

1. Zwischenbericht zum Projekt

**WISSENSCHAFTLICHE
BEGLEITFORSCHUNG ZUM
FÖRDERPROGRAMM
„SOLARTHERMIE – SOLARE
GROßANLAGEN 2017“**

Autoren

Christian Fink, Projektleitung
Walter Becke
Jakob Binder
Reinhard Pertschy

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, im Juli 2019

Auftraggeber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien



Beauftragt im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – Solare Großanlagen“ – (GZ B675578)

Programmabwicklung:

Kommunkredit Public Consulting

Türkenstraße 9
1092 Wien



Auftragnehmer und Projektleitung:

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43-3112 5886 -14
Fax: +43-3112 5886 -18
E-Mail: c.fink@aee.at
www.aee-intec.at



Projektpartner:

FH-OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH Forschungsgruppe ASiC

Ringstraße 43a, A-4600 Wels
www.asic.at



Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | KURZFASSUNG | 4 |
| 2 | EINLEITUNG | 6 |
| 3 | ÜBERBLICK ÜBER DIE BEGLEITFORSCHUNGSPROJEKTE | 8 |
| 4 | BESCHREIBUNG DER TÄTIGKEITEN IN VERBINDUNG MIT DEN MESSANLAGEN IM BERICHTSZEITRAUM..... | 10 |
| 5 | VERBREITUNGSAKTIVITÄTEN | 12 |
| 6 | KENNZAHLEN AUS SIMULATION UND MESSUNG IM ANLAGENVERGLEICH | 13 |
| 7 | BESCHREIBUNG DER PROJEKTE UND DARSTELLUNG DER RELEVANTEN MESSERGEBNISSE..... | 16 |
| | 7.1 Regionalenergie Natters eGen, T | 16 |
| | 7.2 Sportanlage Bürgerau, Sbg. | 21 |
| | 7.3 Wien Energie - KW Simmering, W | 28 |
| | 7.4 AVL III - Solare Kühlung, Stmk. | 32 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 36 |

1 Kurzfassung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Große Solarthermieanlagen stellen hier ein bisher wenig genutztes Potential dar. Um eine verstärkte Erschließung dieses Potentials erreichen zu können, bedarf es technologischer Weiterentwicklungen und eine Reduktion der Endkundenpreise.

Vor diesem Hintergrund definierte der Klima- und Energiefonds im Arbeitsprogramm 2010 erstmals einen Förderschwerpunkt für große solarthermische Anlagen in gewerblichen Anwendungen („Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“, „Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgung“, „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe und Dienstleistungsgebäuden“ und „Kombinierte Anwendungen zum solaren Kühlen und Heizen“). Bisher wurden acht erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 280 Projekte vergeben. Als zentrale Instrumente des Förderprogramms wurden einerseits eine spezielle Anreizförderung und andererseits eine wissenschaftliche Programmbegleitung gewählt.

Die Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Programmbegleitung liegt dabei in der Durchführung von Einreichberatungen für die Förderwerber, der technischen Unterstützung im Umsetzungsprozess sowie der nachfolgenden messtechnischen Begleitung ausgewählter Projekte über zumindest ein Jahr. Neben der Einleitung von Optimierungsschritten bei den konkreten Projekten, gilt es die Erkenntnisse aus dem Messprogramm gezielt in der Weiterentwicklung der Technologieschwachstellen und beim Aufzeigen von weiterführendem Forschungsbedarf einzusetzen.

Das Begleitforschungsteam war im gegenständlichen Berichtszeitraum (Dezember 2017 bis November 2018) mit den 7 im Monitoringprogramm befindlichen Projektverantwortlichen in intensivem Kontakt. Dabei galt es im ersten Schritt neben dem Projektstatus (Umsetzungszeitplan) insbesondere die technischen Details (wie z.B. Anlagenhydraulik) und die Details zum Monitoringkonzept abzuklären. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass nach heutigem Stand 3 Anlagen in Betrieb sind, 1 Anlage in der Umsetzungsphase ist, 1 Projekte ist in der Detailplanungsphase und 2 Projekte werden nicht umgesetzt.

Die durchgeführten Arbeiten und Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Kontakthaltung mit 7 im Monitoringprogramm befindlichen Projektverantwortlichen und dessen Partnern (Anlagenbetreiber, Planer, ausführende Unternehmen, Regelungsfirmen, etc.)
- Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“)
- Systemhydraulik und Monitoringkonzept – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern für 4 Projekte
- Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems bei insgesamt 3 Projekten
- Laufende Verbesserungen betreffend Messkonzept und Messtechnik (Sensorik, Datenlogger, Schnittstellen mit Regelungsgeräten, Datentransfer, automatisierte Ausleseroutine, Datenbankintegration, Plausibilitätsprüfungen, etc.)
- Weiterentwicklung von standardisierten Darstellungen und Abbildungen zur Visualisierung der Messergebnisse
- Die technologierelevanten Erkenntnisse bildeten in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“, für die Ausschreibungsjahre 2010 bis 2017 die

Basis für zahlreiche Technologieentwicklungen bei Unternehmen, führten zu kooperativen Forschungsprojekten und gaben gezielten Input zu bestehendem Forschungsbedarf.

- Durch das Begleitforschungsteam konnten die gewonnenen Erkenntnisse in Neuauflagen des gegenständlichen Förderprogramms eingebracht werden
- 4 Beiträge bei einschlägigen Veranstaltungen, ein Branchenworkshop und 4 Diplomarbeiten (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2017) zeigen deutlich die geleisteten Beiträge des Begleitforschungsteams zur Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse in der Branche und tragen damit gleichzeitig zur Steigerung des Bekanntheitsgrades des Förderprogramms bei.

2 Einleitung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Große Solarthermieanlagen stellen hier ein bisher wenig genutztes Potential dar. Um eine verstärkte Erschließung dieses Potentials erreichen zu können, bedarf es technologischer Weiterentwicklungen und eine Reduktion der Endkundenpreise.

Vor diesem Hintergrund definierte der Klima- und Energiefonds im Arbeitsprogramm 2010 erstmals einen Förderschwerpunkt für große solarthermische Anlagen in gewerblichen Anwendungen („Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“, „Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgung“, „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe und Dienstleistungsgebäuden“ und „Kombinierte Anwendungen zum solaren Kühlen und Heizen“). Bisher wurden acht erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 280 Projekte vergeben. Als zentrale Instrumente des Förderprogramms wurden einerseits eine spezielle Anreizförderung und andererseits eine wissenschaftliche Programmbegleitung gewählt.

Das Förderprogramm

Das Förderprogramm richtet sich an gewerbliche Anwendungen in fünf speziellen Kategorien und Systemgrößen zwischen 100 und 2.000 m² Bruttokollektorfläche (außer Themenfeld 5: ab 50 m² bis 250 m² Bruttokollektorfläche):

1. Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben
2. Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgung
3. Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe und Dienstleistungsgebäuden (>20%)
4. Kombinierte Anwendungen zum solarunterstützten Kühlen und Heizen
5. Neue Technologien und innovative Ansätze

Die wissenschaftliche Programmbegleitung

Ziel der wissenschaftlichen Programmbegleitung ist die Umsetzung von Anlagen nach dem letzten Stand der Technik sowie die Funktionalität und Effizienz der Anlagen in einem einjährigen Monitoringprozess zu bestimmen, Optimierungspotenziale zu detektieren und umzusetzen sowie basierend auf den Erfahrungen und Erkenntnissen gezielt Anstöße für die strukturierte Weiterentwicklung der Technologie zu geben. Nachfolgend sind die wesentlichen Aktivitäten der Programmbegleitung zusammengefasst:

- Durchführung von technischen Beratungen vor Fördereinreichung (verpflichtend für jeden Förderwerber)
- Prüfung der Systemhydraulik und ggf. Rückmeldung von Verbesserungsmaßnahmen – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern
- Definition eines Monitoringkonzeptes (Input-Output Bilanzierung) und Spezifikation der Messtechnik
- Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“ und des Monitoringkonzeptes)
- Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems
- Laufende Verbesserungen betreffend Messkonzept und Messtechnik (Sensorik, Datenlogger, Schnittstellen mit Regelungsgeräten, Datentransfer, automatisierte Ausleseroutine, Datenbankintegration, Plausibilitätsprüfungen, etc.)

- Messdatengestützte Analyse des Anlagenbetriebs über die Monitoringphase von einem Jahr. Üblicherweise stellt sich in den ersten Betriebsmonaten eine höhere Analyseintensität (detaillierte Prüfung des Verhaltens aller hydraulischer Kreisläufe und ggf. Detektion von Optimierungspotenzialen) ein.
- Weiterentwicklung von standardisierten Darstellungen und Abbildungen zur Visualisierung der Messergebnisse – regelmäßige Darstellung aller bereits in Betrieb befindlichen Messanlagen
- Aufzeigen und Umsetzung von Optimierungspotenzial in Zusammenarbeit mit den Förderwerbern bzw. mit dessen Partnern.
- Gespräche mit Technologieanbietern und Haustechnikplanern im Zuge der Optimierungsarbeiten – In diesem Zuge konnte eine Vielzahl von Erkenntnissen als Basis für zahlreiche Technologieentwicklungen bei Unternehmen eingesetzt werden bzw. führten zu einzelnen kooperativen Forschungsprojekten.
- Regelmäßige Gespräche mit der Programmleitung beim Klima- und Energiefonds – Dadurch kann einerseits direkt Rückmeldung zum Status Quo der Technologie gegeben werden sowie können andererseits gewonnene Erkenntnisse in Neuauflagen des gegenständlichen Förderprogramms eingebracht werden.
- Disseminierungsaktivitäten in der Branche (Workshops und Tagungen der Branche) - Insgesamt konnten innerhalb des gegenständlichen Projekts 4 Beiträge bei einschlägigen Veranstaltungen und ein Branchenworkshop geleistet werden (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2017).
- Aufzeigen von bestehendem Forschungsbedarf und Kommunikation an Industrieverbände (z.B. Austria Solar) bzw. den Klima- und Energiefonds betreffend die Möglichkeit der Auslobung in zukünftigen Forschungsausschreibungen.

Im gegenständlichen Zwischenbericht werden die Aktivitäten und Erfahrungen zur Programmausschreibung 2017 im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zusammengefasst. Dieser wurde in Anlehnung an den Endbericht des Projektes „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2010 und 2011 (Fink et al., 2015; Fink et al., 2016a) sowie für die Zwischenberichte der Projekte „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012, 2013, 2014, 2015 und 2016 (Fink et al., 2016b; Fink et al., 2016c; Fink et al., 2018a; Fink et al., 2018b; Fink et al., 2018c) erstellt.

