

1. Zwischenbericht zum Projekt

**WISSENSCHAFTLICHE
BEGLEITFORSCHUNG ZUM
FÖRDERPROGRAMM
„SOLARTHERMIE – SOLARE
GROßANLAGEN 2018“**

Autoren

Christian Fink, Projektleitung
Walter Becke
Marnoch Hamilton-Jones
Reinhard Pertschy

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, im Februar 2020

Auftraggeber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien



Beauftragt im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – Solare Großanlagen“ – (GZ B962483)

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.....	9
5	VERBREITUNGSAKTIVITÄTEN	11
6	KENNZAHLEN AUS SIMULATION UND MESSUNG IM ANLAGENVERGLEICH	12
7	BESCHREIBUNG DER PROJEKTE UND DARSTELLUNG DER RELEVANTEN MESSERGEBNISSE.....	15
	7.1 Logistikzentrum IKEA, W	15
	7.2 Steinwendner GmbH, OÖ.....	27
	7.3 Fußballzentrum Tivoli, T.....	32
	LITERATURVERZEICHNIS	38

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 neun 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 2018 bis November 2019) mit den 9 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 2 Anlagen in Betrieb sind, 1 Anlage ist in der Umsetzungsphase, 4 Projekte sind in der Detailplanungsphase und bei 2 Projekten ist die Umsetzung noch unklar.

Die durchgeführten Arbeiten und Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Kontakthaltung mit 9 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 3 Projekte
- Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems bei insgesamt 2 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 2018 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
- 2 Beiträge bei einschlägigen Veranstaltungen, ein Workshop und 2 Diplomarbeiten (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2018) 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. Solarthermie in Kombination mit Wärmepumpe
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 2 Beiträge bei einschlägigen Veranstaltungen und ein Workshop geleistet werden (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2018).
- 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 2018 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, 2011, 2012 und 2013 (Fink et al., 2015; Fink et al., 2016a; Fink et al., 2019a; Fink et al., 2019b) sowie für die Zwischenberichte der Projekte „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2014, 2015, 2016 und 2017 (Fink et al., 2018a; Fink et al., 2018b; Fink et al., 2019a; Fink et al., 2019b) erstellt.

3 Überblick über die Begleitforschungsprojekte

Seitens des Begleitforschungsteams wurde zu Beginn des Berichtszeitraums mit allen Förderwerbern im Monitoringprogramm (9 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 2 Anlagen in Betrieb sind, 2 Anlage in der Umsetzungsphase ist, 3 Projekte ist in der Detailplanungsphase und bei 2 Projekten ist die Umsetzung noch unklar (siehe Abbildung 1).

Hohe solare Deckungsgrade	m²	Solaranlagen und Wärmepumpen	m²
Rotkreuz Korneuburg, NÖ	102	IKEA Logistikzentrum, W	1342
Gasokol GmbH	216	BG Graspointner GmbH, OÖ	350
		Footballzentrum Innsbruck, T	164
Prozesswärme	m²	Einspeisung in Wärmenetz	m²
Steinwendner GmbH, OÖ	196	NW St. Ruprecht, Stmk.	1500
		Helios II, Stmk.	2178
		Netzeinspeisung Wulzendorfstrasse, W	914

Anlage wird realisiert
Anlagenrealisierung ungewiss
Anlage wird nicht umgesetzt

Abbildung 1: Status Quo der Annahme der Förderverträge aufgeteilt nach den vier Einreichkategorien (Förderprogramm 2018)

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

Tabelle 1: Übersicht und Umsetzungsstatus zu den 9 Projekten im Förderprogramm 2018

Nr.	Projektname und Bruttokollektorfläche	Projektstatus	Zuständigkeit Begleitforschung
1)	IKEA Logistikzentrum, W	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AEE INTEC
2)	Steinwendner GmbH, OÖ	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AEE INTEC
3)	Footballzentrum Innsbruck, T	Anlage in Umsetzung	AEE INTEC
4)	BG Graspointner, OÖ	Anlage in Detailplanungsphase	AEE INTEC
5)	Helios II, Stmk	Anlage in Detailplanungsphase	AEE INTEC
6)	NW St. Ruprecht, Stmk	Anlage in Detailplanungsphase	AEE INTEC
7)	Rotkreuz Korneuburg, NÖ	Anlage in Detailplanungsphase	AEE INTEC
8)	Gasokol, OÖ	Unklar, ob Anlage gebaut wird	AEE INTEC
9)	Netzeinspeisung Wulzendorfstrasse, W	Unklar, ob Anlage gebaut wird	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 3 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 2 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 2018 bis November 2019) 3 Beiträge zu einschlägigen Veranstaltungen geleistet (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2018).

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
Workshop	Energiemanagement und Stromspeicher in der Land- und Forstwirtschaft, 30.04.2019, St. Veit/Glan	Solarhaus und thermische Bauteilaktivierung - Ein Gebäude als Energiespeicher	15
Symposium	29. Symposium „Solarthermie und innovative Wärmesysteme“ 21. bis 23. Mai 2019, Bad Staffelstein, Deutschland	Messergebnisse zur Einbindung von Solarwärme in netzgebundene Wärmeversorgungsanlagen	130
Themenveranstaltung	eNu TALK 29.5.2019, Energie- und Umweltagentur NÖ, St. Pölten	Hat Solarthermie Zukunft?	15

In unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie – Solare Großanlagen“ für die Ausschreibungsjahre 2012 bis 2018 wurden, wie in Tabelle 3 angeführt, innerhalb des Berichtszeitraums (Dezember 2018 bis November 2019) 2 akademische Arbeiten verfasst.

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

Titel der Master- und Diplomarbeiten	Name DiplomandIn	Universität / Fachhochschule
Operational Analysis and Evaluation of Solar Thermal Plant in Combination with a 2.500 ³ grid-connected storage tank	Stephanie Shuk-King Chang	FH OÖ
Analysis and Evaluation of a Solar Thermal and Heat Pump Combination with Ice Storage	Nouman Akram	Técnico Lisboa

6 Kennzahlen aus Simulation und Messung im Anlagenvergleich

Von den 9 messtechnisch zu begleitenden Projekten aus dem Großanlagenprogramm 2018 stehen 2 Projekte kurz vor dem Beginn der einjährigen Monitoringsphase, eines ist noch in der Umsetzungsphase, vier befinden sich in der Detailplanungsphase und bei 2 Projekten ist die Umsetzung noch unklar. Zur Darstellung der prognostizierten Ergebnisse zum Zeitpunkt der Einreichung werden in den nachfolgenden drei Abbildungen die wesentlichen Kennzahlen der 3 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/m^2 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 sind. 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 3 Anlagen, die sich kurz vor Start der Monitoringperiode befinden bzw. in Umsetzung sind. Der sehr hohe Ertrag für die Anlage „IKEA Logistikzentrum“ ist auf die Nutzung von unabgedeckten Absorbermatten zurückzuführen, welche auch als Luft-Sole-Wärmetauscher dienen.

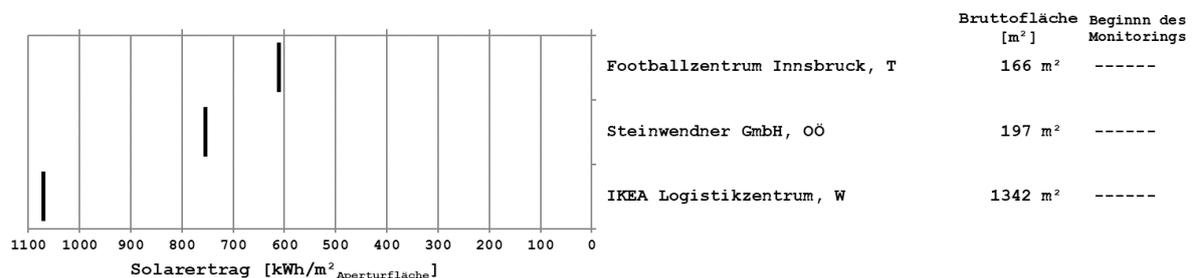


Abbildung 2: Darstellung der prognostizierten spezifischen Solarerträge (schwarze Striche) von 3 Projekten, die sich kurz vor Beginn des einjährigen Betrachtungszeitraums bzw. in der Umsetzung befinden

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. Bei der Anlage „Steinwendner GmbH“ gibt es keine Nachheizung. Daher beträgt der solare Deckungsgrad jedenfalls 100 % - unabhängig von der Performance der Anlage. Daher wurde hier von einer Darstellung abgesehen.

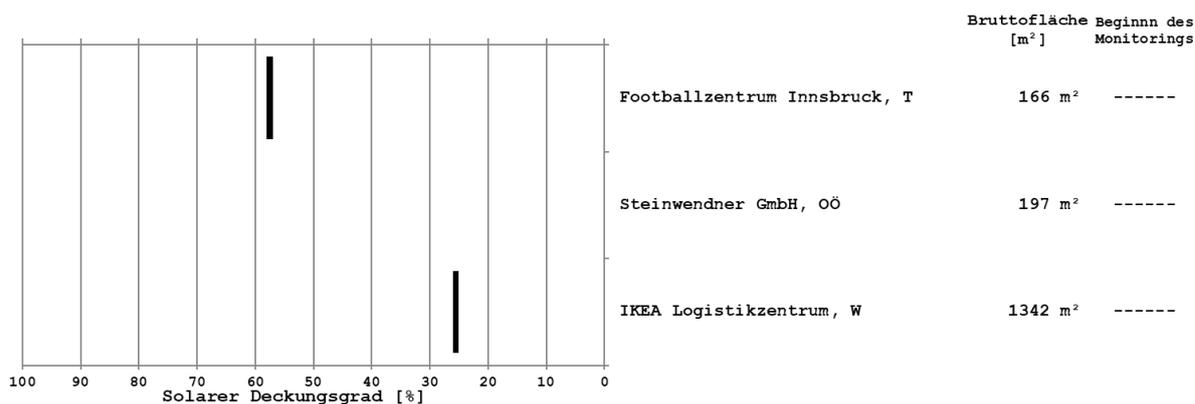


Abbildung 3: Darstellung der prognostizierten solaren Deckungsgrade (schwarze Striche) von 3 Projekten, die sich kurz vor Beginn des einjährigen Betrachtungszeitraums bzw. in der Umsetzung befinden

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 Anlage „Steinwendner GmbH“ nicht sinnvoll.

