

2. Zwischenbericht zum Projekt

WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITFORSCHUNG ZUM FÖRDERPROGRAMM „DEMOPROJEKTE SOLARHAUS 2015“

Autoren

Walter Becke, Projektleitung
Christian Fink
Waldemar Wagner

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Bernd Windholz
Max Blöchle
Franz Helminger

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Gleisdorf, im Dezember 2017

Auftraggeber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien



Beauftragt im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – Demoprojekte Solarhaus 2015“ – (GZ B574479)

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 – 0
Fax: +43-3112 5886 –18
E-Mail: c.fink@aee.at
www.aee-intec.at



Projektpartner:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

A-1210 Wien, Donau-City-Straße 1
www.ait.ac.at



FH-OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH

Forschungsgruppe ASiC

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



Inhalt

1	KURZFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	5
3	ÜBERBLICK ÜBER DIE BEGLEITFORSCHUNGSPROJEKTE	7
4	BESCHREIBUNG DER TÄTIGKEITEN IN VERBINDUNG MIT DEN MESSANLAGEN IM BERICHTSZEITRAUM.....	9
5	VERBREITUNGSAKTIVITÄTEN	11
6	KENNZAHLEN AUS SIMULATION UND MESSUNG IM ANLAGENVERGLEICH	12
	6.1 Kennzahlenvergleich	12
7	BESCHREIBUNG DER PROJEKTE UND DARSTELLUNG DER RELEVANTEN MESSERGEBNISSE.....	14
	7.1 Solarhaus Bader, V.....	14
	7.2 Solarhaus Daxer, S.....	29
	7.3 Solarhaus Förster, NÖ	34
	7.4 Solarhaus Kröpfl, K	39
	7.5 Solarhaus Zeiner, S	43
	7.6 Solarhaus Gamauf, NÖ	48
	7.7 Solarhaus Wurzer-Rapolter, NÖ	54
	7.8 Solarhaus Salchinger, St	60
	7.9 Solarhaus Miksche, W	66
	7.10 Solarhaus Zündt, V.....	71
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	76

1 Kurzfassung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Im privaten Bereich gibt es ein nicht zu vernachlässigendes Potential für große Solarthermie Anlagen, da laut der EU-Gebäuderichtlinie ab dem Jahr 2020 nur mehr sogenannte „nearly zero energy buildings“ errichtet werden dürfen. Die Richtlinie schreibt vor, dass ein wesentlicher Teil der notwendigen Energie aus erneuerbaren Quellen am Standort stammen soll.

Vor diesem Hintergrund definierte der Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung im Arbeitsprogramm 2014 erstmals einen Förderschwerpunkt für private Ein- und Zweifamilienhäuser mit einem solaren Deckungsgrad von mindestens 70%. Bisher wurden vier erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 60 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 2016 bis November 2017) mit den 11 im Monitoringprogramm verbliebenen 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. Der aktuelle Status ist, dass 5 Solarhäuser bereits errichtet wurden, von diesen hat bei einem die Monitoringperiode bereits begonnen. Vier Anlagen sind in der Umsetzung und der Bau von 1 weiteren wird demnächst beginnen. Bereits in der vergangenen Berichtsperiode wurde klar, dass ein Gebäude nicht umgesetzt wird (BV Pranzl), in der gegenständlichen Berichtsperiode, viel diese Entscheidung bei einem weiteren Gebäude (BV Tomes).

Die durchgeführten Arbeiten und Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Kontakthaltung mit 11 im Monitoringprogramm befindlichen Projektverantwortlichen und dessen Partnern (Planer, ausführende Unternehmen, Regelungsfirmen, etc.)
- Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“)
- Systemhydraulik und Monitoringkonzept – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern für 10 Projekte
- Begleitung bei der Planung, Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems bei insgesamt 10 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
- Einbringen der gewonnenen Erkenntnisse in Neuauflagen des gegenständlichen Förderprogramms
- Wissenstransfer durch 6 Veröffentlichungen

2 Einleitung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Im privaten Bereich gibt es ein nicht zu vernachlässigendes Potential für große Solarthermie Anlagen, da laut der EU-Gebäuderichtlinie ab dem Jahr 2020 nur mehr sogenannte „nearly zero energy buildings“ errichtet werden dürfen. Die Richtlinie schreibt vor, dass ein wesentlicher Teil der notwendigen Energie aus erneuerbaren Quellen am Standort stammen soll.