3 Überblick über die Begleitforschungsprojekte

Seitens des Begleitforschungsteams wurde zu Beginn des Berichtszeitraums mit allen Förderwerbern im Monitoringprogramm (7 Projekte) Kontakt aufgenommen. Dabei galt es neben dem Projektstatus (Umsetzungszeitplan) auch technische Details (wie z.B. die schlussendliche Anlagenhydraulik) und Details zum Monitoringkonzept abzuklären. Bei einigen Projekten war eine wiederholte Kontaktaufnahme für den Erhalt der notwendigen Informationen erforderlich. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass nach heutigem Stand drei solarthermische Anlagen bereits umgesetzt wurden, eine befindet sich in Umsetzung und eine weitere in der Detailplanungsphase ist. Zwei Anlagen werden nicht umgesetzt (siehe Abbildung 1).

| Hohe solare Deckungsgrade | m ² |
|---|----------------|
| Stadtgemeinde Saalfelden, Sbg. | 128 |
| Amici St. Margarethen, Sbg. | 1087 |
| Ayurveda-Resort Sonnhof GmbH & Co KG, T | 200 |

| Einspeisung in Wärmenetz | m ² |
|--------------------------------|----------------|
| Wien Energie - KW Simmering, W | 796 |

| Neue Technologien | m ² |
|---------------------------------|----------------|
| Regionalenergie Natters eGen, T | 219 |
| Bauinvest Immobilien GmbH, NÖ | 65 |

| Prozesswärme | m ² |
|---------------------------------|----------------|
| AVL III - Solare Kühlung, Stmk. | 696 |

| |
|------------------------------|
| Anlage wird realisiert |
| Anlagenrealisierung ungewiss |
| Anlage wird nicht umgesetzt |

Abbildung 1: Status Quo der Annahme der Förderverträge aufgeteilt nach den vier Einreichkategorien (Förderprogramm 2017)

Details zum Umsetzungsstatus der einzelnen Projekte können im Überblick Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Übersicht und Umsetzungsstatus zu den 7 Projekten im Förderprogramm 2017

| Nr. | Projektname und Bruttokollektorfläche | Projektstatus | Zuständigkeit Begleitforschung |
|-----|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1) | Regionalenergie Natters eGen, T | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit | AEE INTEC |
| 2) | Stadtgemeinde Saalfelden, S | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit | AEE INTEC |
| 3) | Wien Energie - KW Simmering, W | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit | AEE INTEC |
| 4) | AVL III – Solare Kühlung, Stmk. | Anlage in Umsetzung | AEE INTEC |
| 5) | Amici St. Margarethen, S | Anlage in Detailplanungsphase | AEE INTEC |
| 6) | Ayurveda-Resort Sonnhof, T | Anlage wird nicht umgesetzt | AEE INTEC |
| 7) | Bauinvest Immobilien GmbH, NÖ | Anlage wird nicht umgesetzt | AEE INTEC |

Im Zusammenhang mit der Auszahlung von Förderraten durch die KPC übernimmt die Begleitforschung zu zwei Zeitpunkten die Bestätigung zum Status Quo des Anlagenmonitorings. Die erste Bestätigung wird von der Begleitforschung ausgestellt, wenn der Förderwerber das Monitoringkonzept wie vereinbart umgesetzt hat und die Messdaten vollständig und plausibel über einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen beim jeweils

zuständigen Institut der Begleitforschung eintreffen. Ab diesem Zeitpunkt startet dann die offizielle, einjährige Monitoringphase. Den zweiten relevanten Zeitpunkt bildet der Abschluss der einjährigen Monitoringphase, der ebenso vom Team der Begleitforschung bestätigt wird. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung befand sich kein Projekt in der einjährigen Monitoringphase, dementsprechend wurde bis dato keine Bestätigung ausgestellt.

4 Beschreibung der Tätigkeiten in Verbindung mit den Messanlagen im Berichtszeitraum

Kontakthaltung mit Anlagenbetreibern und dessen Partnern

Um die Basis für die Durchführung der wissenschaftlichen Begleitforschung zu schaffen (Hydraulik- und Messkonzept, Spezifikation der Messtechnik, Bestellung und Montage, Inbetriebnahme, erste Auswertungen, etc.), mussten zahlreiche Informationen zu den Messanlagen gesammelt werden sowie ein reger Austausch zwischen den Anlagenbetreibern und dessen Partnern (Haustechnikplaner, Installationsbetrieb, Elektriker, etc.) betrieben werden.

Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“)

Die von den Anlagenbetreibern übermittelten Hydraulikkonzepte und Unterlagen wurden analysiert, gegebenenfalls vorhandenes Verbesserungspotenzial definiert und mit den Anlagenbetreibern Rücksprache gehalten. In zahlreichen Projekten gelang es, Verbesserungsvorschläge auch tatsächlich umzusetzen, in manchen Projekten aber auch nicht (z.B. wenn das Projekt zeitlich in einer fortgeschrittenen Phase; Mehrkosten angefallen wären; bauliche Maßnahmen notwendig wären, etc.)

Systemhydraulik und Monitoringkonzept – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern

Des Weiteren erfolgte für bisher 4 Messprojekte aus dem Begleitforschungsprogramm die Festlegung des Monitoringkonzeptes in Anlehnung an die Vorgaben im speziell definierten Monitoringleitfaden (Fink et al., 2010) und die Spezifikation der Messtechnik. Basierend auf diesem Wissensstand wurden zwecks einheitlicher Darstellung im gegenständlichen Forschungsprojekt harmonisierte Blockschaltbilder der gesamten Wärmeversorgungsanlage inkl. eingezeichneter Messpunkte erstellt.

Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems

Die Anlageneigentümer und deren Partner wurden hinsichtlich der Beschaffung, der richtigen Positionierung, der Montage als auch der Verkabelung umfangreich betreut. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung stand bei 3 Anlagen die Inbetriebnahme des Anlagenmonitorings kurz bevor, was Arbeitsschritte wie z.B. Prüfung der Sensorpositionen, die Programmierung der Datenloggersoftware, das Klemmen aller Sensorkabel am Datenlogger, die Inbetriebnahme des Datenloggings, die Aufzeichnungsüberprüfung aller Sensoren, die Überprüfung der Datenübertragung (Fernübertragung), etc. erforderlich machte. Im Zuge des für die Messtechnikinbetriebnahme notwendigen Vororttermins erfolgte auch der Vergleich der seitens der Anlagenbetreiber übermittelten Hydraulikkonzepte mit den tatsächlich erfolgten Installationen. Gegebenenfalls vorhandene Abweichungen werden am Planstand vermerkt und auch an den Anlageneigentümer kommuniziert.

Herstellung einer automatisierten Ausleseroutine und Integration in eine Datenbank

Bei Anlagen mit in Betrieb befindlicher Messdatenerfassung werden die Messdaten am Datenlogger zwischengespeichert und einmal täglich per Fernzugriff (je nach örtlicher Gegebenheit über Festnetz, GSM-Netz, Internet) ausgelesen und in weiterer Folge in einer eigens definierten Datenbank für Messdaten abgelegt. Beim Einspielen in die Datenbank erfolgt eine erste automatisierte Plausibilitätsprüfung der Messdaten (Vollständigkeit, Messdatenformat, Grenzwertüberschreitung, etc.).

Messdatengestützte Analyse des Anlagenbetriebs

Ziel der messdatengestützten Anlagenanalyse ist eine Plausibilitätsüberprüfung der Vorgänge in allen hydraulischen Kreisläufen (Solarsystem, Nachheizung und Wärmeverbraucher). Zu diesem Zwecke werden Temperaturverläufe als auch Energiebilanzen erstellt und analysiert. In den ersten Betriebsmonaten (der sogenannten Optimierungsphase) erfolgen diese Analysen sehr detailliert. Danach gehen die Anlagen in die Phase der Routineüberwachung über.

Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von standardisierten Darstellungen und Abbildungen zur Visualisierung der Messergebnisse

Hinsichtlich einer harmonisierten Darstellung der Messergebnisse zu den einzelnen Messanlagen wurden einzelne standardisierte Darstellungen und Abbildungen definiert. Zu erwähnen sind dabei insbesondere die Darstellungen „Energiebilanz – Input/Output/Analyse“, „Spezifischer Jahressolarertrag – Vergleich Messung und Simulation“, „Solarer Deckungsgrad – Messung vs. Simulation“, „Verbraucherverhalten – Messung vs. Simulation“ sowie eine Vielzahl „Ausgewählter Temperaturverläufe“.

Aufzeigen und Umsetzung von Optimierungspotenzial

Ergeben sich aus den Anlagenanalysen Verbesserungspotenziale, wird in weiterer Folge versucht, diese in Zusammenarbeit mit den Anlageneigentümern und deren Partnern (Haustechnikplaner, Installateure, Regelungsunternehmen, Elektriker, etc.) auch zu erschließen. Die Messdatenanalyse schafft hier gute Möglichkeiten, getätigte Modifikationen hinsichtlich ihrer Wirkung zu überprüfen.

5 Verbreitungsaktivitäten

Das Team der wissenschaftlichen Begleitforschung hat innerhalb des bisherigen Projektzeitraums (Dezember 2017 bis November 2018) 5 Beiträge zu einschlägigen Veranstaltungen geleistet (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2017).

Der nachfolgenden Tabelle können die kumulierten Disseminierungsaktivitäten (Veranstaltungen inkl. Vortragstitel und Teilnehmerzahlen) entnommen werden.

Tabelle 2: Übersicht zu durchgeführten Verbreitungsaktivitäten im Berichtszeitraum

| Art der | Titel der Veranstaltung | Vortragstitel | Teilnehmer |
|--------------------------|--|---|--------------------|
| Coaching webinar | SDHp2m- coaching webinar 13. Dezember 17 | SDHp2m - Coaching webinar on solar/biomass | Nicht feststellbar |
| Themen- veranstaltung | Holzwelt Murau - Stammtisch | Solare Einkopplung in Nahwärmenetze | ca 25 |
| Konferenz | 5th International Solar District Heating Conference - SDH 2018 11.-12. April 2018, Graz | Operational analysis of solar thermal heat pump combinations integrated into Austrian District heating networks | 360 |
| Workshop | Netzwerk Energieberatung Steiermark 15.10.2018, Graz | Speicheranwendungen in Verbindung mit Solarthermie | ca. 25 |
| Workshop | Workshop Betriebsdatenauswertung Solare Großanlagen, 18.10.2018, Gleisdorf | Input aus der Begleitforschung des Förderprogramms "Solare Großanlagen" | 15 |

In unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2017 wurden, wie in Tabelle 3 angeführt, innerhalb des Berichtszeitraums (Dezember 2017 bis November 2018) 4 akademische Arbeiten verfasst.

Tabelle 3: Übersicht zu erstellten Master- und Diplomarbeiten im Berichtszeitraum

| Titel der Master- und Diplomarbeiten | Name DiplomandIn | Universität / Fachhochschule |
|--|-------------------------------|--|
| Behavior analysis of thermally activated building systems (TABS) in respect of different building applications | Sunirmal Mukherjee 2018 | University of Kassel, Germany University of Cairo, Egypt |
| Technische und ökologische Systemevaluation einer solaren Großanlage mit einer Solarthermie-Wärmepumpenkombination | Michael Reisenbichler 2018 | Technische Universität Graz |
| Technische Bewertung und Optimierung des solarunterstützten Mikronetzes Lexengasse | Jakob Binder 2018 | Technische Universität Graz |
| Analyse von betonkernaktivierten Nicht-Wohngebäuden mit hohen solaren Deckungsgraden | Veronika Hierzer 2018 | FH Burgenland |

6 Kennzahlen aus Simulation und Messung im Anlagenvergleich

Von den 7 messtechnisch zu begleitenden Projekten aus dem Großanlagenprogramm 2017 stehen 3 Projekte kurz vor dem Beginn der einjährigen Monitoringsphase, eines ist noch in der Umsetzungsphase, eines befindet sich in der Detailplanungsphase und 2 werden nicht umgesetzt. Zur Darstellung der prognostizierten Ergebnisse zum Zeitpunkt der Einreichung werden in den nachfolgenden drei Abbildungen die wesentlichen Kennzahlen der 4 solarunterstützten Wärmeversorgungsanlagen, deren Monitoringphase demnächst beginnen soll bzw. die sich in der Umsetzung befinden, dargestellt. Abbildung 2 zeigt dazu die aus der Einreichphase prognostizierten jährlichen spezifischen Solarerträge (kWh/m² Aperturfläche und Jahr), Abbildung 3 die prognostizierten solaren Deckungsgrade und Abbildung 4 die prognostizierten Wärmeverbräuche. Nach Abschluss des Monitoringjahres werden die gemessenen Werte mit den Prognosewerten aus den Einreichunterlagen verglichen.