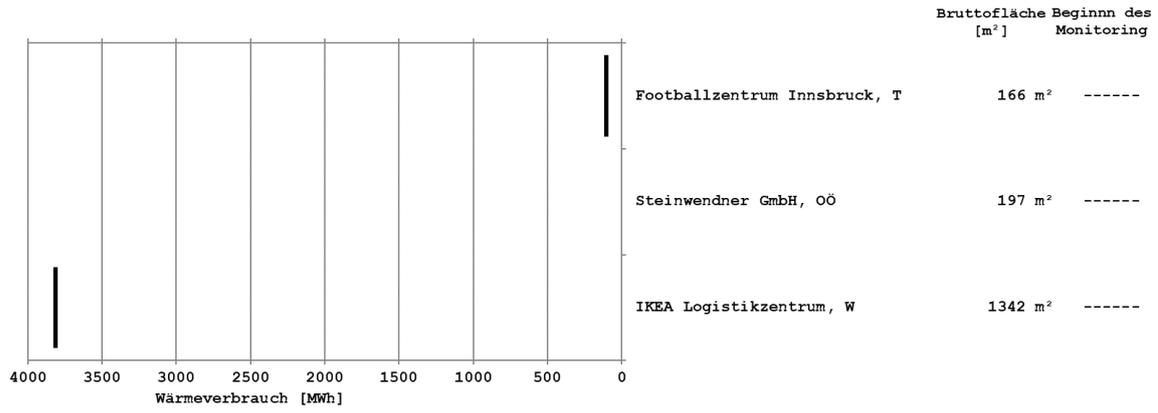


Abbildung 4: Darstellung der prognostizierten Wärmeverbräuche (schwarze Striche) von 3 Projekten, die sich kurz vor Beginn des einjährigen Betrachtungszeitraums bzw. in der Umsetzung befinden

7 Beschreibung der Projekte und Darstellung der relevanten Messergebnisse

7.1 Logistikzentrum IKEA, W

7.1.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Logistikzentrum IKEA
<u>Adresse:</u>	1210 Wien
<u>Art der Anwendung:</u>	Solaranlagen in Kombination mit Wärmepumpen
<u>Wärmeverbraucher:</u>	Raumheizung und -kühlung
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	1.342 m ² (unabgedeckte Absorbermatten, Viessmann SLK-600)
<u>Aperturfläche:</u>	1.203 m ²
<u>Neigung:</u>	0°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	135° (Süd-Ost)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.440 m ³ Eisspeicher, 10 m ³ Kältespeicher, 5 m ³ Pufferspeicher
<u>Nachheizungssystem:</u>	2 Sole/Wasser-Wärmepumpen (je 500 kW Heizen / 337 kW Kühlen) 1 Wasser/Wasser-Wärmepumpe (414 kW Heizen/ 300 kW Kühlen) Gaskessel (1,6 MW)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	25 % (lt. Simulation)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	1086 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

Im Laufe des Jahres 2019 wurde in Wien ein neues IKEA Logistikzentrum errichtet. In dem Gebäude sind sowohl umfangreiche Lager- und Logistikbereiche wie auch Büros und ein Gastrobereich untergebracht. Insgesamt werden 42.634 m² Gebäudefläche mit einer Heizlast von 1,68 MW bzw. einer Kühllast von 446 kW versorgt. Für die Wärmeversorgung kommen 2 Sole-Wasser-Wärmepumpen, eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe und ein Gaskessel zum Einsatz. Kernstück der Anlage ist ein 1.440 m³ großer Eisspeicher, welcher als Quelle für die Sole-Wasser-Wärmepumpen dient. Eine 1.342 m² große Solaranlage aus unabgedeckten Absorbermatten, welche am Dach des neuen Gebäudes montiert ist, dient für die Regeneration des Eisspeichers oder als direkte Quelle für die Sole-Wasser-Wärmepumpen. Das Wärmeversorgungssystem kann auch für die Kühlung des Gebäudes genutzt werden. Dies kann über natürliche Kühlung direkt aus dem Eisspeicher oder der Brunnenanlage wie auch in Form aktiver Kühlung mit Hilfe der Wärmepumpen passieren. Als Rückkühler stehen der Eisspeicher wie auch die Solaranlage zur Verfügung. Abbildung 5 zeigt ein Luftbild von der Errichtung des Eisspeichers, welcher bei dieser Anlage eine zylindrische Form aufweist.



Abbildung 5: Bau des Eisspeichers der Anlage Logistikzentrum IKEA (Quelle: IKEA)

7.1.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem der Audio Tuning Vertriebs GmbH ist als Blockschaltbild in Abbildung 6 dargestellt. Die Versorgungsanlage kann 8 verschiedene Betriebsmodi einnehmen, welche im Folgenden detailliert beschrieben werden.

Als zentrales Wärme- und Kälteversorgungssystem dienen die Sole-Wasser-Wärmepumpen für die Solaranlage bzw. der Eisspeicher als Quellen zur Verfügung stehen. Natürliche Kühlung kann direkt aus dem Eisspeicher gefahren werden (reine Umwälzung, kein Wärmepumpenbetrieb). Sowohl Eisspeicher als auch Solaranlage können im Fall aktiver Kühlung als Abwärmesenke verwendet werden. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe dient als Ausfallssicherheit. Der Brunnen (Quelle der Wasser-Wasserwärmepumpe) kann auch für natürliche Kühlung verwendet werden, wenn der Eisspeicher bereits zu warm ist. Der Gaskessel dient einerseits als weitere Ausfallsreserve und andererseits ist er wie ein Durchlauferhitzer (zur Anhebung des Heizungsvorlaufs) in die Wärmeversorgung des Gebäudes eingebunden. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe und der Gaskessel sind keinen eigenen Betriebsmodi zugeordnet, da sie primär der Ausfallssicherheit dienen.

Der Eisspeicher ist über einen internen und einen externen Wärmetauscher in das System eingebunden. Der interne Wärmetauscher dient dem Energieentzug, über den externen Wärmetauscher wird Wärme zur Regeneration in den Eisspeicher eingebracht.

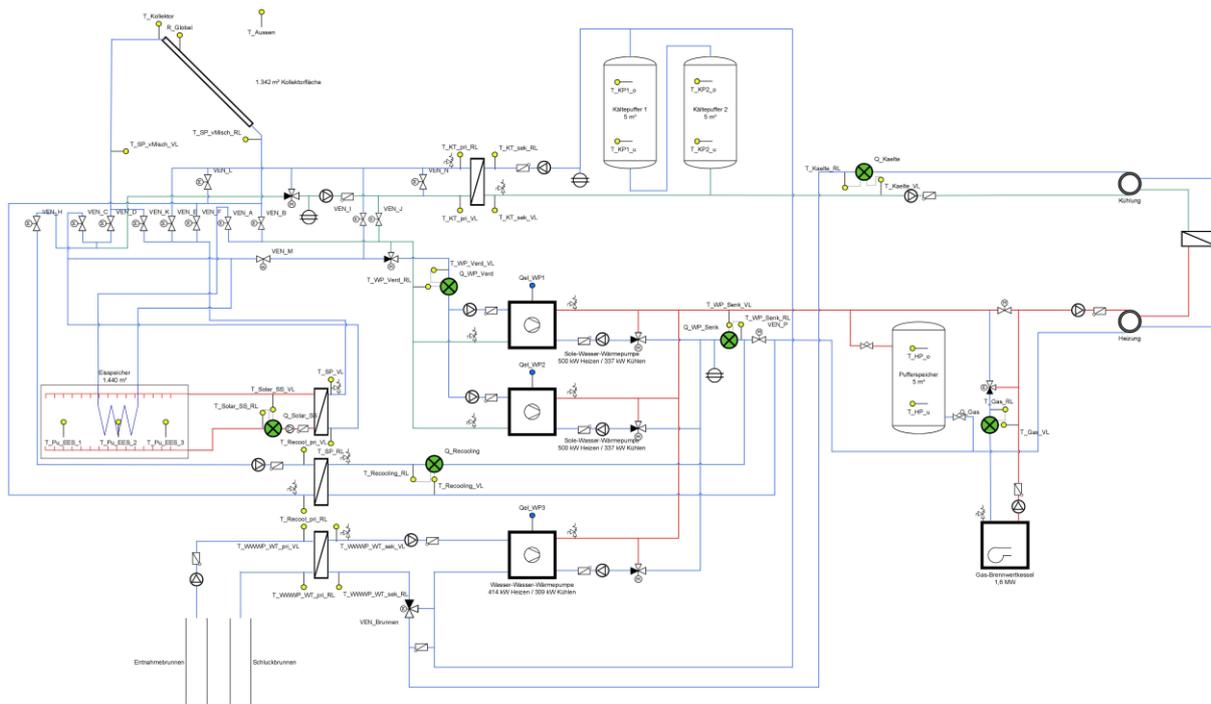


Abbildung 6: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „Logistikzentrum IKEA“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren; blau: Stromzähler)

Betriebsmodus 1: Heizen

In diesem Szenario wird das Gebäude mit Wärme versorgt, welche von den Sole-Wasser-Wärmepumpen bereitgestellt wird. Als Quelle dient der Eisspeicher, welcher zeitgleich von der Solaranlage regeneriert wird. Dieser Modus soll aktiv sein, wenn die Außentemperatur unter 12 °C liegt.

Offene Ventile

- Solaranlage: N, L, C, K
- Wärmepumpe: M, A, P

Betriebsmodus 1a: Sommerregeneration

Die solare Eisspeicherregeneration läuft grundsätzlich unabhängig vom Betrieb der Wärmepumpen. Von Juni bis September soll die Solaranlage vornehmlich in den Nachtstunden (22 bis 6 Uhr) den Eisspeicher regenerieren.

