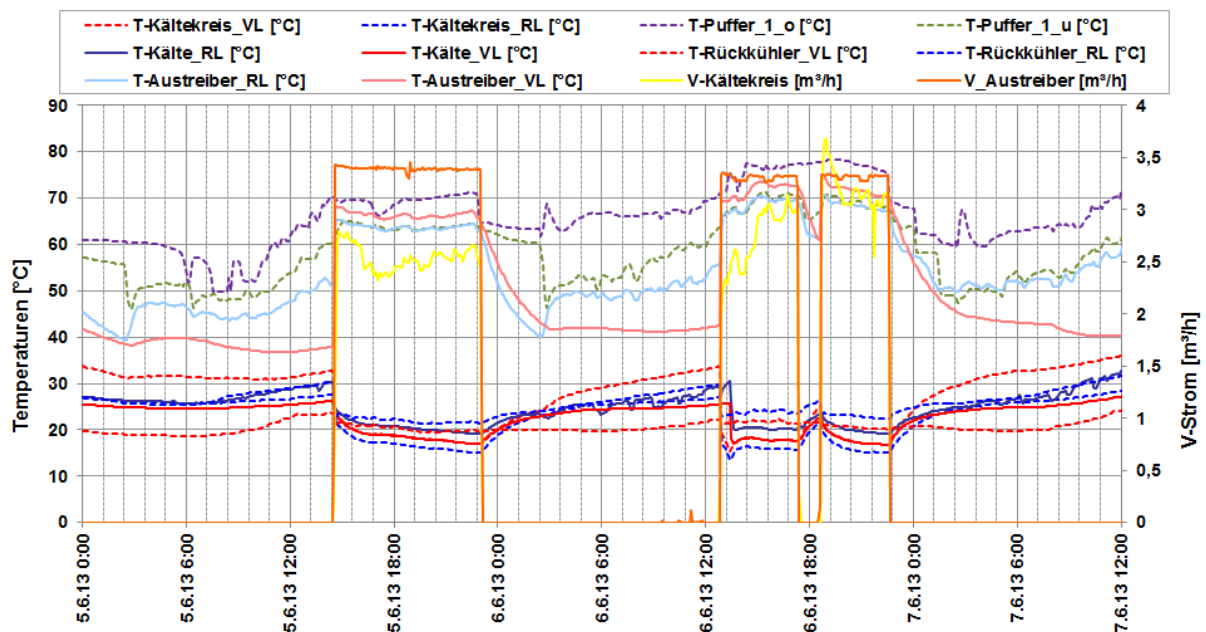


Abbildung 132: Beispielhafter Temperaturverlauf im Kälte- und Austreiberkreis zuzüglich des Verlaufs des Austreiber- und Kältekreisvolumenstroms und der Pufferspeichertemperaturen (05.07.2013 bis 07.07.2013)

7.10.6 Anlagen Status Quo

Alle beiden Solarsysteme funktionieren stabil und liegen hinsichtlich der Erträge im Bereich der Prognose. Optimierungspotential konnte dennoch bei der Steuerung der solarthermischen Anlagen detektiert werden. Dem Betreiber wurde empfohlen bei beiden Kollektorfeldern eine Drehzahlregelung zu implementieren, um die empfohlenen Mindesttemperaturen (größer 65 °C) der Absorptionskälteanlage möglichst durchgehend gewährleisten zu können. Eine Umsetzung konnte im Betrachtungszeitraum jedoch nicht mehr erreicht werden.

Die Betriebsweise des Kühlsystems besaß deutliches Optimierungspotenzial. Es konnte deutlich nachgewiesen werden, dass eine manuelle, rein subjektive Inbetriebnahme des gesamten Kühlsystems durch den Betreiber, zu einem energetisch nicht sinnvollen Betriebsverhalten führt (elektrische COPs zwischen 1,05 und 2,65). Vertreter des Begleitforschungsteams haben den Betreiber mehrfach auf die Notwendigkeit einer automatisierten Regelung hingewiesen, deren Umsetzung der Betreiber schlussendlich auch zugestimmt hat (Mai 2013). Eine Verbesserung in der Betriebsweise des Kältebereitungssystems konnte nach dem Einbau der automatisierten Regelung deutlich nachgewiesen werden.