Zu beachten ist, dass eine isolierte Interpretation bzw. ein direkter Vergleich des spezifischen Solarertrags der untersuchten Anlagen nicht möglich ist. Vielmehr müssen die speziellen Rahmenbedingungen jedes Projektes (Höhe des solaren Deckungsgrades, Temperaturniveau der Anwendung, Kollektortype, etc.) genauso berücksichtigt werden wie die tatsächlichen Verhältnisse.

Abbildung 2 zeigt die prognostizierten Solarerträge für die 4 Anlagen, die sich kurz vor Start der Monitoringperiode befinden. Insbesondere der solare Ertrag der Anlage „Regionalenergie Natters eGen“ ist als sehr optimistisch einzuschätzen.

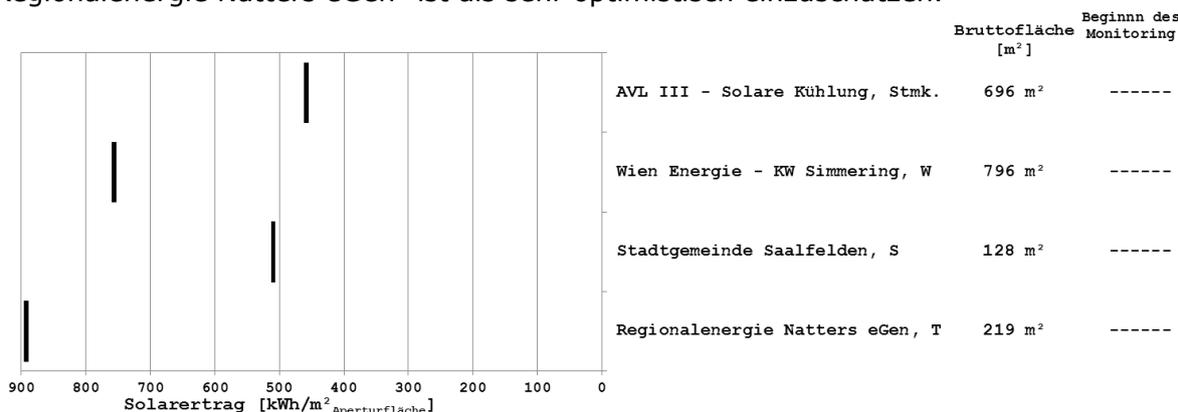


Abbildung 2: Vergleich der gemessenen spezifischen Solarerträge (orange Balken) mit den prognostizierten spezifischen Solarerträgen (schwarze Striche)

Betreffend die Darstellung des solaren Deckungsgrades wird folgende mathematische Definition verwendet:

$$SD = \frac{Q_{Solar}}{Q_{konv We} + Q_{Solar}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Q_{Solar} jährlicher Wärmeinput des Solarsystems, gemessen auf der Sekundärseite des Solarkreises (nach Möglichkeit in der Systemhydraulik)

$Q_{konv We}$ jährlicher Wärmeinput des konventionellen Wärmeerzeugers, gemessen zwischen Energiespeicher und Wärmeerzeuger

Bei Anlagen wo solare Wärme einerseits als Wärmequelle für den Verdampfer der installierten Wärmepumpen dient als auch andererseits direkt zur Brauchwasserbereitung und Heizungsunterstützung verwendet wird, wird neben dem solaren Deckungsgrad (Gleichung 1) auch der direkte solare Deckungsgradanteil ermittelt. Nach dieser Definition (Gleichung 2) wird nur der Anteil der Solarwärme für die Berechnung herangezogen, welcher direkt zur Brauchwasserbereitung bzw. Heizungsunterstützung in Energiespeicher eingespeist wird:

$$SD_{\text{direkt}} = \frac{Q_{\text{Solar-direkt}}}{Q_{\text{konv We}} + Q_{\text{Solar-direkt}}} \quad \text{Gleichung 2}$$

$Q_{\text{Solar-direkt}}$ jährlicher Wärmeinput des Solarsystems welcher direkt zur Brauchwasserbereitung bzw. Heizungsunterstützung herangezogen wird

$Q_{\text{konv We}}$ jährlicher Wärmeinput des konventionellen Wärmeerzeugers, gemessen zwischen Energiespeicher und Wärmeerzeuger

Der Vergleich der gemessenen solaren Deckungsgrade (rote Balken) mit den prognostizierten solaren Deckungsgraden (schwarze Striche) ist in Abbildung 4 dargestellt. Für die Anlagen „AVL III – Solare Kühlung“ und „Wien Energie – KW Simmering“ ist die Berechnung eines Deckungsgrades aufgrund der Einspeisung in ein Netz nicht möglich. Bei der Anlage „Regionalenergie Natters eGen“ gibt es keine Nachheizung. Daher beträgt der solare Deckungsgrad jedenfalls 100 % - unabhängig von der Performance der Anlage. Daher wurde auch hier von einer Darstellung abgesehen.

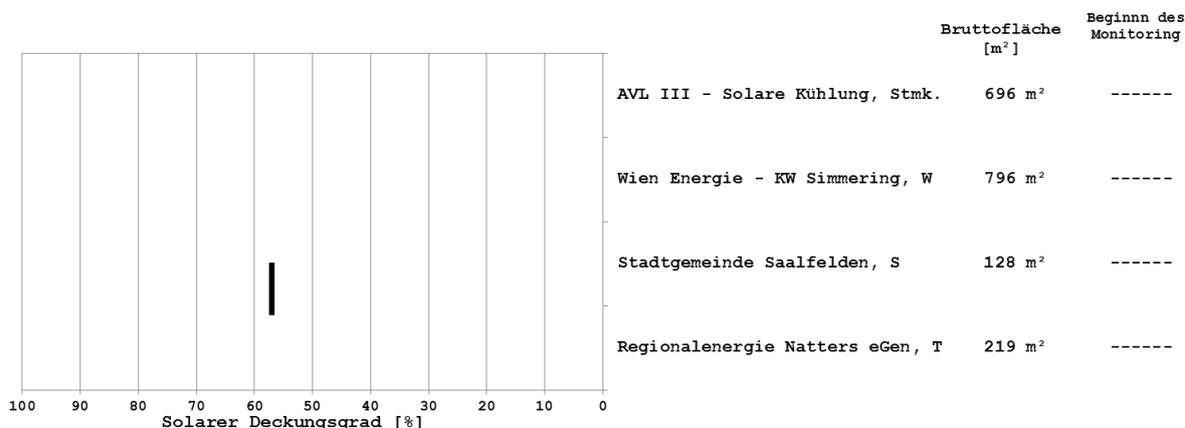


Abbildung 3: Darstellung der prognostizierten solaren Deckungsgrade (schwarze Striche) von 4 Projekten, die sich kurz vor Beginn des einjährigen Betrachtungszeitraums befinden

Eine entscheidende Einflussgröße auf die vorherigen Kennzahlen für solarunterstützte Wärmeversorgungssysteme bildet der tatsächlich vorherrschende Wärmeverbrauch.

Abbildung 4 zeigt hierzu die Prognosewerte der Wärmeverbräuche der kurz vor der einjährigen Monitoringphase befindlichen Anlagen. In Analogie zu der Beschreibung beim Vergleich der solaren Deckungsgrade ist eine Darstellung des Verbrauchs für die Anlagen „AVL III – Solare Kühlung“, „Wien Energie – KW Simmering“ und „Regionalenergie Natters eGen“ nicht sinnvoll.

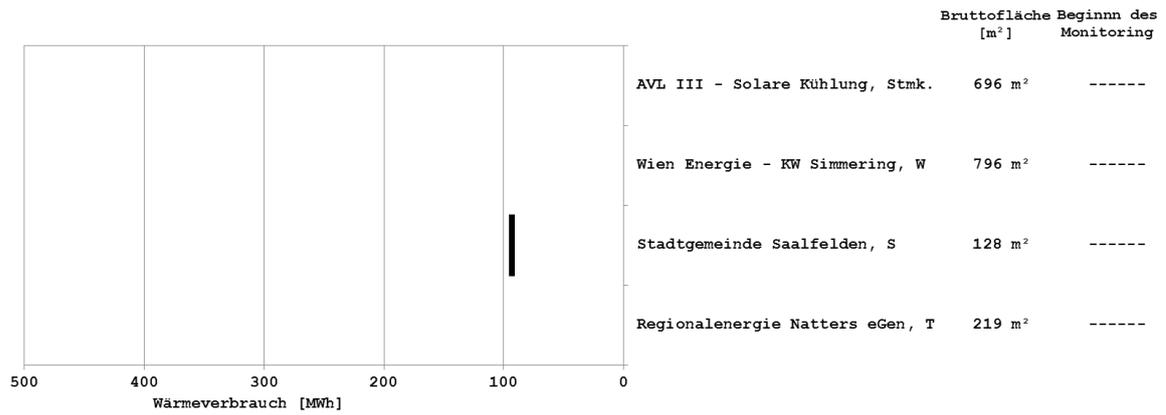


Abbildung 4: Darstellung der prognostizierten Wärmeverbräuche (schwarze Striche) von 4 Projekten, die sich kurz vor Beginn des einjährigen Betrachtungszeitraums befinden

7 Beschreibung der Projekte und Darstellung der relevanten Messergebnisse

7.1 Regionalenergie Natters eGen, T

7.1.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

| | |
|--|--|
| <u>Projektname:</u> | Regionalenergie Natters eGen |
| <u>Adresse:</u> | 6161 Natters |
| <u>Art der Anwendung:</u> | Neue Technologien |
| <u>Wärmeverbraucher:</u> | Hackguttrocknung |
| <u>Bruttokollektorfläche:</u> | 219,24 m ² Luftkollektor (CONA CCS+) |
| <u>Neigung:</u> | 25° |
| <u>Ausrichtung:</u> | 180° (Süd) |
| <u>Spezifischer Solarertrag:</u> | 887 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche) |
| <u>Projektstatus:</u> | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit |
| <u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u> | AEE INTEC |

Die Regionalenergie Natters eGen errichtete 2018 eine Trocknungshalle für Hackschnitzel. Die Trocknungsenergie soll dabei ausschließlich durch 219 m² Luftkollektoren bereitgestellt werden, welche in das Pultdach der neu errichteten Halle integriert ist (vgl. Abbildung 6). Unter dem Blechdach der angrenzenden Halle ist ein Luftspalt in den Dachaufbau integriert, durch welchen vorgewärmte Außenluft in das System eingebracht werden kann.

Es gibt keinerlei Nachheizung oder Speicher, sodass die solare Energie vollständig für die Trocknung verwendet wird. Somit beträgt die solare Deckung des Bedarfs 100 %.

Die Trocknungsanlage ist auf eine Gesamtjahresleistung von bis zu 4.000 Schütt-raummetern (srm) ausgelegt. Die tatsächliche Trocknungsmenge pro Jahr wird dem sukzessiven Ausbau der Heizwerke und -anlagen in der Umgebung angepasst. Zu Beginn wird ein Bedarf von rund 2.000 srm erwartet.