Offene Ventile: N, L, C, K

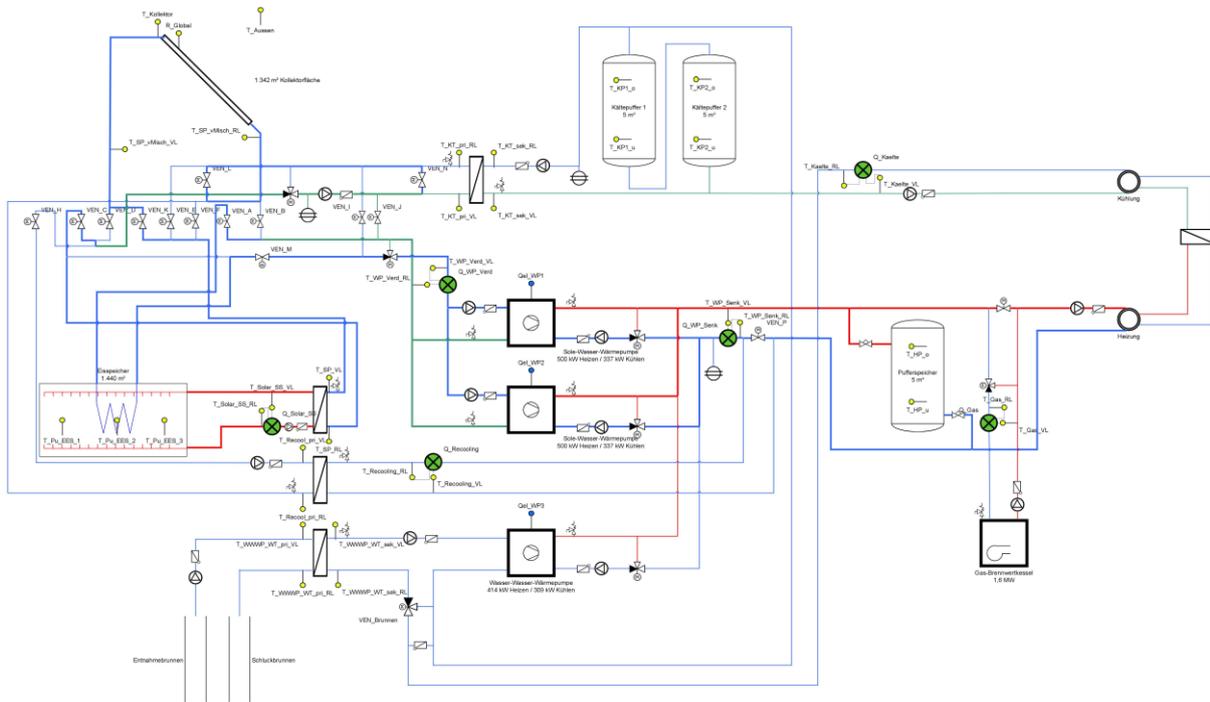


Abbildung 7: Betriebsmodus 1 - Heizen: Eisspeicher dient den Wärmepumpen als Quelle, Regeneration des Eisspeichers via Kollektoren

Betriebsmodus 2: Heizen

Bei diesem Modus dient die Solaranlage als direkte Quelle für die Sole-Wasser-Wärmepumpen.

Offene Ventile: D, C, M, B, P

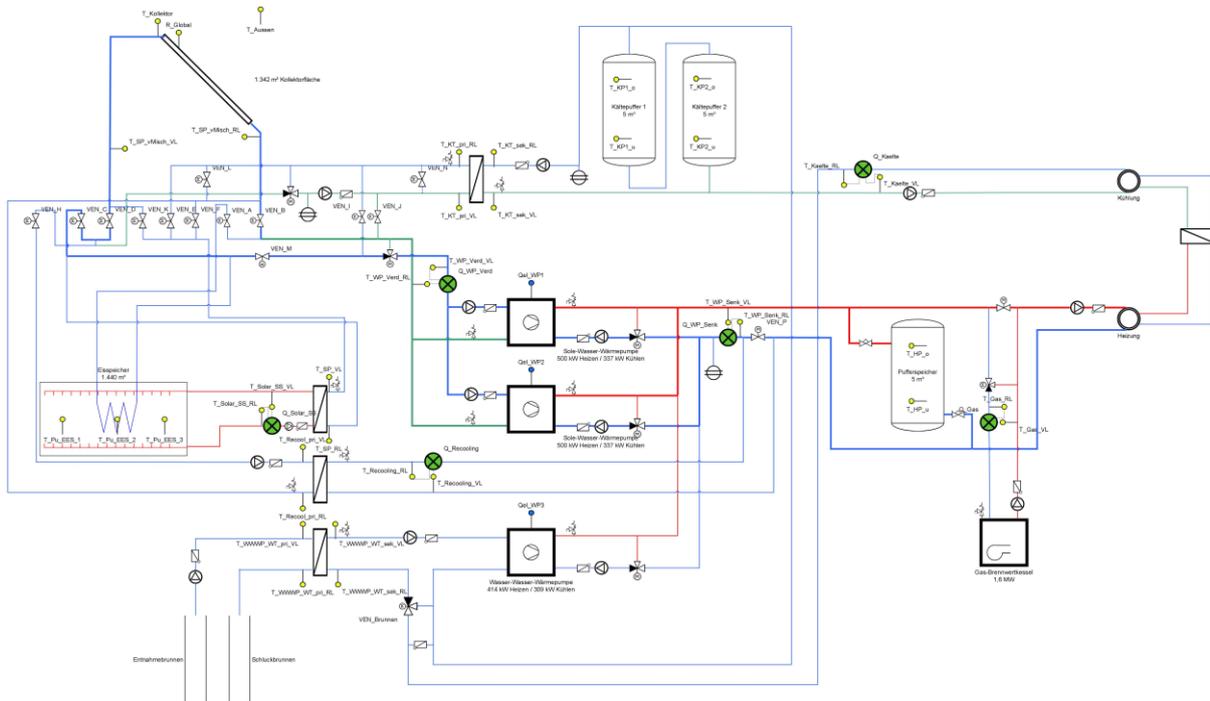


Abbildung 8: Betriebsmodus 2 - Heizen: Kollektoren dienen den Wärmepumpen als Quelle

Betriebsmodus 3: Abtauen der Kollektoren

Betriebsmodus 3 muss manuell aktiviert werden und dient dem gegebenenfalls notwendigen Abtauen der Solaranlage. Dies wird erreicht, indem vorhandene Wärme aus

den Heizkreisen durch die Solaranlage gepumpt wird ohne, dass andere Wärmeerzeuger (Wärmepumpen oder Gaskessel) aktiv sind.

Offene Ventile:

- Solaranlage: D, H
- Heizkreis: -

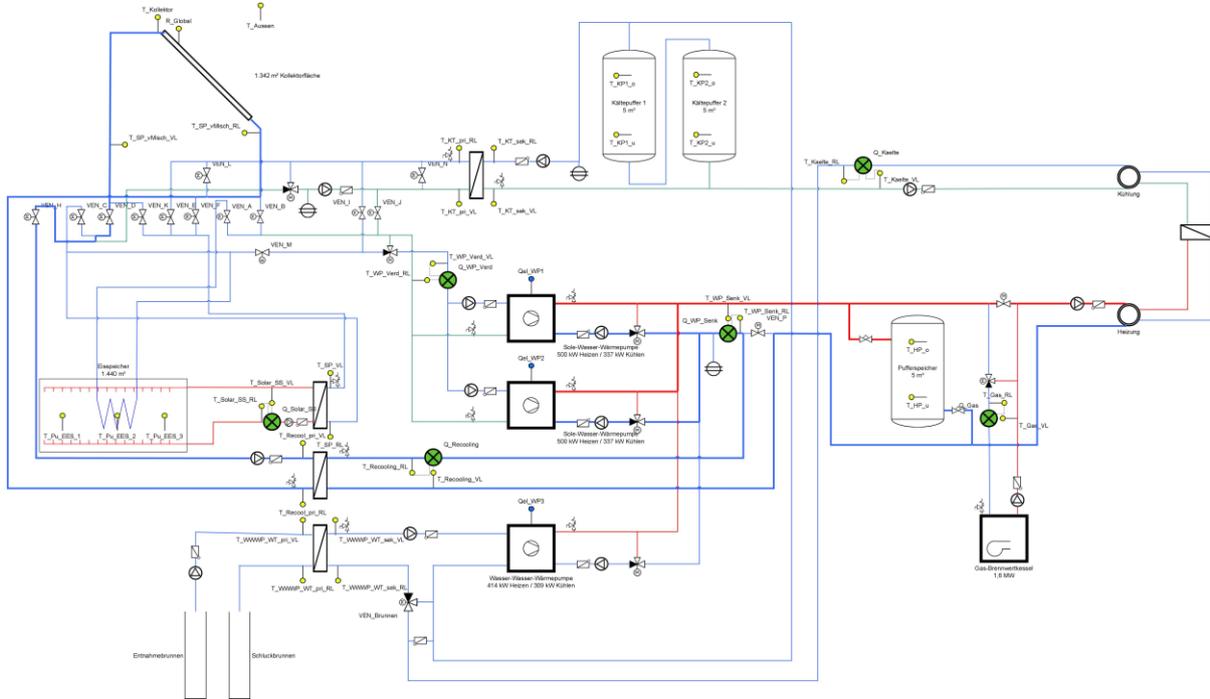


Abbildung 9: Betriebsmodus 3: manuelles Abtauen der Kollektoren

Betriebsmodus 4: Natürliche Kühlung

Natürliche Kühlung ist ab einer Außentemperatur von 20 °C vorgesehen. Kälteenergie wird aus dem Eisspeicher entnommen und über einen externen Wärmetauscher in die Räume eingebracht. Auf diese Weise wird der Eisspeicher regeneriert.