Vor diesem Hintergrund definierte der Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung im Arbeitsprogramm 2014 erstmals einen Förderschwerpunkt für private Ein- und Zweifamilienhäuser mit einem solaren Deckungsgrad von mindestens 70%. Bisher wurden vier erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 60 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 (Mit-)Eigentümer, Bauberechtigte oder Mieter von Ein- und Zweifamilienhäusern im Neubau oder Bestand. Als Fördervoraussetzungen gelten folgende Bedingungen:

- Mindestens 70% solare Deckung des Wärmebedarfs für Warmwasser und Raumwärme
- Ein spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) nach OIB¹ kleiner oder gleich 35 kWh/m²_{BGFA}
- Biomassekessel, -ofen oder Wärmepumpe als Nachheizsystem

Die Förderquote variiert je nach erreichtem spezifischem Heizwärmebedarf (HWB) von 40% der umweltrelevanten Investitionskosten bei einem HWB von 35 kWh/m²_{BGFA}, 45% bei einem HWB von 22 kWh/m²_{BGFA} und 50% bei einem HWB von 10 kWh/m²_{BGFA}.

Als Nachweis für den Heizwärmebedarf des Gebäudes wurde vom Fördergeber der OIB Energieausweis verlangt. Die Verwendung von PHPP² wurde für die Berechnung und Auslegung von Passivhäusern empfohlen.

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

¹ OIB Energieausweis

² Passivhaus-Projektierungspaket

- 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 der Programmleitung beim Klima- und Energiefonds – dadurch kann einerseits direkt Rückmeldung zum Status Quo der Technologie gegeben werden und andererseits können gewonnene Erkenntnisse in Neuauflagen des gegenständlichen Förderprogramms eingebracht werden.
- Aufzeigen von bestehendem Forschungsbedarf und Kommunikation den Klima- und Energiefonds betreffend die Möglichkeit der Auslobung in zukünftigen Forschungsausschreibungen.

Im gegenständlichen Zwischenbericht werden die Aktivitäten und Erfahrungen zur Programmausschreibung 2015 im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zusammengefasst.

3 Überblick über die Begleitforschungsprojekte

Über den gegenständlichen Berichtszeitraum (Dezember 2016 bis November 2017) wurde mit den 11 im Begleitforschungsprogramm verbliebenen Förderwerbern laufend Kontakt gehalten und regelmäßig der aktuelle Status der Bauvorhaben abgefragt. Gleichzeitig wurde in Erfahrung gebracht, ob es seit der Einreichung zu Planänderungen bez. Hydraulik oder technischen Details gekommen ist. Abhängig vom Baufortschritt wurde in weiterführenden Gesprächen – meist mit den ausführenden Haustechnikern – das endgültige Hydraulik- und Monitoringkonzept erarbeitet.

Zum Zeitpunkt der Berichtslegung hat bei einem Bauvorhaben (BV) die Monitoringphase bereits begonnen, 4 Anlagen sind in Betrieb und die Umsetzung des Monitoringsystems ist in Arbeit, 4 Anlagen werden gerade errichtet, 1 Anlage ist noch in der Planungsphase und für ein weiteres Bauvorhaben fiel die Entscheidung, dass es nicht umgesetzt wurde (BV Tomes).

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

Tabelle 1: Übersicht und Umsetzungsstatus zu den ursprünglich 12 für die Begleitforschung ausgewählten Projekten im Förderprogramm 2015

BV	Speicher		BKF ³	Projektstatus	Zuständigkeit Begleitforschung
	Beton	Wasser			
Bader	48 m ³	1,2 m ³	27,4 m ²	Monitoring läuft	AEE INTEC
Daxer	36 m ³	1,6 m ³	18 m ²	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AIT
Förster	38 m ³	1,0 m ³	13,5 m ²	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AEE INTEC
Kröpfl	Nein	1,5 m ³	23,7 m ²	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AEE INTEC
Zeiner	26 m ³	1,6 m ³	15,7 m ²	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit	AEE INTEC
Gamauf	Nein	10 m ³	42 m ²	Anlage in Umsetzung	AIT
Rapolter	79 m ³	2 m ³	27 m ²	Anlage in Umsetzung	AIT
Salchinger	Nein	4,5 m ³	31 m ²	Anlage in Umsetzung	AIT
Zündt	43 m ³	1,2 m ³	28,1 m ²	Anlage in Umsetzung	AEE INTEC
Miksche	28 m ³	1,5 m ³	30,3 m ²	Anlage in Detailplanungsphase	AEE INTEC
Pranzl	72 m ³	1,3 m ³	40,2 m ²	Anlage wird nicht umgesetzt	AIT
Tomes	Nein	7,1 m ³	24,9 m ²	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 ein Projekt in der einjährigen Monitoringphase. Der Status der Anlagen aus dem Förderprogramm 2015 ist

³ Bruttokollektorfläche

Abbildung 1 zu entnehmen. Bei AEE INTEC werden 6 Projekte begleitet, bei AIT sind es 4 Projekte.