Abbildung 5 zeigt die solaren Luftkanäle sowie die hölzernen Einbaukästen für die Ventilatoren.



Abbildung 5: Solar-Luftleitungen im Dach der Trocknungshalle (Quelle: Bauherr)



Abbildung 6: Südansicht der Trocknungsanlage der Regionalenergie Natters eGen (Quelle: Bauherr)

7.1.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Projekt „Regionalenergie Natters eGen“ ist als Blockschaltbild in Abbildung 7 dargestellt.

Die Solarkollektoren werden mit Luft durchströmt (2 bis 3 m/s). Die Ansaugöffnungen befinden sich an den Außenrändern des Solarfelds und sind über eine Gesamtlänge von 36 m verteilt (vgl. Abbildung 8). Die erwärmte Luft wird über isolierte Luftsammelschächte (vgl. Abbildung 5) in einen Mischkanal geführt, wo im Verhältnis 60 % solar erwärmte Luft zu 40 % Umgebungsluft beigemischt wird. Alternativ kann diese Umgebungsluft durch eine Dachabsaugung des Nachbargebäudes vorgewärmt

werden. Zuletzt wird die erwärmte Luft in die beiden Trocknungsboxen gebracht, wo das Trocknungsgut von unten nach oben durchströmt wird.

Laut Betreiber soll die Trocknungsanlage von ca. März bis Oktober (abhängig von den klimatischen Bedingungen) betrieben werden. Um in der Zeit mit ruhendem Betrieb eine Selbstentzündung des Hackguts zu unterbinden, kann Außenluft für die Kühlung des Trocknungsguts eingebracht werden.

Das Monitoringkonzept der Anlage ist in Abbildung 7 ersichtlich. Fünf Differenzdrucksensoren, 1 Stromzähler, 7 Temperatursensoren, 3 Fühler für relative Luftfeuchte und ein Einstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

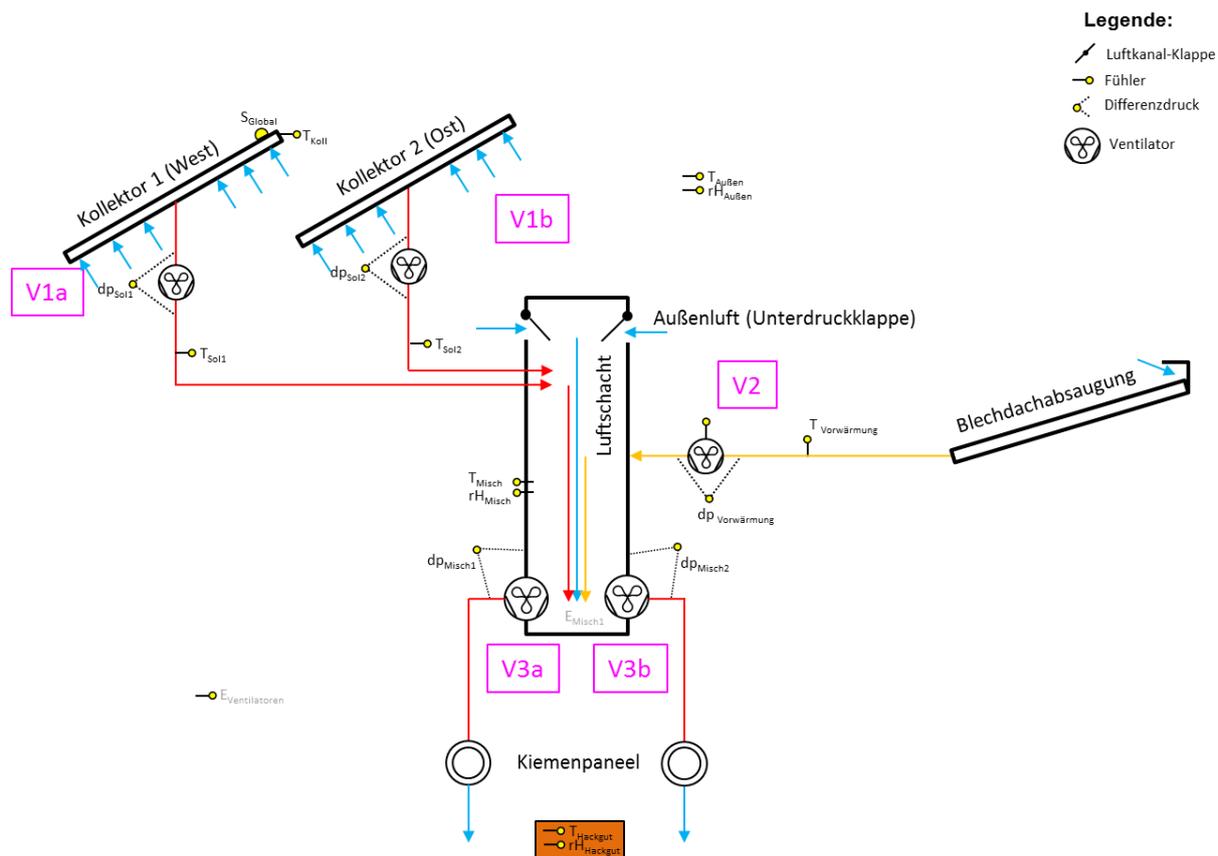


Abbildung 7: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „Regionalenergie Natters eGen“ (gelb: Temperatur-, Differenzdruck- und Einstrahlungssensoren sowie Stromzähler)

Zur Verdeutlichung der real umgesetzten Luftführung sei auf Abbildung 8 verwiesen.

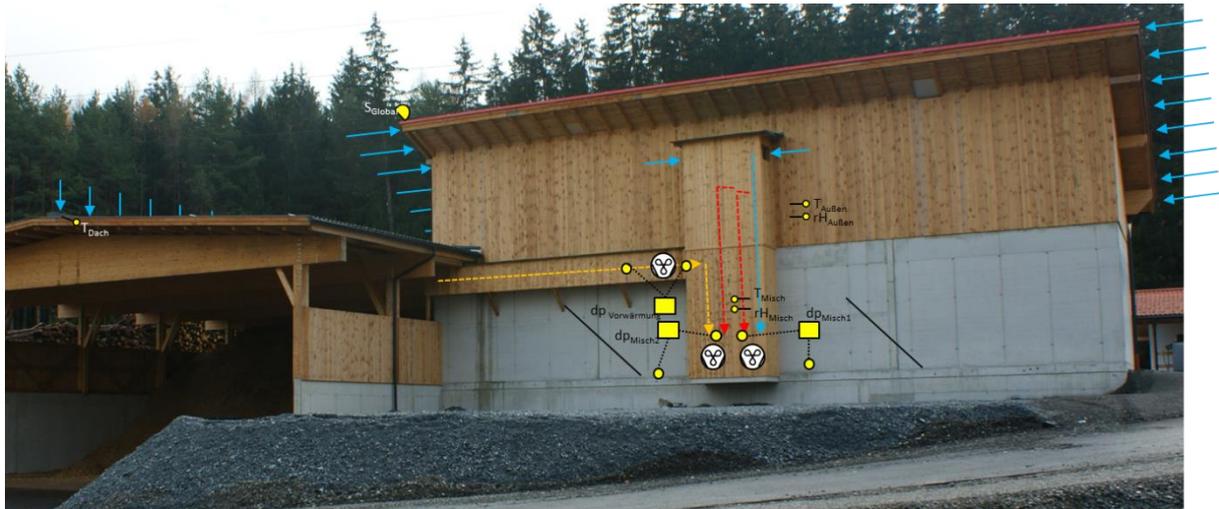


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Luftführung anhand der realen Anlage (Bildquelle: AEE INTEC)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solaranlage

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| S_{Global} | Einstrahlungssenor in Kollektorebene |
| T_{Koll} | Kollektortemperatur |
| T_{Sol1} | Lufttemperatur Solarfeld 1 |
| T_{Sol2} | Lufttemperatur Solarfeld 2 |
| dp_{Sol1} | Differenzdruck Ventilator Solarfeld 1 |
| dp_{Sol2} | Differenzdruck Ventilator Solarfeld 2 |

Mischkammer

| | |
|--------------------------------|---|
| $dp_{\text{Misch 1}}$ | Differenzdruck Ventilator Mischkammer 1 |
| $dp_{\text{Misch 2}}$ | Differenzdruck Ventilator Mischkammer 2 |
| T_{misch} | Lufttemperatur Ansaugung Mischkammer |
| rH_{Misch} | relative Feuchte Ansaugung Mischkammer |
| $dp_{\text{Außen Vorwärmung}}$ | Differenzdruck Ventilator vorgewärmte Außenluft |
| $T_{\text{Außen Vorwärmung}}$ | Lufttemperatur Ansaugung vorgewärmte Außenluft |

Sonstiges

| | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| T_{A} | Lufttemperatur Aussen |
| rH_{A} | relative Feuchte Aussen |
| T_{Hackgut} | Luftaustrittstemperatur nach Hackgut |
| rH_{Hackgut} | relative Feuchte nach Hackgut |
| $E_{\text{Ventilatoren}}$ | Stromzähler Ventilatoren |

7.1.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 9 gibt einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen

Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen für den spezifischen Solarertrag betreffend die Anlage „Regionalenergie Natters eGen“. Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 887 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1320 kWh/m² erwartet.

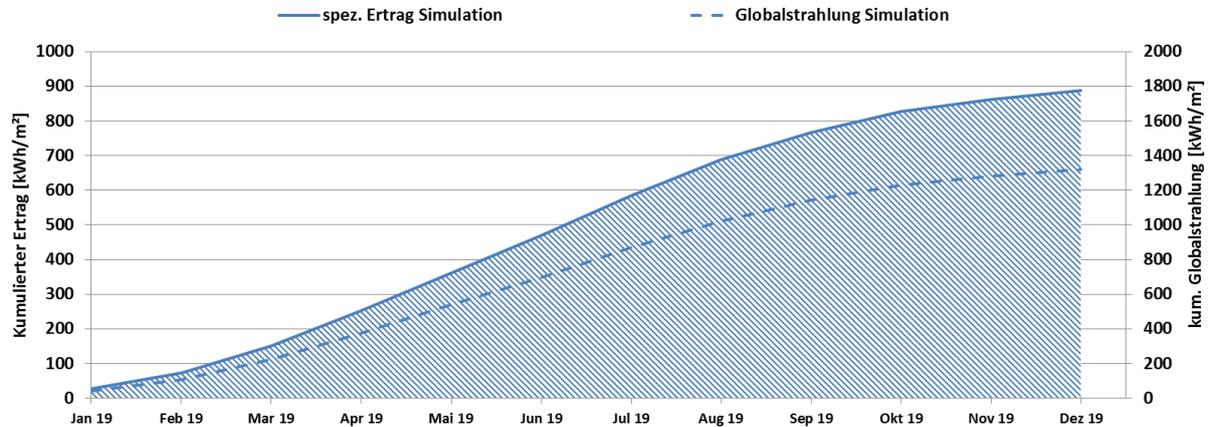


Abbildung 9: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „Regionalenergie Natters eGen“

Da es keine Nachheizung gibt entspricht der Verbrauch dem solaren Ertrag und die solare Deckung liegt immer bei 100 %. Daher werden Verbrauch und solare Deckung nicht in gesonderten Diagrammen dargestellt.

7.1.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist fertig errichtet und bereits in Betrieb. An der Umsetzung des Monitoringkonzepts wird noch gearbeitet. Der Start der einjährigen Monitoringphase ist für Anfang 2019 geplant.