Offene Ventile: E, C

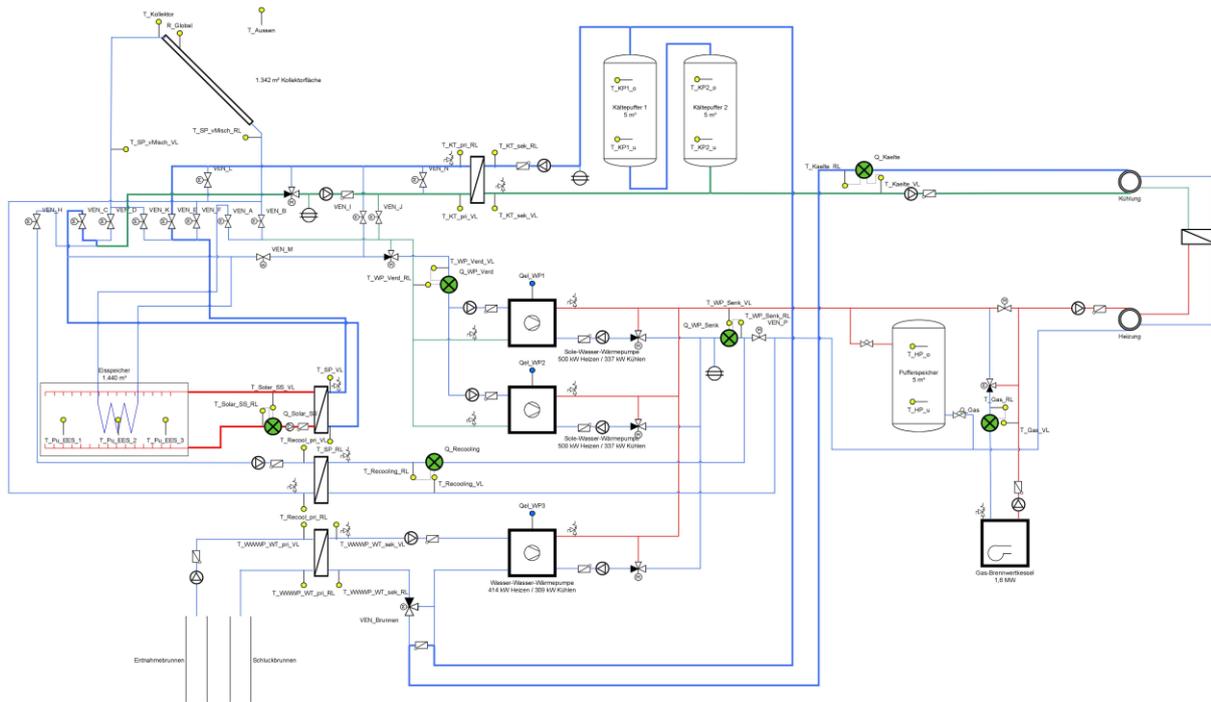


Abbildung 10: Betriebsmodus 4 - Kühlen: Eisspeicher dient als Wärmesenke (Natural Cooling)

Betriebsmodus 5: Aktive Kühlung – Abwärme in Eisspeicher

Wenn die Eisspeicher-Temperaturen zu hoch für natürliche Kühlung geworden sind und die Außentemperaturen weiterhin über 20 °C liegen, wird weitere Kühlung über die Wärmepumpen generiert. Die Wärmepumpen entziehen den Räumen Wärme und bringen diese zunächst in den Heizungspufferspeicher ein. Ist dieser voll, wird der Eisspeicher auf bis maximal 25 °C erwärmt.

Offene Ventile:

- Wärmepumpen senkenseitig: I, J
- Eisspeicher: C, H

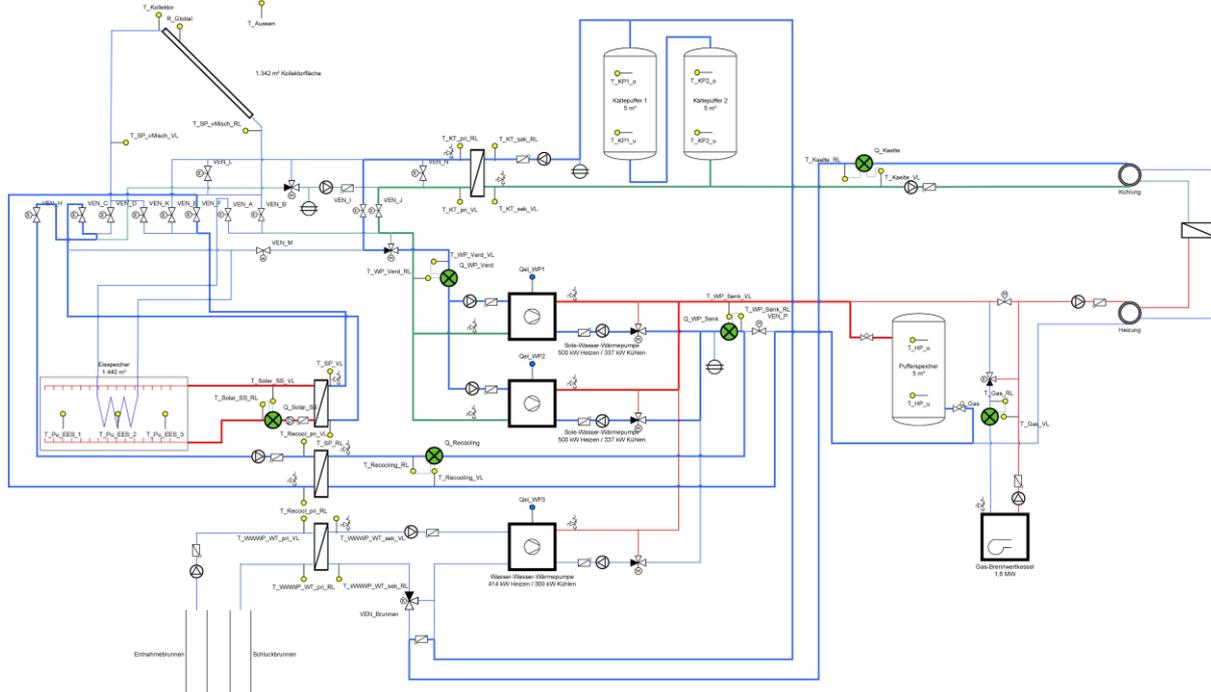


Abbildung 11: Betriebsmodus 5 - Kühlen: Aktive Kühlung über Wärmepumpen, Rückkühlung in den Eisspeicher

Betriebsmodus 6: Aktive Kühlung – Abwärme über Solaranlage

In Szenario 6 wird die Abwärme aus aktiver Kühlung über die Solaranlage rückgekühlt. Dies ist nur möglich, wenn zu diesem Zeitpunkt keine Sonne scheint und die Außentemperatur nicht über 25 °C liegt.

- Wärmepumpen senkenseitig: I, J
- Solaranlage: D, H

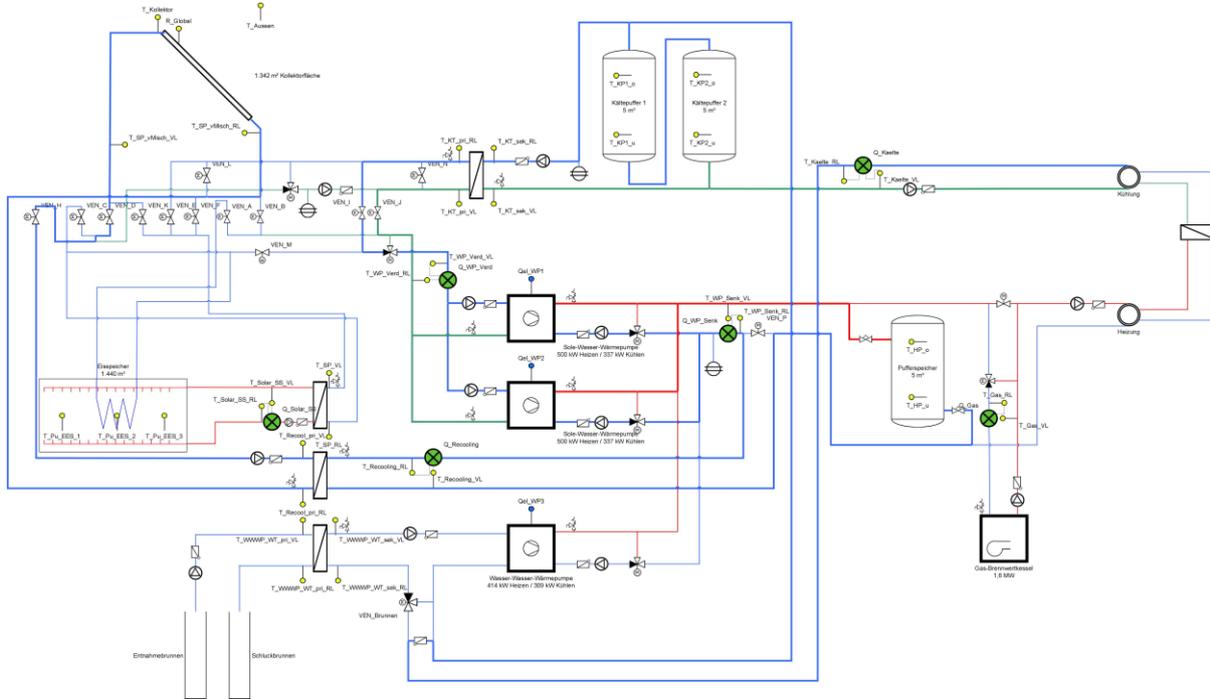


Abbildung 12: Betriebsmodus 6 - Kühlen: Aktive Kühlung über Wärmepumpen, Rückkühlung über den Kollektor

Betriebsmodus 7: Brunnenwasserkühlung

Betriebsmodus 7 nutzt den Brunnen der Wasser-Wasser-Wärmepumpe für natürliche Kühlung. Dieser Modus kann in Kombination mit aktiver Kühlung genutzt werden, sofern die Rücklauftemperatur der Gebäudekälte über ca. 15 °C liegt.