AEE INTEC				
Projektname	Bestätigung		Start	Ende
	1.	2.		
Bader			Mrz. 17	
Förster				
Kröpfl				
Miksche				
Zeiner				
Zündt				

AIT				
Projektname	Bestätigung		Start	Ende
	1.	2.		
Daxer				
Gamauf				
Rapolter				
Salchinger				

Abbildung 1: Status Quo der ausgestellten offiziellen Bestätigungen zu den 10 Messprojekten - unterteilt in Zuständigkeiten von AEE INTEC oder AIT (Förderprogramm 2015)

4 Beschreibung der Tätigkeiten in Verbindung mit den Messanlagen im Berichtszeitraum

Kontakthaltung mit Bauherrn und dessen Partnern

Um die Basis für die Durchführung der wissenschaftlichen Begleitforschung zu schaffen (Hydraulik- und Messkonzept, Spezifikation der Messtechnik, ggf. Bestellung und Montage, Inbetriebnahme, erste Auswertungen, etc.), mussten zahlreiche Informationen zu den Messanlagen gesammelt sowie ein reger Austausch zwischen den Bauherrn 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. So konnten Optimierungspotentiale bereits im Zuge der Umsetzung berücksichtigt werden.

Systemhydraulik und Monitoringkonzept – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern

Des Weiteren erfolgte für die 10 Messprojekte aus dem Begleitforschungsprogramm die Festlegung des Monitoringkonzeptes in Anlehnung an die Vorgaben im speziell definierten Monitoringleitfaden 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.

Entwicklung bzw. Weiterentwicklung eines kostengünstigen Datenlogging-Systems

Ähnlich der Kopplung mit Gebäudeleittechniksystemen bei der wissenschaftlichen Begleitung im Förderprogramm „Solare Großanlagen“ konnten auch bei den Einfamilienhäusern Möglichkeiten zur Reduktion der Messtechnikkosten identifiziert werden.

Der Regelungshersteller Technische Alternative (TA) stellt ein „Control and Monitoring Interface“ (C.M.I) zur Verfügung mit dem Mess- bzw. Regelungsdaten ausgelesen werden können. Bei Einsatz dieser Regelung oder ähnlicher Produkte, kann ggf. auf das Standard-Datenlogging-System verzichtet werden, sofern Sensoren mit ausreichender Genauigkeit (lt. Monitoringleitfaden) eingesetzt werden und eine korrekte Datenübertragung durch den Anlagenbetreiber sichergestellt werden kann. Die Erprobung der Funktion und die Bewertung der Eignung für die Begleitforschung werden aktuell bei einzelnen Solarhäusern durchgeführt.

Messkonzept für Biomasse-Wohnraumgeräte

Etwa die Hälfte der Solarhäuser in der Begleitforschung nutzt als Nachheizung einen wassergeführten Kachelofen oder ein ähnliches, feste Biomasse nutzendes Gerät mit Aufstellungsort Wohnraum. Der Wärmeeintrag in den Pufferspeicher wird in allen Fällen von einem Wärmemengenzähler erfasst. Die Messung des über Strahlung an den Raum abgegebenen Wärmeanteils erweist sich etwas komplexer.

Hier wird unter Einbeziehung des Förderwerbers die gesamte Holzmenge über eine Heizsaison bestimmt und durch repräsentative Messungen auch der Feuchtegehalt des Holzes ermittelt. Zur Bestimmung des Strahlungsanteils sind spezifische Messungen an repräsentativen Tagen in der Heizperiode geplant.

Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems

Die Bauherren und deren Partner wurden hinsichtlich der Beschaffung, der richtigen Positionierung, der Montage als auch der Verkabelung umfangreich betreut. Bei der Inbetriebnahme des Anlagenmonitorings werden 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. Im Zuge des für die Messtechnik-Inbetriebnahme notwendigen Vorort-Termins erfolgt auch der Vergleich der seitens der Anlagenbetreiber übermittelten Hydraulikkonzepte mit den tatsächlich erfolgten Installationen. Gegebenenfalls vorhandene Abweichungen werden am Planstand vermerkt und 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 oder in der Regelung zwischengespeichert, 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.).

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“.

5 Verbreitungsaktivitäten

Das Team der wissenschaftlichen Begleitforschung hat innerhalb des Projektzeitraums zwei Vorträge bei einschlägigen Veranstaltungen gehalten (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Demoprojekte Solarhaus“ für die Ausschreibungsjahre 2014, 2015 und 2016).

In der nachfolgenden Tabelle 2 können die kumulierten Disseminierungsaktivitäten (Veranstaltungen inkl. Vortragstitel und Teilnehmerzahlen) entnommen werden.