7.2 Sportanlage Bürgerau, Sbg.

7.2.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

| | |
|--|---|
| <u>Projektname:</u> | Sportanlage Bürgerau – Stadtgemeinde Saalfelden |
| <u>Adresse:</u> | 5760 Saalfelden am Steinernen Meer |
| <u>Art der Anwendung:</u> | Hohe solare Deckungsgrade |
| <u>Wärmeverbraucher:</u> | Heizung und Warmwasser für Sportzentrum und Kindergarten |
| <u>Bruttokollektorfläche:</u> | 127,5 m ² Flachkollektoren (Bösch KS7,5/AD45) |
| <u>Ausrichtung:</u> | 189° Süd |
| <u>Neigung:</u> | 45° |
| <u>Energiespeichervolumen:</u> | 2x5.000 L Pufferspeicher, 2x1.360 L Pufferspeicher (Warmwasser) Gesamt 12.720 L |
| <u>Nachheizung</u> | Gas-Brennwertgerät (84 kW), Elektro-Heizpatrone für PV-Überschussstrom (9 kW) |
| <u>Solarer Deckungsgrad:</u> | 56,5 % (Einreichung) |
| <u>Spezifischer Solarertrag:</u> | 462 kWh/(m ² a) (Einreichung, bezogen auf Aperturfläche) |
| <u>Projektstatus:</u> | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit |
| <u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u> | AEE INTEC |

Im Jahr 2017 wurde das Sportzentrum Bürgerau neu errichtet. Für den Sportbetrieb (Schulsport, Fußball, Veranstaltungen wie Konzerte) stehen im Untergeschoß Kabinen mit Duschen (60 % Flächenanteil), im Erdgeschoß Kabinen für die Heimmannschaften, Büro, Arzt- und Trainerraum sowie ein kleiner Kühlbereich für die Gastronomie und im Obergeschoß ein Restaurant (nur während Spielen geöffnet), das Vereinsbüro sowie die Zuschauerenebene zur Verfügung. Im Restbereich des Untergeschosses ist ein Waldkindergarten untergebracht. Die ca. 30 Kinder verbringen die meiste Zeit jedoch im Freien. Der Kindergarten endet jeden Tag zu Mittag, nur dienstags gibt es Nachmittagsbetreuung.

Der Sportplatz wird täglich von Schulen genutzt, speziell von Ende Jänner bis Ende März kommt es zu einer verstärkten Nutzung durch externe Mannschaften, da der vorhandene Kunstrasenplatz vom Schnee befreit wird. Ab Ende März bis November spielen nur mehr heimische Mannschaften. Von Mitte November bis Ende Jänner gibt es auf Grund von zu viel Schnee keine Nutzung.

Die Stadtgemeinde Saalfelden entschied sich die Wärmeversorgung für die 1.015 m² Bruttogeschoßfläche (Sportzentrum und Kindergarten) nachhaltig zu gestalten. Zu diesem Zweck wurde eine thermische Solaranlage mit 127,5 m² Kollektorfläche und 10 m³ Pufferspeichervolumen zur Erwärmung des Brauchwassers wie auch zur Heizungsunterstützung errichtet. Die zusätzlich benötigte Heizenergie wird über einen zentralen Gasbrennwertkessel mit 84 kW Leistung und durch eine Elektro-Heizpatrone (9 kW, für überschüssigen PV-Strom) bereitgestellt.

Die Großflächenkollektoren mit einer Bruttofläche von 127,5 m² der Fa. Bösch wurden am Dach mit annähernd südlicher Ausrichtung und einem Aufstellungswinkel von 45° zur Horizontalen aufgeständert. Die Solarwärme kann abhängig von den Temperaturen im Primärpufferspeicher (2 x 5.000 Liter) in zwei verschiedenen Höhen eingespeist werden. Aus dem Primärpufferspeicher wird Wärme für die Beheizung des Gebäudes und die Warmwasser-Bereitschaftsspeicher (2 x 1.360 Liter) bereitgestellt. Bei fehlender Solarthermie-Energie einhergehend mit der Unterschreitung des erforderlichen

Temperaturniveaus erfolgt die Nachladung der Primärpuffer (im obersten Drittel) über das Gas-Brennwertgerät.

Die Solaranlage soll etwa 53 MWh/a an Wärme liefern. Damit sollen rund 56,5 % (Simulationswert) des Wärmebedarfs bereitgestellt werden.



Abbildung 10: Ansicht der Sportanlage mit den aufgeständerten Kollektoren am Dach (Quelle: Stadtamt Saalfelden)



Abbildung 11: Warmwasser-Pufferspeicher (linke Abbildung), Pufferspeicher mit Solarwärmetauscher (mittlere Abbildung) und mit Verteileranlage der Wärmeverbraucher (rechte Abbildung) (Quelle: Stadtamt Saalfelden)

7.2.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Wärmeversorgungssystem des Projekts „Sportanlage Bürgerau – Saalfelden“ ist als Hydraulikschema in Abbildung 12 dargestellt.

Die Wärmeerzeugung erfolgt zum Hauptteil durch die Solarthermieanlage, als Nachheizung wurde ein Gas-Brennwertkessel installiert. Zusätzlich wird Überschussstrom der Photovoltaikanlage dem großen Pufferspeicher (2x 5.000 Liter) über eine Heizpatrone als Wärme zugeführt. Die Solarthermieanlage wird durch einen Plattenwärmetauscher in Primär- und Sekundärkreis geteilt. Sekundärseitig kann der Rücklauf aus zwei verschiedenen Höhen entnommen werden, auch der Vorlauf kann in zwei verschiedenen Speicherhöhen eingespeist werden. Wärmeerzeugung und Wärmeabnahme sind durch den Pufferspeicher entkoppelt.

Die Wärmeabnehmer werden über einen zweistufigen Verteiler mit zwei verschiedenen Vorlauftemperaturen versorgt. Lüftungsanlage (Temperaturniveau 50/30 °C) und Fußbodenheizungen (Temperaturniveau 42/28 °C) entnehmen aus der Niedertemperaturstufe, Garagenheizung (Temperaturniveau 70/40 °C) und Warmwasseraufbereitung (Temperaturniveau 70/50 °C) aus der Hochtemperaturstufe. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt über die kleineren Pufferspeicher mit integriertem Rohrwendeltauscher. Anstatt Warmwasser-Zirkulationsleitungen wurde eine elektrische Rohrbegleitheizung umgesetzt. Das elektrische Heizband regelt die Rohrtemperatur auf einen (einstellbaren) Wert von 55 °C. Das Heizband hat eine Maximal-Leistung von 8,9 W/m². Die gesamten Warmwasserleitungen haben eine Länge von 161 m. Das ergibt eine Maximal-Leistung von 1,433 kW.

Das Monitoringkonzept umfasst 15°Wärmemengenzähler, einen Stromzähler, 20 Temperatursensoren, zwei Ventilstellungssensoren und einen Drucksensor im Solarprimärkreislauf sowie einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

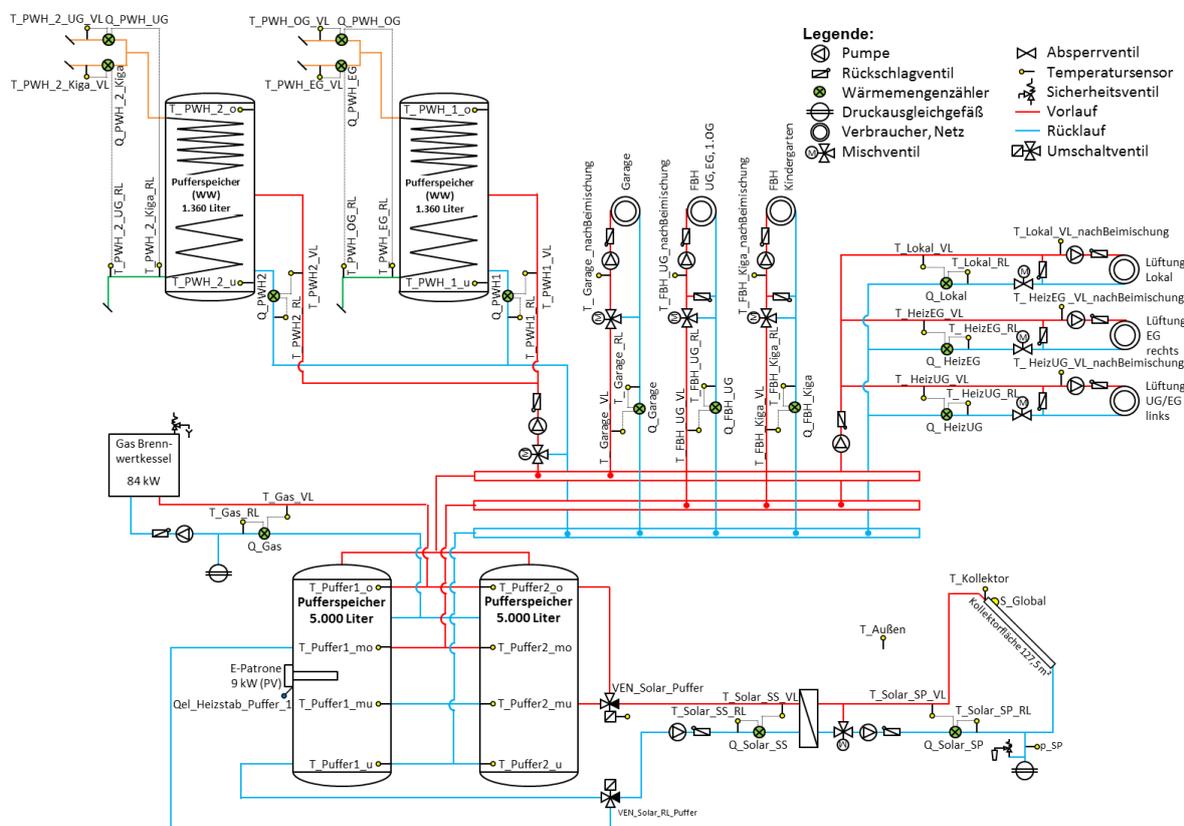


Abbildung 12: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „Sportanlage Bürgerau – Saalfelden“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur, Druck und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solaranlage

- S_{Global} Globalstrahlung in Kollektorebene
- T_{Kollektor} Kollektortemperaturfühler
- p_{SP} Anlagendruck Solarprimärkreis
- VEN_{Solar_Puffer} Ventil solare Pufferbeladung
- VEN_{Solar_RL_Puffer} Ventil solare Pufferbeladung Rücklauf
- Q_{Solar_SP} Wärmemenge Solarprimärkreis
- T_{Solar_SP_VL} Vorlauftemperatur Solarprimärkreis

| | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| $T_{\text{Solar_SP_RL}}$ | Rücklauftemperatur Solarprimärkreis |
| $Q_{\text{Solar_SS}}$ | Wärmemenge Solarsekundärkreis |
| $T_{\text{Solar_SS_VL}}$ | Vorlauftemperatur Solarsekundärkreis |
| $T_{\text{Solar_SS_RL}}$ | Rücklauftemperatur Solarsekundärkreis |

Gas-Brennwertkessel

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Q_{Gas} | Wärmemenge Gaskessel |
| $T_{\text{Gas_VL}}$ | Vorlauftemperatur Gaskessel |
| $T_{\text{Gas_RL}}$ | Rücklauftemperatur Gaskessel |