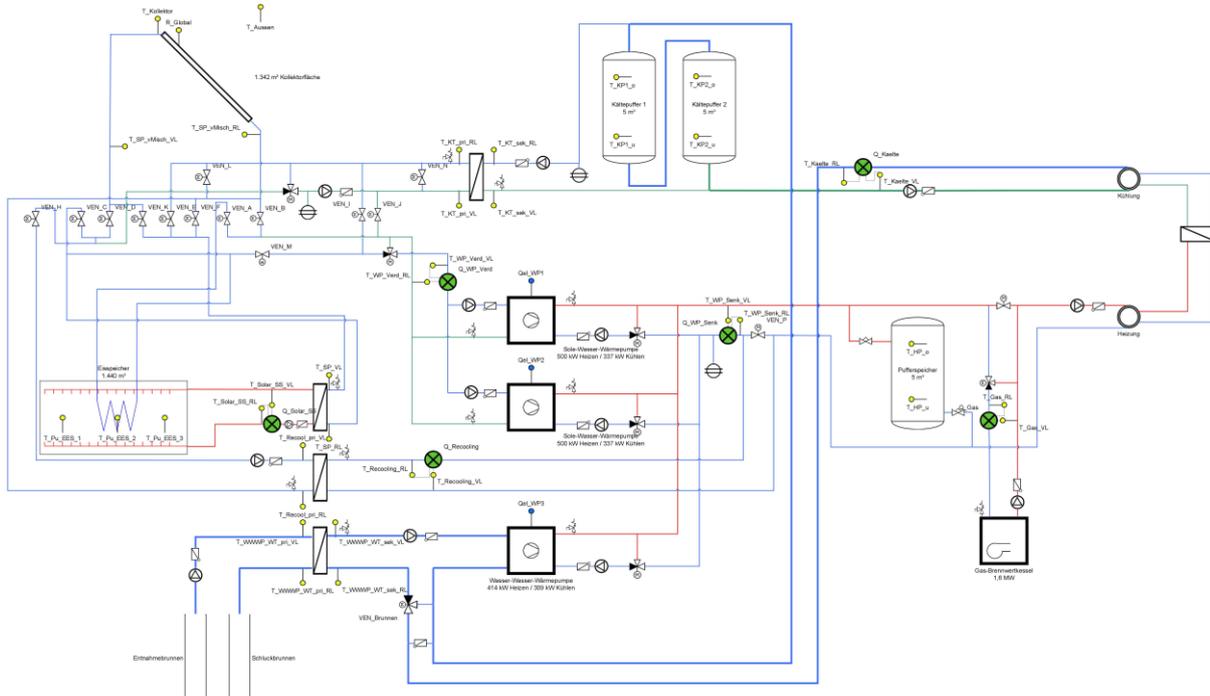


Abbildung 13: Betriebsmodus 7 - Kühlen: Kühlung über Brunnenwasser

Kühlung

T_KT_pri_VL	Kältetauscher Primär VL
T_KT_pri_RL	Kältetauscher Primär RL
T_KT_sek_VL	Kältetauscher Sekundär VL
T_KT_sek_RL	Kältetauscher Sekundär RL
Q_Kaelte	Energie
V_Kaelte	Volumen
T_Kaelte_VL	T-Vorlauf
T_Kaelte_RL	T-Rücklauf

Sole-Wasser-Wärmepumpen

Q_WP_Verd	Energie
V_WP_Verd	Volumen
T_WP_Verd_VL	T-Vorlauf
T_WP_Verd_RL	T-Rücklauf
Q_WP_Senk	Energie
V_WP_Senk	Volumen
T_WP_Senk_VL	T-Vorlauf
T_WP_Senk_RL	T-Rücklauf
Qel_WP1	Energie
PeI_WP1	Leistung
Qel_WP2	Energie
PeI_WP2	Leistung

Pufferspeicher

T_HP_o	Heizungspuffertemperatur oben
T_HP_u	Heizungspuffertemperatur unten
T_KP1_o	Kältepuffer 1 oben
T_KP1_u	Kältepuffer 1 unten
T_KP2_o	Kältepuffer 2 oben
T_KP2_u	Kältepuffer 2 unten

Gaskessel

Q_Gas	Energie
V_Gas	Volumen
T_Gas_VL	T-Vorlauf
T_Gas_RL	T-Rücklauf

Rückkühlung

Q_Recooling	Energie
V_Recooling	Volumen
T_Recooling_VL	T-Vorlauf
T_Recooling_RL	T-Rücklauf
T_Recool_pri_VL	Vorlauftemperatur Recool-WT primär
T_Recool_pri_RL	Rücklauftemperatur Recool-WT primär

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

T_WWWP_WT_pri_VL	Vorlauftemperatur WW-WP WT primär
T_WWWP_WT_pri_RL	Rücklauftemperatur WW-WP WT primär
T_WWWP_WT_sek_VL	Vorlauftemperatur WW-WP WT sekundär
T_WWWP_WT_sek_RL	Rücklauftemperatur WW-WP WT sekundär
Qel_WP3	Energie
PeI_WP3	Leistung

Sonstiges

T_Aussen	Außentemperatur
VEN_A	Ventilstellung A
VEN_B	Ventilstellung B
VEN_C	Ventilstellung C
VEN_D	Ventilstellung D
VEN_E	Ventilstellung E
VEN_F	Ventilstellung F
VEN_H	Ventilstellung H
VEN_I	Ventilstellung I
VEN_J	Ventilstellung J
VEN_K	Ventilstellung K
VEN_L	Ventilstellung L
VEN_M	Ventilstellung M
VEN_N	Ventilstellung N
VEN_Brunnen	Ventil Brunnenkühlung

7.1.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 15 bis Abbildung 17 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 „Logistikzentrum IKEA“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung werden ein Jahressolarertrag von 1.066 kWh/m²a und eine Globalstrahlung von 1.085 kWh/m²a prognostiziert (Abbildung 15). Die unabgedeckten Absorbermatten fungieren auch als Luft-Sole-Wärmetauscher. Daher können die Werte für Solarertrag über jenen für der Einstrahlung liegen.

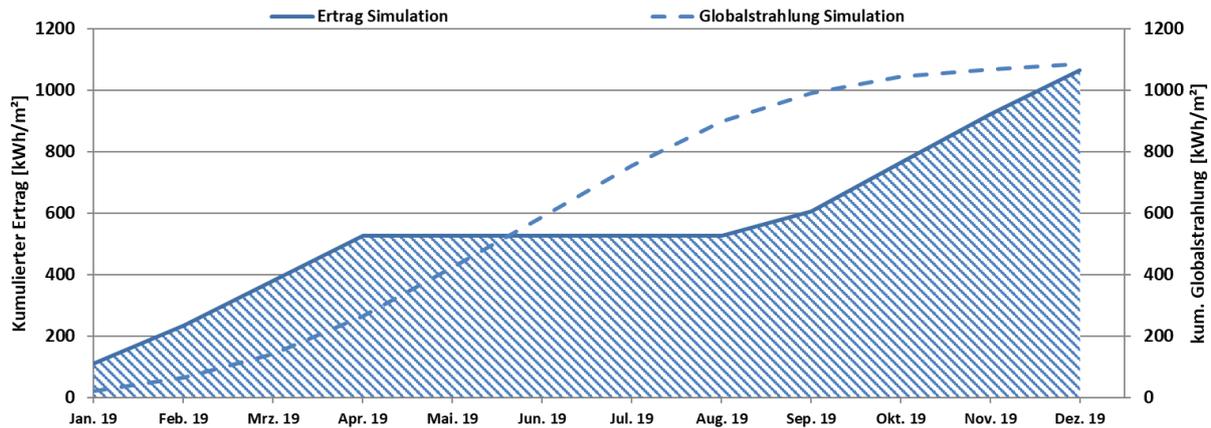


Abbildung 15: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „Logistikzentrum IKEA“

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 25 % angegeben (Abbildung 16). Da von Mai bis August die Solaranlage ausschließlich als Rückkühler für aktive Kühlung verwendet wird, ist zu dieser Zeit kein Solarertrag zu erwarten.

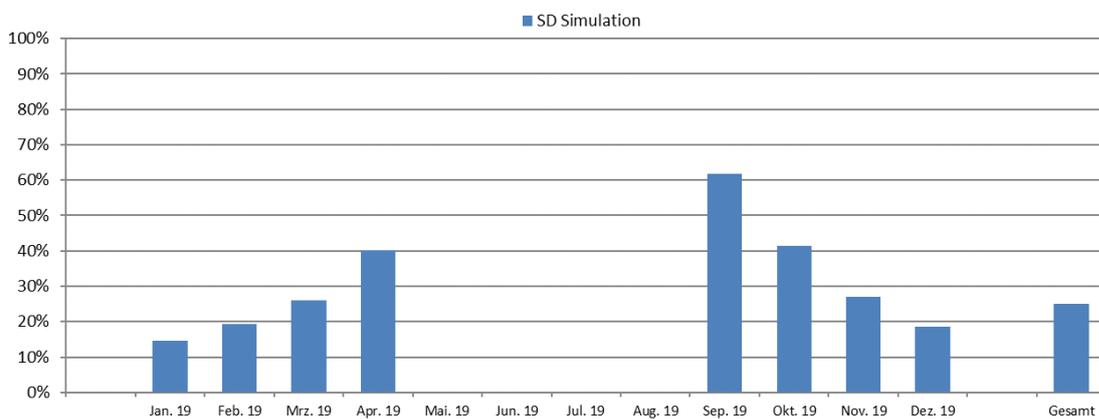


Abbildung 16: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Projekt „Logistikzentrum IKEA“

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 3,8 GWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 17 zu entnehmen.

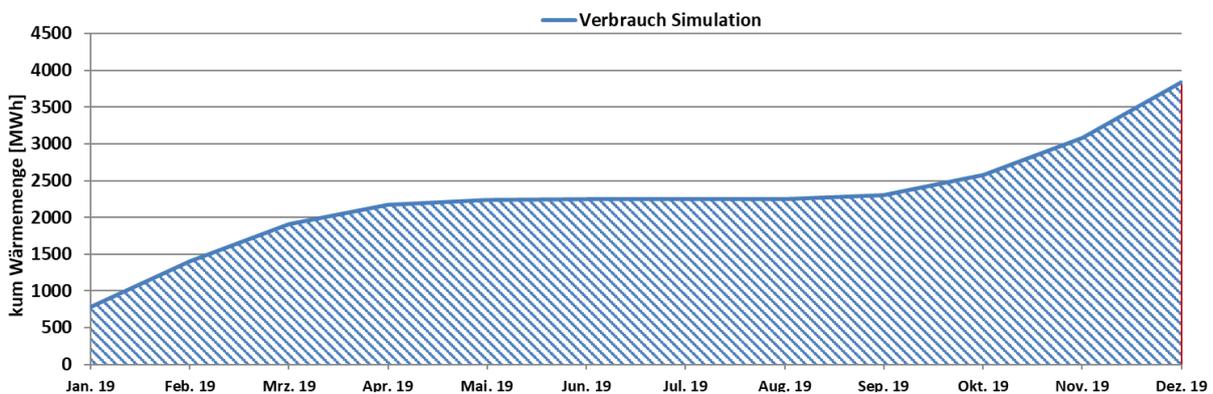


Abbildung 17: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Projekt „Logistikzentrum IKEA“

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 das 2. Quartal 2020 geplant.