Pufferspeicher

| | |
|--------------------------|---|
| $T_{\text{Puffer1_o}}$ | Temperatur Pufferspeicher 1 - oben |
| $T_{\text{Puffer1_mo}}$ | Temperatur Pufferspeicher 1 - mitte oben |
| $T_{\text{Puffer1_mu}}$ | Temperatur Pufferspeicher 1 - mitte unten |
| $T_{\text{Puffer1_u}}$ | Temperatur Pufferspeicher 1 - unten |
| $T_{\text{Puffer2_o}}$ | Temperatur Pufferspeicher 2 - oben |
| $T_{\text{Puffer2_mo}}$ | Temperatur Pufferspeicher 2 - mitte oben |
| $T_{\text{Puffer2_mu}}$ | Temperatur Pufferspeicher 2 - mitte unten |
| $T_{\text{Puffer2_u}}$ | Temperatur Pufferspeicher 2 - unten |

Heizungskreise

| | |
|---|---|
| Q_{Garage} | Wärmemenge Heizung Garage |
| $T_{\text{Garage_VL}}$ | Vorlauftemperatur Heizung Garage |
| $T_{\text{Garage_RL}}$ | Rücklauftemperatur Heizung Garage |
| $T_{\text{Garagen_VL_nachBeimischung}}$ | Vorlauftemperatur nach Beimischung Heizung Garage |
| Q_{Lokal} | Wärmemenge Lüftung Lokal |
| $T_{\text{Lokal_VL}}$ | Vorlauftemperatur Lüftung Lokal |
| $T_{\text{Lokal_RL}}$ | Rücklauftemperatur Lüftung Lokal |
| $T_{\text{Lokal_VL_nachBeimischung}}$ | Vorlauftemperatur nach Beimischung Lüftung Lokal |
| Q_{HeizEG} | Wärmemenge Lüftung EG |
| $T_{\text{HeizEG_VL}}$ | Vorlauftemperatur Lüftung EG |
| $T_{\text{HeizEG_RL}}$ | Rücklauftemperatur Lüftung EG |
| $T_{\text{HeizEG_VL_nachBeimischung}}$ | Vorlauftemperatur nach Beimischung Lüftung EG |
| Q_{HeizUG} | Wärmemenge Lüftung UG |
| $T_{\text{HeizUG_VL}}$ | Vorlauftemperatur Lüftung UG |
| $T_{\text{HeizUG_RL}}$ | Rücklauftemperatur Lüftung UG |
| $T_{\text{HeizUG_VL_nachBeimischung}}$ | Vorlauftemperatur nach Beimischung Lüftung UG |
| $Q_{\text{FBH_UG}}$ | Wärmemenge FBH UG |
| $T_{\text{FBH_UG_VL}}$ | Vorlauftemperatur FBH UG |
| $T_{\text{FBH_UG_RL}}$ | Rücklauftemperatur FBH UG |
| $T_{\text{FBH_UG_nachBeimisch}}$ | VL Temperatur nach Beimischung FBH UG |
| $Q_{\text{FBH_KiGa}}$ | Wärmemenge FBH KiGa |
| $T_{\text{FBH_KiGa_VL}}$ | Vorlauftemperatur FBH KiGa |
| $T_{\text{FBH_KiGa_RL}}$ | Rücklauftemperatur FBH KiGa |
| $T_{\text{FBH_KiGa_nachBeimisch}}$ | Vorlauftemperatur nach Beimischung FBH KiGa |

Pufferspeicher 1 (WW)

| | |
|-------------------|--|
| T_{PWH1_o} | Temperatur Pufferspeicher (WW) 1 oben |
| T_{PWH1_u} | Temperatur Pufferspeicher (WW) 1 unten |
| Q_{PWH1} | Wärmemenge Pufferspeicher (WW) 1 |
| T_{PWH1_VL} | Vorlauftemperatur Pufferspeicher (WW) 1 |
| T_{PWH1_RL} | Rücklauftemperatur Pufferspeicher (WW) 1 |
| Q_{PWH_OG} | Wärmemenge Warmwasser OG |
| $T_{PWH_OG_VL}$ | Vorlauftemperatur Warmwasser OG |
| $T_{PWH_OG_RL}$ | Rücklauftemperatur Warmwasser OG |
| Q_{PWH_EG} | Wärmemenge Warmwasser EG |
| $T_{PWH_EG_VL}$ | Vorlauftemperatur Warmwasser EG |
| $T_{PWH_EG_RL}$ | Rücklauftemperatur Warmwasser EG |

Pufferspeicher 2 (WW)

| | |
|------------------------|--|
| $T_{PWH_2_o}$ | Temperatur Pufferspeicher (WW) 2 oben |
| $T_{PWH_2_u}$ | Temperatur Pufferspeicher (WW) 2 unten |
| Q_{PWH2} | Wärmemenge Pufferspeicher (WW) 2 |
| T_{PWH2_VL} | Vorlauftemperatur Pufferspeicher (WW) 2 |
| T_{PWH2_RL} | Rücklauftemperatur Pufferspeicher (WW) 2 |
| $Q_{PWH_2_KiGa}$ | Wärmemenge Warmwasser KiGa |
| $T_{PWH_2_KiGa_VL}$ | Vorlauftemperatur Warmwasser KiGa |
| $T_{PWH_2_KiGa_RL}$ | Rücklauftemperatur Warmwasser KiGa |
| $Q_{PWH_2_UG}$ | Wärmemenge Warmwasser UG |
| $T_{PWH_2_UG_VL}$ | Vorlauftemperatur Warmwasser UG |
| $T_{PWH_2_UG_RL}$ | Rücklauftemperatur Warmwasser UG |

Sonstige

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| T_{Aussen} | Außentemperatur |
| $Q_{elHeizstab_Puffer_1}$ | Elektrische Energie Heizpatrone |

7.2.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 13 bis Abbildung 15 geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen der relevanten Kennzahlen (spezifischer Solarertrag, solarer Deckungsgrad sowie der Wärmeverbrauch) betreffend die Anlage „Sportanlage Bürgerau“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung werden ein Jahressolarertrag von 462 kWh/m²a und eine Globalstrahlung von 1.335 kWh/m²a prognostiziert.

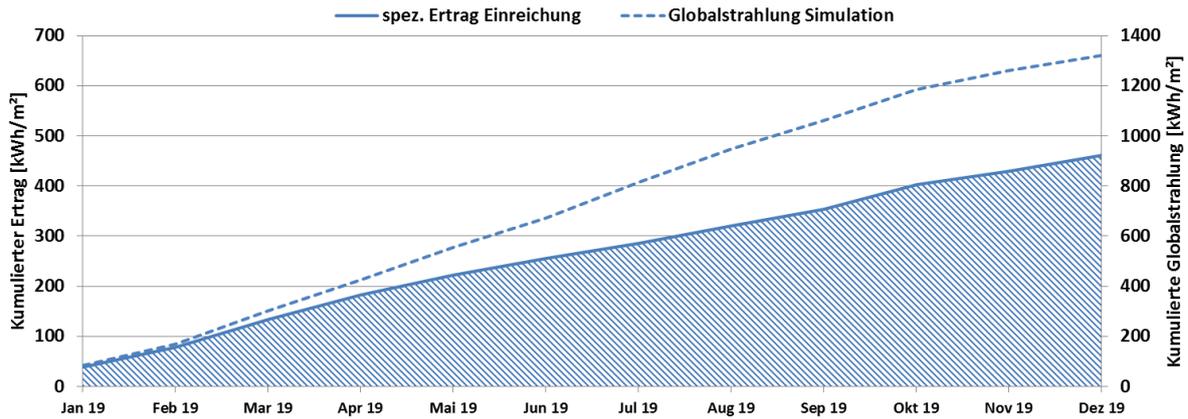


Abbildung 13: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage Sportanlage Bürgerau

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 56,5 % angegeben. In den Monaten Juli und August liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100 % (siehe Abbildung 14).

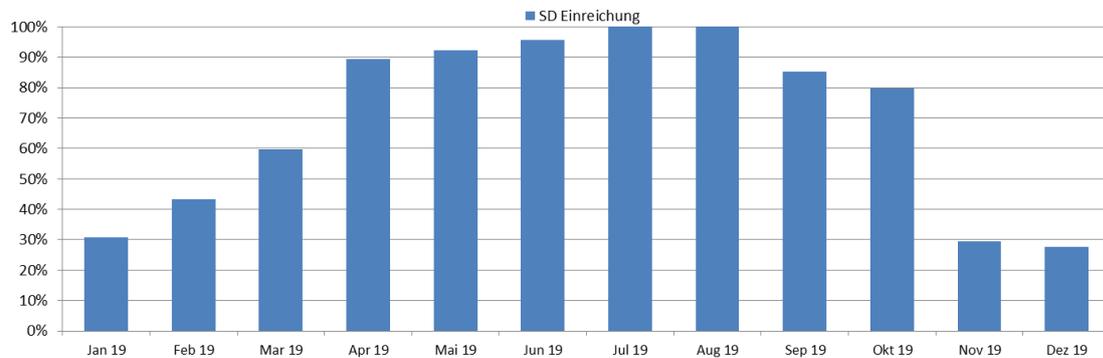


Abbildung 14: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Projekt Sportanlage Bürgerau

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 90,5 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 15 zu entnehmen.

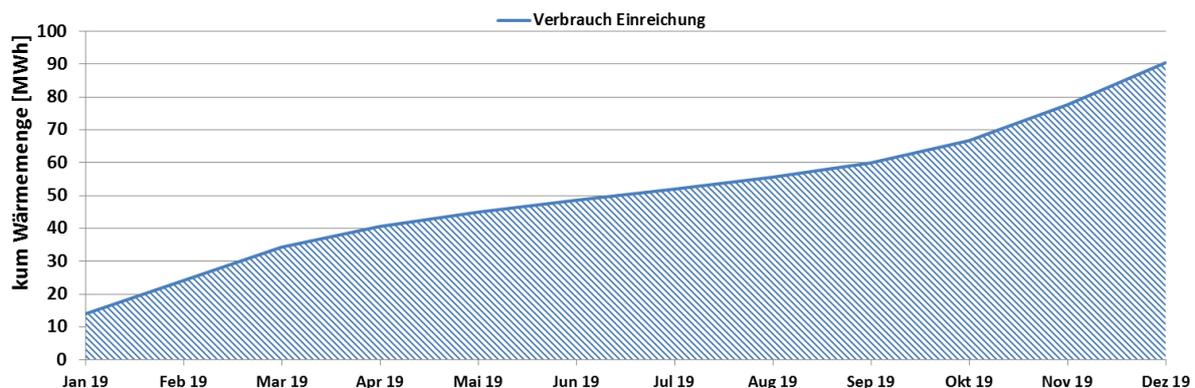


Abbildung 15: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Projekts Sportanlage Bürgerau

7.2.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist fertig errichtet und bereits in Betrieb. An der Umsetzung des Monitoringkonzepts wird noch gearbeitet. Der Start der einjährigen Monitoringphase ist für Anfang 2019 geplant.

7.3 Wien Energie - KW Simmering, W

7.3.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

| | |
|--|--|
| <u>Projektname:</u> | KW Simmering |
| <u>Adresse:</u> | 1110 Wien |
| <u>Art der Anwendung:</u> | Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgungen |
| <u>Wärmeverbraucher:</u> | Vorwärmung von Nachspeisewasser |
| <u>Bruttokollektorfläche:</u> | 655,93 m ² Flachkollektor (GREENoneTEC, 45 Stk GK3133-S, 8 Stk GK3803-S) |
| <u>Ausrichtung:</u> | 180° (Süd) |
| <u>Neigung:</u> | 30° |
| <u>Energiespeichervolumen:</u> | - |
| <u>Nachheizung:</u> | - |
| <u>Spezifischer Solarertrag:</u> | 736 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche) |
| <u>Projektstatus:</u> | Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringkonzept in Arbeit |
| <u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u> | AEE INTEC |

Die Wien Energie betreibt an mehreren Standorten Anlagen für die Fernwärmeerzeugung. Einer dieser Standorte ist der Hauptkraftwerksstandort Simmering im 11. Wiener Gemeindebezirk. Das 68 m hohe Kesselhausgebäude beherbergt die Fernwärmeerzeugungsblöcke Simmering 1 (seit 2008 in Betrieb) und Simmering 2 (Inbetriebnahme: 1978, Modifizierungen: 2009) sowie diverse Nebenanlagen für die beiden Kraftwerksblöcke. Unter anderem befindet sich dort eine Nachspeisestation, welche die im Fernwärmeprimärnetz auftretenden Wasserverluste permanent mit aufbereitetem Netzwasser (Deionat) nachspeist. Das Deionat hat üblicherweise Kaltwassertemperatur, sprich rund 20 °C, während der Rücklauf des Primärnetzes auf 65 °C betrieben wird. Die 656 m² große Solaranlage, welche 2018 auf dem Dach des Kesselhauses errichtet wurde, soll für die Vorwärmung des Deionats genutzt werden. Abbildung 16 zeigt eine Luftaufnahme des Kraftwerkstandorts Simmering. Auf dem Dach des Kesselhauses wurde die Solaranlage installiert.



Abbildung 16: Solaranlage auf dem Dach des Kesselhausgebäudes in Wien Simmering (Quelle: GREENoneTEC)

7.3.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Wärmeversorgungssystem zum Projekt „KW Simmering“ ist als Blockschaltbild in Abbildung 17 dargestellt.

Aus einem Behälter wird das aufbereitete Netzwasser (Deionat) in den Rücklauf des Fernwärmenetzes eingespeist. Zur solaren Vorwärmung kann das Deionat über den Solarwärmetauscher geleitet werden.

Die 656 m² große Solaranlage ist direkt nach Süden ausgerichtet und mit 30° aufgeständert.

Das Monitoringkonzept der Anlage ist in Abbildung 17 ersichtlich. 2 Wärmemengenzähler, 17 Temperatursensoren, zwei Drucksensoren und ein Einstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

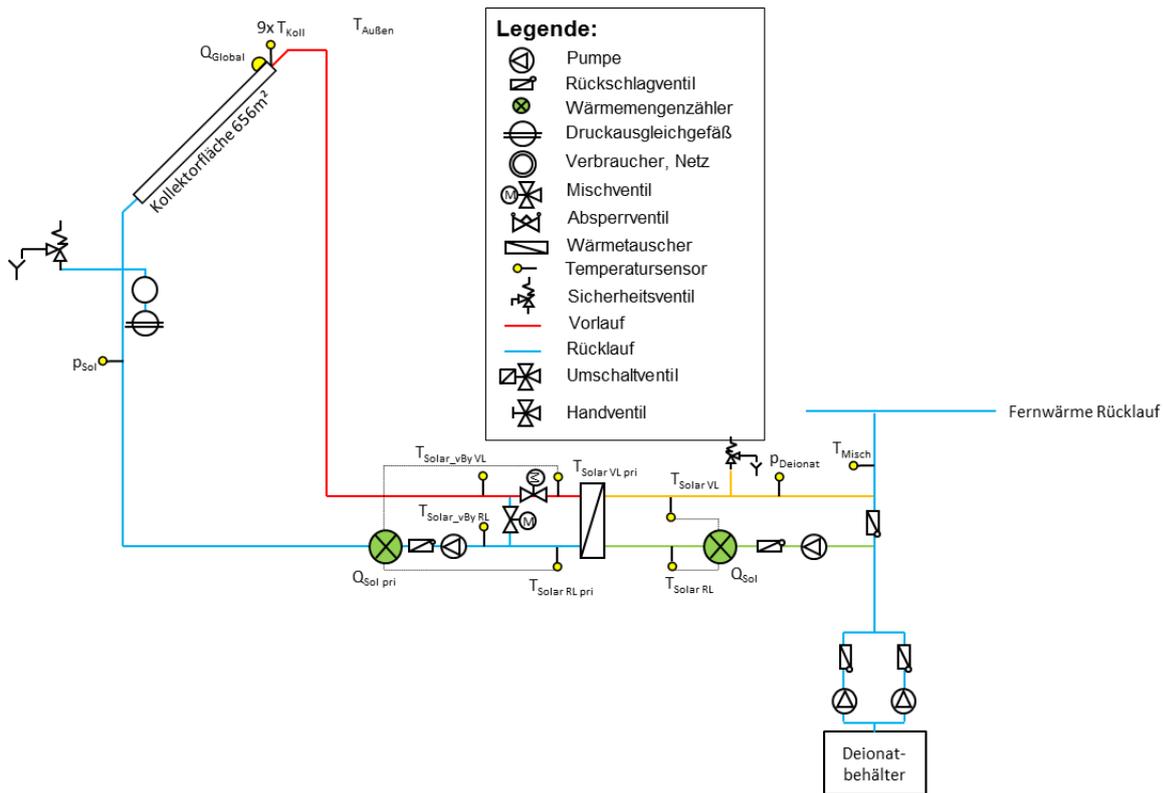


Abbildung 17: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „KW Simmering“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren sowie Stromzähler)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solaranlage

| | |
|----------------------|---|
| R_{Global} | Globalstrahlung in Kollektorebene |
| T_{Koll_1} | Kollektorfühler 1 |
| T_{Koll_2} | Kollektorfühler 2 |
| T_{Koll_3} | Kollektorfühler 3 |
| T_{Koll_4} | Kollektorfühler 4 |
| T_{Koll_5} | Kollektorfühler 5 |
| T_{Koll_6} | Kollektorfühler 6 |
| T_{Koll_7} | Kollektorfühler 7 |
| T_{Koll_8} | Kollektorfühler 8 |
| T_{Koll_9} | Kollektorfühler 9 |
| p_{SP} | Anlagendruck Solar |
| $p_{Deionat}$ | Anlagendruck Deionat |
| Q_{Solar_SP} | Wärmemengenzähler Solar Primärkreis |
| V_{Solar_SP} | Durchfluss Solar Primärkreis |
| $T_{Solar_SP_VL}$ | Vorlauftemperatur Solar Primärkreis |
| $T_{Solar_SP_RL}$ | Rücklauftemperatur Solar Primärkreis |
| $T_{Solar_vBy_VL}$ | Vorlauftemperatur Solar Primärkreis vor Bypass |
| $T_{Solar_vBy_RL}$ | Rücklauftemperatur Solar Primärkreis vor Bypass |
| Q_{Solar_SS} | Wärmemengenzähler Solar Sekundärkreis |
| V_{Solar_SS} | Durchfluss Solar Sekundärkreis |
| $T_{Solar_SS_VL}$ | Vorlauftemperatur Solar Sekundärkreis |

$T_{\text{Solar_SS_RL}}$ Rücklauftemperatur Solar Sekundärkreis

Sonstiges

T_{Aussen} Außentemperatur

T_{Misch} Mischtemperatur Deionat

7.3.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die, bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen für den spezifischen Solarertrag betreffend die Anlage „KW Simmering“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 736 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1305 kWh/m² erwartet.

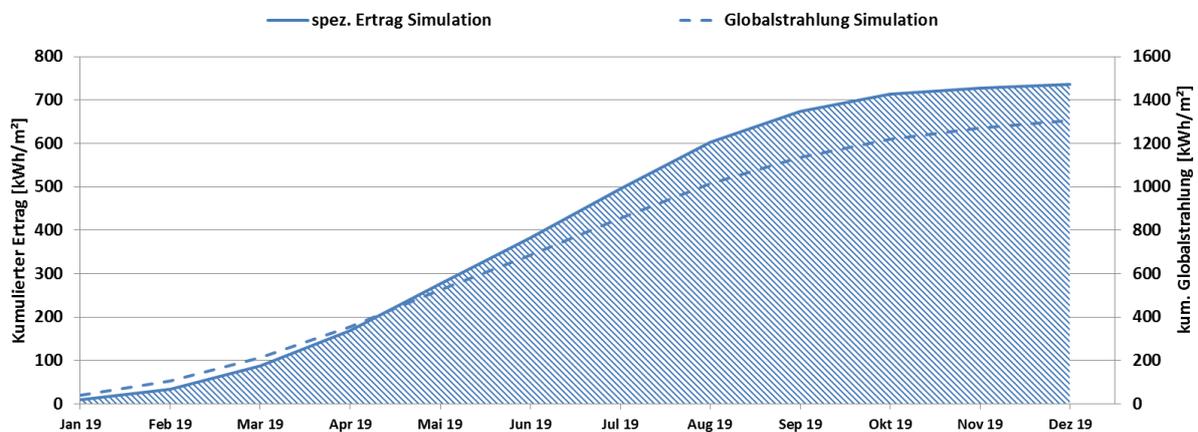


Abbildung 18: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „KW Simmering“

Aus systemischen Gründen ist die Aufzeichnung des gesamten Deionat-Volumenstroms nicht möglich, sodass Verbrauch und solarer Deckungsgrad nicht ermittelt werden können.

7.3.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist fertig errichtet und bereits in Betrieb. An der Umsetzung des Monitoringkonzepts wird noch gearbeitet. Der Start der einjährigen Monitoringphase ist für Anfang 2019 geplant.

7.4 AVL III - Solare Kühlung, Stmk.

7.4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

| | |
|--|--|
| <u>Projektname:</u> | AVL III - Kühlung |
| <u>Adresse:</u> | 8020 Graz |
| <u>Art der Anwendung:</u> | Solare Prozessintegration und solare Kühlung |
| <u>Wärmeverbraucher:</u> | Bereitstellung von Prozesswärme für die Entfeuchtung von Lüftungsanlagen für die Prü fzellenklimatisierung sowie Warmwasserbereitung und Raumkonditionierung des AVL-Firmengeländes über ein Mikronetz |
| <u>Bruttokollektorfläche:</u> | 596,16 m ² Hochleistungsflachkollektor (KBB K5 Giga+) |
| <u>Ausrichtung:</u> | 135° (SO) |
| <u>Neigung:</u> | 30° |
| <u>Spezifischer Solarertrag:</u> | 405 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche) |
| <u>Projektstatus:</u> | Anlage in Umsetzung |
| <u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u> | AEE INTEC |

Im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – solare Großanlagen“ wurden im Ausschreibungsjahr 2013 von der Fa. SOLID insgesamt zwei Projekte und im Ausschreibungsjahr 2017 eine dritte Anlage zur Bereitstellung von Prozesswärme sowie zur Kälteversorgung des AVL-Firmengeländes in Graz eingereicht und in weiterer Folge für das Begleitforschungsprogramm ausgewählt. Die Bruttogesamtfläche aller Projekte beträgt 3.895 m² (siehe Abbildung 1).