7.2 Steinwendner GmbH, OÖ

7.2.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Holztrocknung Steinwendner
<u>Adresse:</u>	Sipbachzell
<u>Art der Anwendung:</u>	Neue Technologien
<u>Wärmeverbraucher:</u>	Trockenprozess für Hackgut und Scheitholz
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	196,8 m ² Luftkollektor (CONA CCS+)
<u>Aperturfläche:</u>	184,3 m ²
<u>Neigung:</u>	15°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	180° (Süd)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	120 Tonnen Steinspeicher
<u>Nachheizungssystem:</u>	-
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	100 %
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	750 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 Steinwendner GmbH betreibt ein Sägewerk in Sipbachzell, wo pro Jahr rund 5.000 Festmeter Rundholz zu rund 3.300 Festmeter Schnittware verarbeitet werden. Die Reste der Holzverarbeitung werden einerseits zu Hackgut und andererseits zu Scheitholz verarbeitet. Das Hackgut wird teilweise selbst verfeuert. Der Rest wird gemeinsam mit dem Scheitholz verkauft.

Mit Hilfe eines Neubaus wurden die Lager- und Produktionskapazitäten der Bestandsanlage deutlich erweitert. Die neue Trocknungsanlage umfasst zwei je 85 m³ große Boxen, in welchen Scheitholz lose aufgeschüttet wird. Durch den Lochboden wird die erwärmte Luft über die Fläche verteilt. Die umgebenden Wände, Decken und Tore sind wärmegeklämmt ausgeführt.

Ein wärmegeklämmt Steinspeicher mit 70 m³ Volumen gefüllt mit 120 Tonnen gewaschener Steinsortierung (32-64 mm) ist direkt neben den Trockenboxen aufgestellt. Er hat eine Breite von 2 m, eine Länge von 9 m sowie eine Höhe von 3,5 m und soll rund 1.270 kWh Wärme speichern können (bei einer Temperaturdifferenz von 40 K).

Als einziger Wärmeversorger steht die 197 m² große Solaranlage zur Verfügung, welche direkt in das Dach der neuen Halle integriert ist.

Abbildung 18 zeigt die neu errichtete Halle von Süden (oben) und Norden (unten).



Abbildung 18: Süd- (oben) und Nordansicht (unten) der neu errichteten Halle inklusive Solaranlage am Dach (Quelle: Steinwendner GmbH)

7.2.2 Luftführungs- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Projekt „Holztrocknung Steinwendner“ ist als Blockschaltbild in Abbildung 19 dargestellt.

Die Solarkollektoren werden von Luft durchströmt. Die Ansaugöffnungen befinden sich an den Außenrändern des Solarfelds und sind über die gesamte Dachlänge verteilt. Die erwärmte Luft wird in Abhängigkeit des Betriebsmodus entweder in den Steinspeicher eingebracht oder über eine Mischkammer den Trocknungsboxen zugeführt. Die Trocknungsboxen sind wechselseitig seriell miteinander verbunden, sodass gleichzeitig Vortrocknung von frischem Holz und ein fortgeschrittener Trocknungsvorgang stattfinden können. Um Umschichtungsarbeiten zwischen den Trocknungsboxen möglichst gering zu halten, können die beiden Boxen wechselseitig betrieben werden (die Boxen dienen abwechselnd der Vortrocknung). Mit Hilfe von Klappenstellungen werden die jeweiligen Betriebsmodi sichergestellt.

Drei Differenzdrucksensoren, 1 Stromzähler, 19 Temperatursensoren, 9 Fühler für relative Luftfeuchte, 9 Klappenstellungen, 8 Ventilatorsignale und ein Einstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

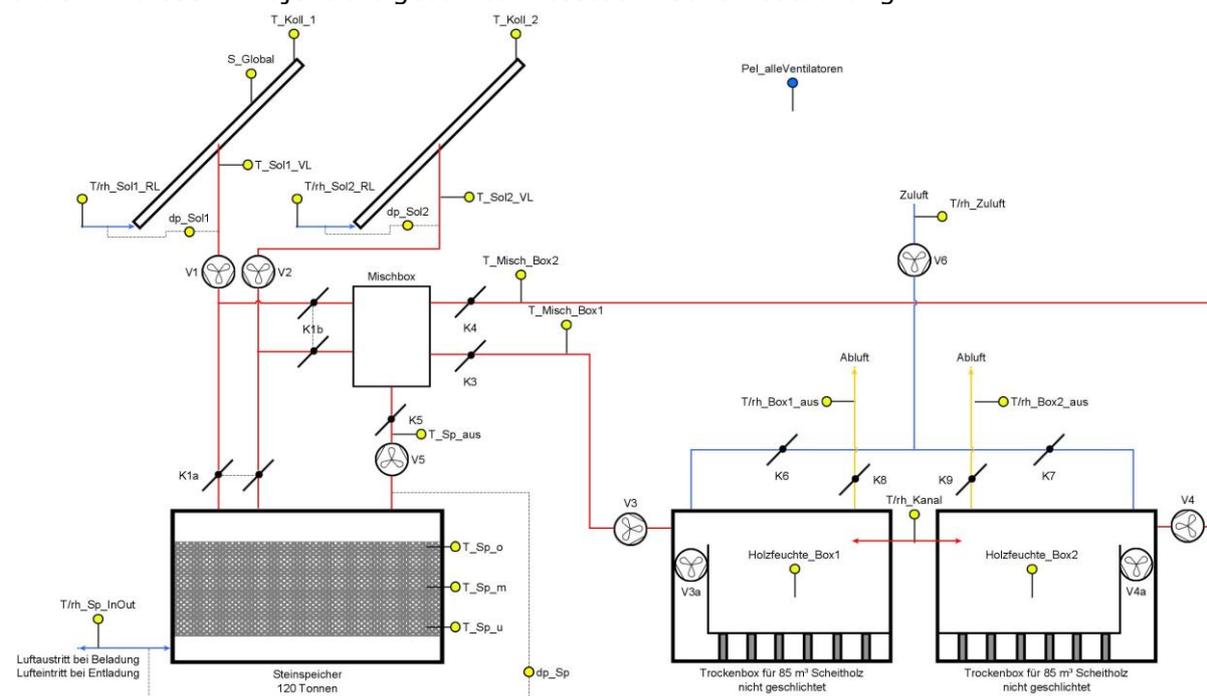


Abbildung 19: Luftführungs- und Messkonzept zum Bauvorhaben Steinwendner GmbH (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst.

Solaranlage

S_Global	Globalstrahlung in Kollektorebene
T_Koll_1	Kollektorfühler 1
T_Koll_2	Kollektorfühler 2
T_Sol_1_RL	Lufttemperatur Kollektorfeld 1 Rücklauf
rh_Sol_1_RL	relative Luftfeuchte Kollektorfeld 1 Rücklauf
T_Sol_2_RL	Lufttemperatur Kollektorfeld 2 Rücklauf
rh_Sol_2_RL	relative Luftfeuchte Kollektorfeld 2 Rücklauf
T_Sol_1_VL	Lufttemperatur Kollektorfeld 1 Vorlauf
T_Sol_2_VL	Lufttemperatur Kollektorfeld 2 Vorlauf
dp_Sol1	Differenzdruck Kollektorfeld 1
dp_Sol2	Differenzdruck Kollektorfeld 2
Sol1	Solarventilator 1

Sol2	Solarventilator 2
K1a	Klappe Kollektorfelder -> Steinspeicher
K1b	Klappe Kollektorfelder -> Mischbox
<u>Steinspeicher</u>	
T_Sp_o	Steinspeichertemperatur oben
T_Sp_m	Steinspeichertemperatur mitte
T_Sp_u	Steinspeichertemperatur unten
Sp	Speicherventilator
T_Sp_ein	Lufttemperatur Steinspeicher Eintritt
rh_Sp_ein	rel. Feuchte Steinspeicher Eintritt
T_Sp_aus	Lufttemperatur Steinspeicher Austritt
dp_Sp	Differenzdruck Steinspeicher
K5	Klappe Speicher -> Mischbox
<u>Trockenboxen</u>	
K3	Klappe Mischbox -> Trockenbox 1
K4	Klappe Mischbox -> Trockenbox 2
T_Misch_Box1	Lufttemperatur Mischbox zu Trockenbox 1
T_Misch_Box2	Lufttemperatur Mischbox zu Trockenbox 2
Misch_Box1	Ventilator Mischkammer zu Trockenbox 1
Misch_Box2	Ventilator Mischkammer zu Trockenbox 2
Box1	Umluftventilator Trockenbox 1
Box2	Umluftventilator Trockenbox 2
T_Box1	Lufttemperatur Trockenbox 1
rh_Box1	rel. Feuchte Trockenbox 1
T_Box2	Lufttemperatur Trockenbox 2
rh_Box2	rel. Feuchte Trockenbox 2
K6	Klappe Trockenbox 1 ein
K8	Klappe Trockenbox 1 aus
K9	Klappe Trockenbox 2 ein
K7	Klappe Trockenbox 2 aus
T_Zuluft	Lufttemperatur Zuluft
rh_Zuluft	rel. Feuchte Zuluft
T_Box1_aus	Lufttemperatur Trockenbox 1 Austritt
rh_Box1_aus	rel. Feuchte Trockenbox 1 Austritt
T_Box2_aus	Lufttemperatur Trockenbox 2 Austritt
rh_Box2_aus	rel. Feuchte Trockenbox 2 Austritt
Box_Frisch	Frischlufventilator der Trockenboxen
T_Kanal	Lufttemperatur Verbindungskanal Trockenboxen
rh_Kanal	rel. Feuchte Verbindungskanal Trockenboxen
<u>Sonstiges</u>	
Qel_Vent	elektrische Energie aller Ventilatoren
Pel_Vent	elektrische Leistung aller Ventilatoren

7.2.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 20 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 „Holztrocknung Steinwendner“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 750 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1326 kWh/m² erwartet.

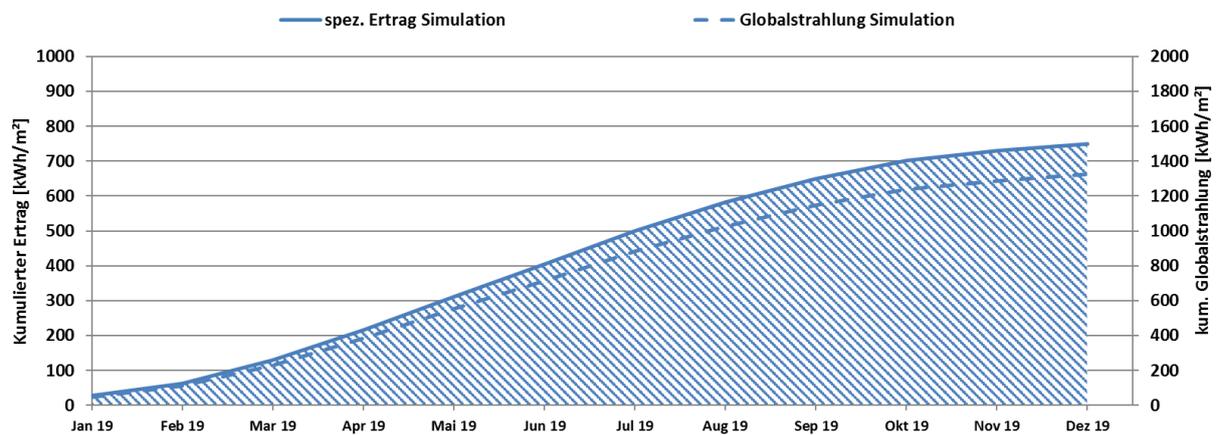


Abbildung 20: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „Holztrocknung Steinwendner“

Da es keine Nachheizung gibt, ist die Darstellung von solarem Deckungsgrad und Verbrauch nicht sinnvoll.

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 das 2. Quartal 2020 geplant.

7.3 Fußballzentrum Tivoli, T.

7.3.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Footballzentrum Tivoli
<u>Adresse:</u>	Innsbruck
<u>Art der Anwendung:</u>	Solaranlagen in Kombination mit Wärmepumpen
<u>Wärmeverbraucher:</u>	Raumheizung- und Warmwasserversorgung
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	166 m ² (Flachkollektor, SIKO Classic)
<u>Aperturfläche:</u>	144 m ²
<u>Neigung:</u>	45°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	180° (Süd)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	5 m ³ Pufferspeicher (bis 40 °C), 10 m ³ Pufferspeicher (ca. 70 °C)
<u>Nachheizungssystem:</u>	1 Luft/Wasser-Wärmepumpe (59,4 kW) 1 Wasser/Wasser-Wärmepumpe (61 kW) Je 1 elektr. Heizstab pro Pufferspeicher
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	56,6 % (lt. Simulation)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	607 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Anlage in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Im Jahr 2019 wurde in Innsbruck eine neue Trainingsheimstätte für den Football-Club Swarco Raiders Tirol errichtet, wo auch Wettkämpfe von Kinder- und Jugendmannschaften sowie internationale Trainingscamps stattfinden sollen. Es handelt sich um ein zweigeschossiges Gebäude. Das Untergeschoss erstreckt sich über einen länglichen Baukörper in Massivbauweise, wo im Wesentlichen die Umkleiden- und Duschräume für die Mannschaften ihren Platz finden. Noch dazu werden Lagerräume, die Schiedsrichterumkleiden, ein Arztbüro, eine Waschküche, ein Büro für die Veranstalter, ein Mannschafts-Meetingraum und die Haustechnikräume im Untergeschoss untergebracht. Das Spielfeld wird vom Untergeschoss aus ebenerdig erschlossen.

Im Erdgeschoss befinden zwei Sanitärblöcke für Zuschauer, ein kleiner Kiosk, sowie Sprecher- und Pressekabine. Die Überdachung der Zuschauerplätze erfolgt über ein Flugdach, auf welchem sich die Solaranlage befindet.

Das Wärmeversorgungssystem besteht neben der Solaranlage aus zwei Wärmepumpen, welche über einen Pufferspeicher seriell miteinander verschaltet sind. Der Wärmebedarf der Anlage besteht zu rund $\frac{3}{4}$ aus Warmwasserbedarf und rund $\frac{1}{4}$ aus Wärmebedarf für die Raumheizung. In der Planungsphase wurde eine detaillierte Aufstellung des Trainingsplans gemacht, um die Anlage entsprechend den auftretenden Lasten korrekt zu dimensionieren. Der reguläre Spielbetrieb findet von März bis Juli bzw. von September bis November statt. In dieser Zeit finden bis zu 4 Spiele pro Tag statt, an denen maximal 110 Personen pro Spiel teilnehmen, welche nach dem Spiel innerhalb einer halben Stunde die Duschen nutzen. Die Spielzeit beträgt 2 bis 2,5 Stunden. Innerhalb dieser Zeit können die Speicher beladen werden. Im Dezember und Jänner findet kein Betrieb der Anlage statt.

In Abbildung 21 ist eine Visualisierung des Neubaus dargestellt.



Abbildung 21: Visualisierung des geplanten Neubaus (im Vordergrund, Quelle: Architekt Erich Gutmorgeth)

7.3.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Projekt „Footballzentrum Tivoli“ ist als Blockschaltbild in Abbildung 22 dargestellt.

Die beiden parallel verschalteten Kollektorfelder bedienen über einen externen Wärmetauscher sowohl den Niedertemperatur- (NT) als auch den Hochtemperaturpufferspeicher (HT). Die beiden Pufferspeicher sind über eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit 61 kW thermischer Leistung verbunden, welche das Temperaturniveau des kühlen Pufferspeichers (bis ca. 40 °C) auf des Nutztemperaturniveau der Warmwasserbereitung (ca. 70 °C) hebt. Die Warmwasserbereitstellung geschieht über Frischwassermodule. Zur Erfüllung der Hygienestandards ist eine Zirkulationsleitung auf der Frischwasserseite vorgesehen. Bei Zirkulationsbetrieb wird der Rücklauf in den oberen Bereich des HT-Pufferspeichers eingebracht, bei Warmwasserzapfungen hingegen wird der Rücklauf in den unteren Bereich des HT-Pufferspeichers eingespeist. Auf diese Weise wird die Effizienz der Solaranlage verbessert.

Die Beheizung des Gebäudes geschieht über die Bauteilaktivierung im Untergeschoss und in Teilbereichen auch über die Lüftung. Diese beiden Verbraucher werden aus dem NT-Pufferspeicher versorgt. Im Erdgeschoss sind E-Heizkörper in den Sanitärblöcken vorgesehen. Auf Grund der Spiel- und Trainingseinheiten der Betriebsanlage (kein Betrieb im Dezember und Jänner) ist das Gebäude im Untergeschoss in der kalten Jahreszeit lediglich frostfrei zu halten. Die WC-Einheiten und der Kiosk werden dabei elektrisch über Frostwächter oder E-Heizkörper beheizt.

Um über das gesamte Jahr eine Mindest-Quelltemperatur für die Wasser-Wasser-Wärmepumpe sicherzustellen, wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit rund 59 kW thermischer Leistung an den NT-Pufferspeicher angeschlossen. Diese ist ausschließlich aktiv, wenn die Solaranlage über einen längeren Zeitraum keine Wärme liefern kann.

Als absolute Notheizung ist in beiden Pufferspeichern je ein elektrischer Heizstab installiert.

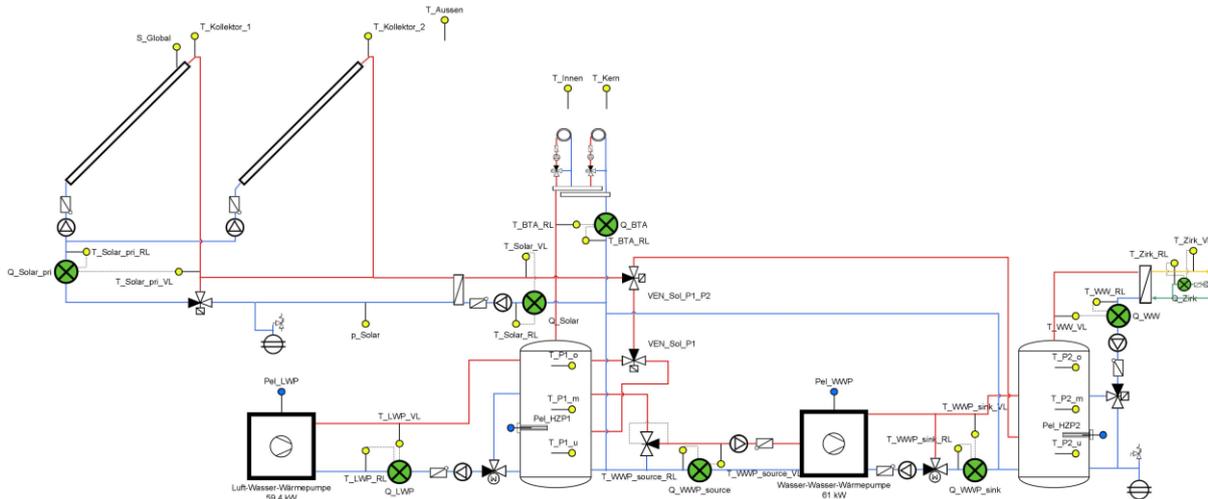


Abbildung 22: Hydraulik- und Messkonzept zum Projekt „Footballzentrum Tivoli“ (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur-, Druck- und Einstrahlungssensoren; blau: Stromzähler)

Acht Wärmemengenzähler, 4 Stromzähler, 11 Temperatursensoren, 4 Ventilstellungen, 1 Drucksensor im solaren Primärkreis und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst.