1.584,7 m² Kollektorfläche wurden bereits auf dem Dach der Parkgarage montiert und in Betrieb genommen bzw. an die Wärmeversorgung angeschlossen (AVL I). Im Zuge der Errichtung des ersten Projekts wurde im Freien, unmittelbar in der Nähe der Parkgarage, ein 70 m³ Pufferspeicher aufgestellt. Aus dem Pufferspeicher wird das Mikronetz des AVL-Firmengeländes mit solarer Wärme versorgt. Über das Mikronetz wird ganzjährig Prozesswärme für die Entfeuchtung von Lüftungsanlagen für die Prü fzellenklimatisierung bereitgestellt. Hierbei muss, unabhängig von den Außenkonditionen, welche beim jeweiligen Motorentest vorherrschen, die Konditionierung der Prü fzellen entsprechend geforderter Parameter, wie Temperatur und auch relative Feuchte, erfüllt werden. Des Weiteren wird über das Mikronetz die Warmwasserbereitung und Raumkonditionierung einzelner Gebäude am Standort gewährleistet. Die Nachheizung für das Mikronetz erfolgt über zwei bestehende Gaskessel sowie mittels Anbindung an das Fernwärmenetz der Stadt Graz.

Aktuell befinden sich zwei weitere Kollektorfelder in Umsetzung, wobei jenes mit einer Bruttokollektorfläche von 1.713,96 m² im Förderjahr 2013 verortet ist (AVL II) und auf dem Dach des APZ-Gebäudes errichtet wird. Die dritte Erweiterung mit einer Bruttokollektorfläche von 596,16 m², welche im Förderjahr 2017 eingereicht wurde, wird auf dem Dach der neu errichteten Parkgarage montiert. Im Zuge dessen soll ebenso die Montage einer 650 kW Absorptionskälteanlage auf dem Dach des APZ-Gebäudes erfolgen.

Finanzierung, Errichtung und Betrieb der Anlage erfolgt durch die Fa. S.O.L.I.D. über ein „Contracting-Modell“. Die solarthermisch generierte Wärme wird an die AVL GmbH verkauft.



Abbildung 19: Rendering der Kollektorfelder AVL I und AVL II. Im Vordergrund das 1.400 m² große Kollektorfeld am Dach des APZ-Gebäudes (AVL II) bzw. im Hintergrund das 1.580 m² große Kollektorfeld am Dach der Parkgarage (AVL I). (Bildquelle: S.O.L.I.D. Gesellschaft für Solarinstallation und Design m.b.H.)

7.4.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zu den Anlagen „AVL I - Solare Prozessintegration“, „AVL II und AVL III – solare Kühlung“ ist als Blockschaltbild in Abbildung 20 dargestellt. Die Anlagenkomponenten der bereits errichteten Anlage „AVL I – solare Prozessintegration“ sind innerhalb roter Systemgrenzen dargestellt.

Alle solarthermischen Anlagen speisen in Abhängigkeit des verfügbaren Temperaturniveaus in zwei unterschiedlichen Höhen in den Pufferspeicher ein. Aus dem Pufferspeicher erfolgt die Bereitstellung von solarer Wärme über das Mikronetz für die einzelnen Prozesse, die Warmwasserbereitung und Raumkonditionierung sowie die Bereitstellung von Wärme für die Absorptionskälteanlage des AVL-Firmengeländes. Die Nachheizung wird über zwei in Bestand befindliche Gaskessel sowie mittels Anbindung an das Fernwärmenetz der Stadt Graz gewährleistet. In Abhängigkeit der Energiepreise werden die Gaskessel bzw. das Fernwärmenetz als Nachheizung genutzt.

Das Monitoringkonzept umfasst sechs Wärmemengenzähler, 8 Temperatursensoren sowie einen Stromzähler.

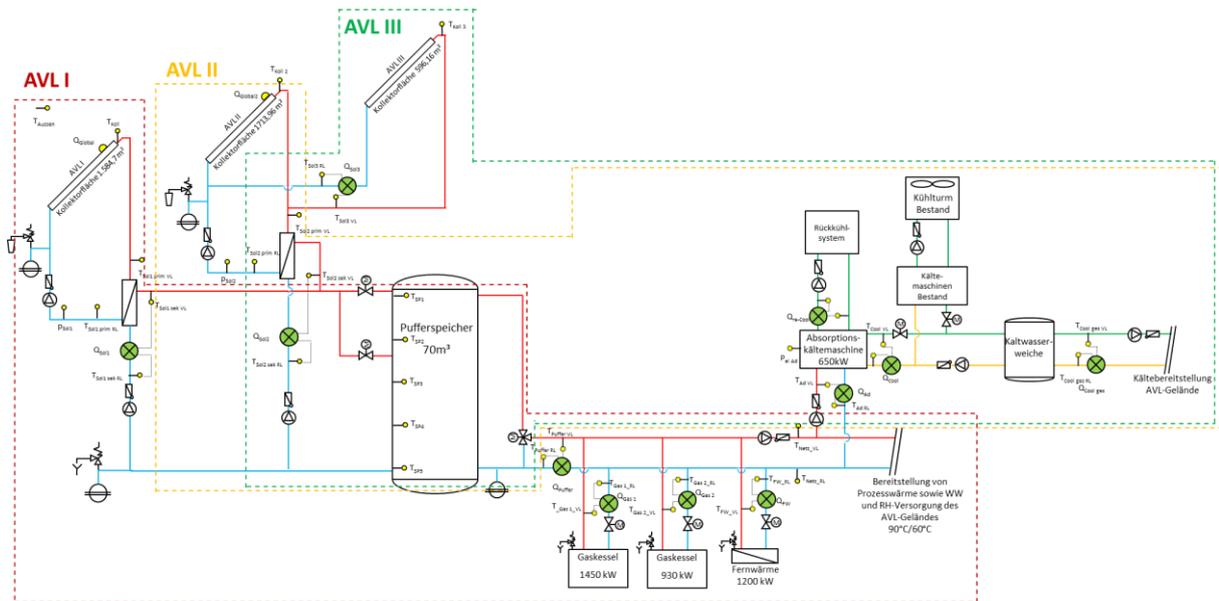


Abbildung 20: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „AVL“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren sowie Stromzähler)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

AVL III

| | |
|------------------|---|
| T_Koll | Kollektortemperatur |
| T_Solar_VL_prim | Vorlauftemperatur Solar primär gesamt |
| T_Solar_RL_prim | Rücklauftemperatur Solar primär gesamt |
| Q_Solar_3 | Wärmemengenzähler Solar primär |
| V_Solar_3 | Durchfluss Solar primär |
| T_Solar_3_VL_sek | Vorlauftemperatur Solar primär |
| T_Solar_3_RL_sek | Rücklauftemperatur Solar primär |
| T_Puffer1_sek | Puffertemperatur |
| T_Puffer2_sek | Puffertemperatur |
| T_Puffer3_sek | Puffertemperatur |
| T_Puffer4_sek | Puffertemperatur |
| T_Puffer5_sek | Puffertemperatur |
| Q_Solar_2 | Wärmemengenzähler Solar |
| V_Solar_2 | Durchfluss Solar |
| T_Solar_2_VL_sek | Vorlauftemperatur Solar |
| T_Solar_2_RL_sek | Rücklauftemperatur Solar |
| Q_Ad | Wärmemengenzähler Adsorptionskältemaschine |
| V_Ad | Durchfluss Adsorptionskältemaschine |
| T_Ad_VL | Vorlauftemperatur Adsorptionskältemaschine |
| T_Ad_RL | Rücklauftemperatur Adsorptionskältemaschine |
| Q_cool | Wärmemengenzähler Kühlung |
| V_cool | Durchfluss Kühlung |
| T_cool_VL | Vorlauftemperatur Kühlung |
| T_cool_RL | Rücklauftemperatur Kühlung |
| Q_cool ges | Wärmemengenzähler Kühlung gesamt |
| V_cool ges | Durchfluss Kühlung gesamt |

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| T_cool ges_VL | Vorlauftemperatur Kühlung gesamt |
| T_cool ges_RL | Rücklauftemperatur Kühlung gesamt |
| Q_recool | Wärmemengenzähler Rückkühlung |
| V_recool | Durchfluss Rückkühlung |
| T_recool_VL | Vorlauftemperatur Rückkühlung |
| T_recool_RL | Rücklauftemperatur Rückkühlung |
| Qel_Ad | Elektr. Energie AdsorptionsKM |
| PeI_Ad | Elektr. Leistung AdsorptionsKM |

7.4.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 21 gibt einen Überblick über die, bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen für den spezifischen Solarertrag betreffend die Anlage „AVL III - Kühlung“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 405 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1333 kWh/m² erwartet.

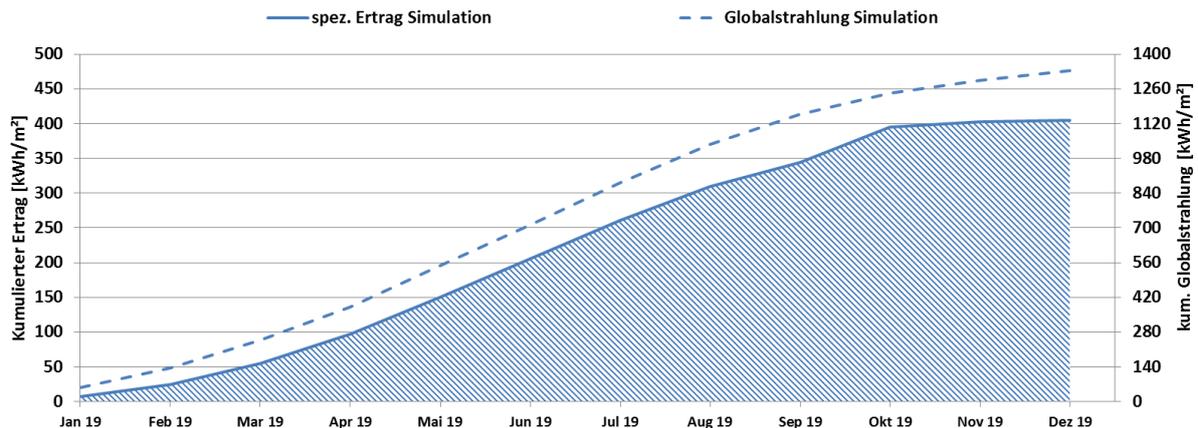


Abbildung 21: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „AVL III - Kühlung“

7.4.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage befindet sich gerade in der Umsetzungsphase. Die Inbetriebnahme und damit der Start der Monitoringperiode ist für Ende des 2. Quartals 2019 geplant.

8 Literaturverzeichnis

Fink et al., 2010:

Christian Fink, Waldemar Wagner: Leitfaden zum Monitoringkonzept im Rahmen des Begleitforschungsprogramms zur Förderaktion des Klima- und Energiefonds "Solarthermie - solare Großanlagen"; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2010

Fink et al., 2015:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: Endbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2010“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2015

Fink et al., 2016a:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: Endbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2011“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2016

Fink et al., ZB 2016b:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: 3. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2012“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2016

Fink et al., ZB 2016c:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: 2. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2013“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2016

Fink et al., ZB 2018a:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: 3. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2014“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2018

Fink et al., ZB 2018b:

Christian Fink, Samuel Knabl, Walter Becke, Bernd Windholz, Max Blöchle, Franz Helminger: 3. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2015“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2018

Fink et al., ZB 2018c:

Christian Fink, Walter Becke, Veronika Hierzer, Jakob Binder, Reinhard Pertschy, Max Blöchle, Franz Helminger, Thomas Natiesta: 2. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2016“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2018