Solaranlage

S_Global	Globalstrahlung in Kollektorebene
T_Kollektor_1	Temperaturfühler Kollektorfeld 1
T_Kollektor_2	Temperaturfühler Kollektorfeld 2
p_Solar	Anlagendruck Solar
Q_Solar_pri	Energie Solar primär
V_Solar_pri	Volumen Solar primär
T_Solar_pri_VL	Vorlauftemperatur Solar primär
T_Solar_pri_RL	Rücklauftemperatur Solar primär
VEN_Sol_pri	Umschaltventil Solarprimärkreis
Q_Sol	Energie Solar
V_Sol	Volumen Solar
T_Sol_VL	Vorlauftemperatur Solar
T_Sol_RL	Rücklauftemperatur Solar
VEN_Sol_P1_P2	Umschaltventil Solar P1, P2
VEN_Sol_P1	Umschaltventil Solar P1 o,u

Pufferspeicher

T_P1_o	Puffertemperatur P1 o
T_P1_m	Puffertemperatur P1 m
T_P1_u	Puffertemperatur P1 u
T_P2_o	Puffertemperatur P2 o
T_P2_m	Puffertemperatur P2 m
T_P2_u	Puffertemperatur P2 u

Verbraucher

Q_BTA	Energie Bauteilaktivierung
V_BTA	Volumen Bauteilaktivierung
T_BTA_VL	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
T_BTA_RL	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
Q_FWM	Energie Frischwassermodul
V_FWM	Volumen Frischwassermodul
T_FWM_VL	Vorlauftemperatur Frischwassermodul
T_FWM_RL	Rücklauftemperatur Frischwassermodul
VEN_WW_RL	Umschaltventil WW RL
Q_Zirk	Energie Warmwasser-Zirkulation
V_Zirk	Volumen Warmwasser-Zirkulation
T_Zirk_VL	Vorlauftemperatur Warmwasser-Zirkulation
T_Zirk_RL	Rücklauftemperatur Warmwasser-Zirkulation
<u>Wärmepumpen</u>	
Q_LWP	Energie Luft-Wasser-Wärmepumpe
V_LWP	Volumen Luft-Wasser-Wärmepumpe
T_LWP_VL	Vorlauftemperatur Luft-Wasser-Wärmepumpe
T_LWP_RL	Rücklauftemperatur Luft-Wasser-Wärmepumpe
Q_WWP_source	Energie Wasser-Wasser-Wärmepumpe Quelle
V_WWP_source	Volumen Wasser-Wasser-Wärmepumpe Quelle
T_WWP_source_VL	Vorlauftemperatur Wasser-Wasser-Wärmepumpe Quelle
T_WWP_source_RL	Rücklauftemperatur Wasser-Wasser-Wärmepumpe Quelle
Q_WWP_sink	Energie Wasser-Wasser-Wärmepumpe Senke
V_WWP_sink	Volumen Wasser-Wasser-Wärmepumpe Senke
T_WWP_sink_VL	Vorlauftemperatur Wasser-Wasser-Wärmepumpe Senke
T_WWP_sink_RL	Rücklauftemperatur Wasser-Wasser-Wärmepumpe Senke
Qel_WWP	elektrische Energie Wasser/Wasser-Wärmepumpe
PeL_WWP	elektrische Leistung Wasser/Wasser-Wärmepumpe
Qel_LWP	elektrische Energie Luft/Wasser-Wärmepumpe
PeL_LWP	elektrische Leistung Luft/Wasser-Wärmepumpe
<u>Sonstiges</u>	
T_Aussen	Außentemperatur
Qel_HZP1	elektrische Energie Heizstab Puffer 1
PeL_HZP1	elektrische Leistung Heizstab Puffer 1
Qel_HZP2	elektrische Energie Heizstab Puffer 2
PeL_HZP2	elektrische Leistung Heizstab Puffer 2
T_Kern	Kerntemperatur Bauteilaktivierung
T_Raum	Raumtemperatur

7.3.3 Kennzahlen der Simulation

Abbildung 23 bis Abbildung 25 geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen der relevanten Kennzahlen (spezifischer Solarertrag, solarer Deckungsgrad sowie der Wärmeverbrauch) betreffend die Anlage „Footballzentrum Tivoli“.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung werden ein Jahressolarertrag von 607 kWh/m²a und eine Globalstrahlung von 1.332 kWh/m²a prognostiziert.

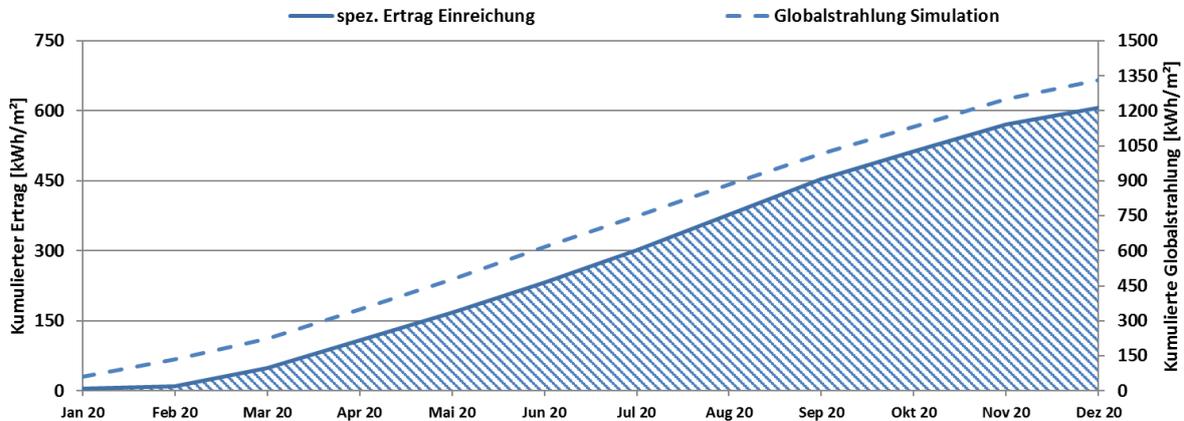


Abbildung 23: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags und der Globalstrahlung in Kollektorebene für die Anlage „Footballzentrum Tivoli“

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 56,6 % angegeben (Abbildung 24).

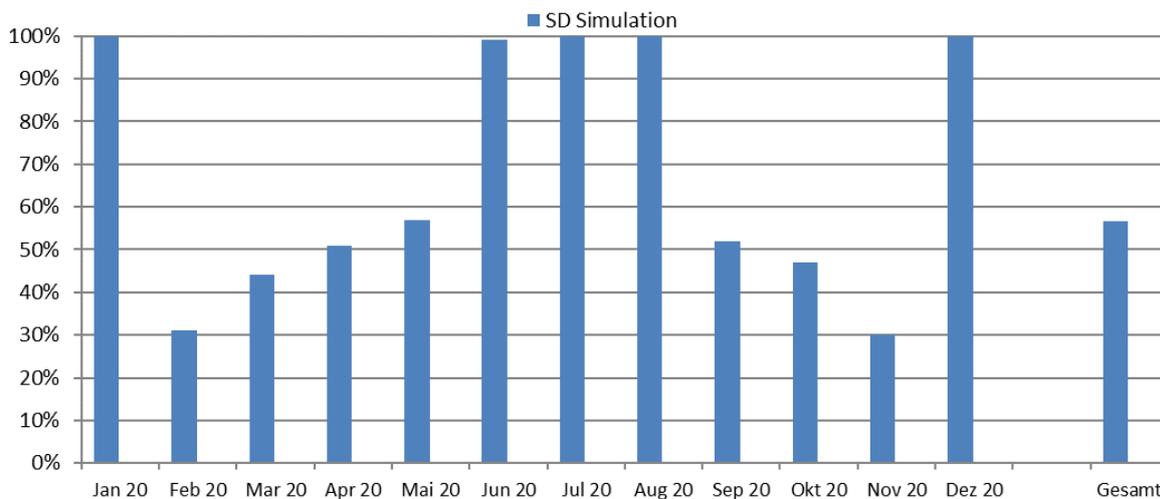


Abbildung 24: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Projekt „Footballzentrum Tivoli“

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 90,5 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 25 zu entnehmen. Da im Dezember und im Jänner kein Anlagenbetrieb geplant ist und die Gebäude über E-Heizkörper frostfrei gehalten werden, verläuft die Kurve in diesen beiden Monaten horizontal.

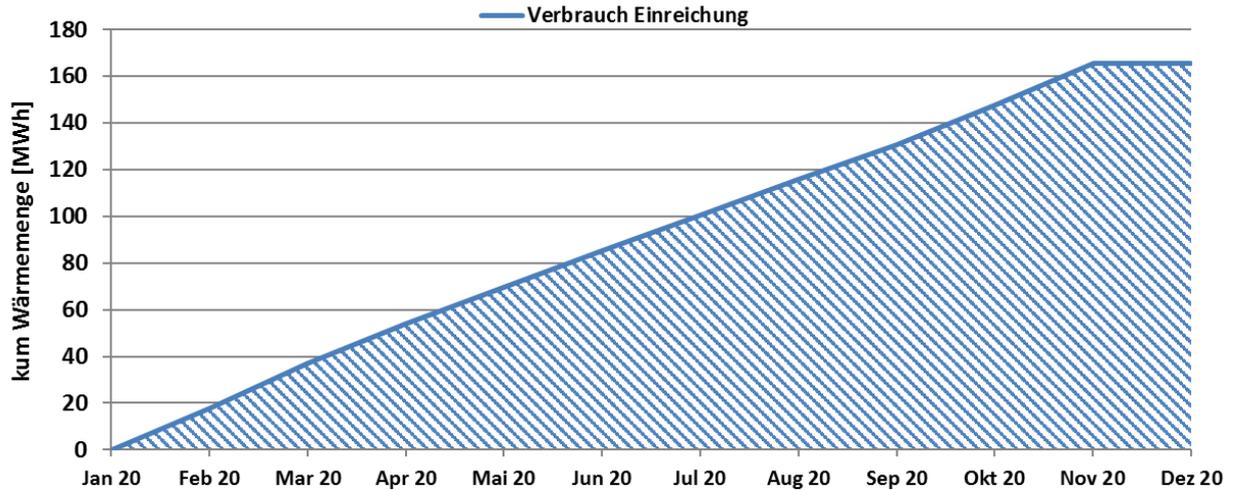


Abbildung 25: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Projekt „Footballzentrum Tivoli“

7.3.4 Anlagen Status Quo

Das Bauvorhaben befindet sich derzeit in der Umsetzung. Eine Bestückung des Technikraums ist für März 2020 und eine Inbetriebnahme der Anlage für das zweite Quartal 2020 geplant.

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., 2019a:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: Endbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2012“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2019

Fink et al., 2019b:

Christian Fink, Samuel Knabl, Roman Stelzer, Bernd Windholz: Endbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2013“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2019

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 2019a:

Christian Fink, Walter Becke, Veronika Hierzer, Jakob Binder, Reinhard Pertschy, Max Blöchle, Franz Helminger, Thomas Natiesta: 3. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2016“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2019

Fink et al., ZB 2019b:

Christian Fink, Walter Becke, Marnoch Hamilton-Jones, Reinhard Pertschy: 2. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum

Förderprogramm Solarthermie-Solare Großanlagen 2017“; AEE INTEC, Gleisdorf,
Österreich, 2019