Tabelle 2: Übersicht zu durchgeführten Verbreitungsaktivitäten im Berichtszeitraum

<i>Art der Veranstaltung</i>	<i>Titel der Veranstaltung</i>	<i>Vortragstitel</i>	<i>Teilnehmer</i>
<i>Seminar</i>	<i>Sonnenhaus Intensivseminar LSI Voitsberg (Februar 2017)</i>	<i>Das Spezielle der Sonnenhaustechnik - Umsetzungsbeispiele</i>	<i>Ca. 25</i>
<i>Workshop</i>	<i>Sonnenhaus Kompetenztreffen Schwertberg (März 2017)</i>	<i>Begleitforschung „Demoprojekte Solarhaus“ – erste Messergebnisse</i>	<i>Ca. 20</i>
<i>Workshop</i>	<i>Sonnenhaus Kompetenztreffen Gleisdorf (Mai 2017)</i>	<i>Begleitforschung „Demoprojekte Solarhaus“ – erste Messergebnisse</i>	<i>Ca. 20</i>
<i>Tagung</i>	<i>1. Sonnenhaus-Tagung Wien (Juni 2017)</i>	<i>Begleitforschung „Demoprojekte Solarhaus“ – erste Messergebnisse</i>	<i>Ca. 150</i>
<i>WIFI Kurs</i>	<i>Akademische/r Expert/in für Integrales Gebäude- und Energiemanagement (September 2017)</i>	<i>Modul: Gebäude mit hoher solarer Deckung</i>	<i>Ca. 20</i>
<i>Workshop</i>	<i>Expertenforum Energiespeicher Beton Wien (November 2017)</i>	<i>Monitoringergebnisse zu Projekten aus Wohnbau und Gewerbe mit hohen solaren Deckungsgraden und Bauteilaktivierung</i>	<i>ca. 160</i>

6 Kennzahlen aus Simulation und Messung im Anlagenvergleich

6.1 Kennzahlenvergleich

Zur Darstellung der prognostizierten Ergebnisse zum Zeitpunkt der Einreichung werden in den nachfolgenden drei Abbildungen die wesentlichen Kennzahlen der 10 solaren Wärmeversorgungsanlagen dargestellt. Abbildung 2 zeigt dazu die in der Einreichphase prognostizierten jährlichen spezifischen Solarerträge (kWh/m² Aperturfläche und Jahr), Abbildung 3 die prognostizierten solaren Deckungsgrade und Abbildung 4 die prognostizierten Wärmeverbräuche.

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, Speicher- und Kollektortyp, etc.) genauso berücksichtigt werden wie die tatsächlichen Verbrauchsverhältnisse.

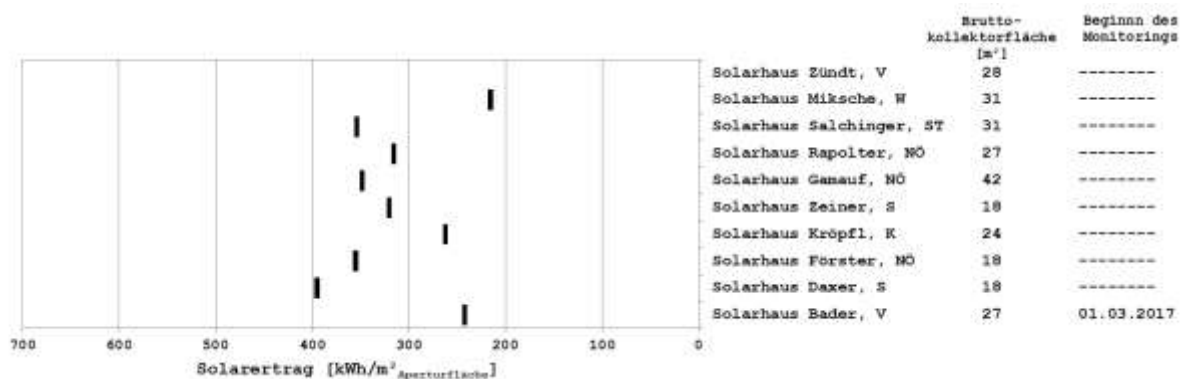


Abbildung 2: Darstellung der prognostizierten spezifischen Solarerträge (schwarze Striche) der 10 Solarhäuser, die schon umgesetzt sind oder sich in der Planungsphase befinden

Die Bandbreite der prognostizierten spezifischen Solarerträge reicht von 213 bis 393 kWh/m²a. Die Solarerträge bis um 300 kWh/m²a sind als realistisch anzusehen. Für das Solarhaus Bader liegen aktuell noch keine vollständigen Jahresdaten vor und werden daher nicht gezeigt. 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

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

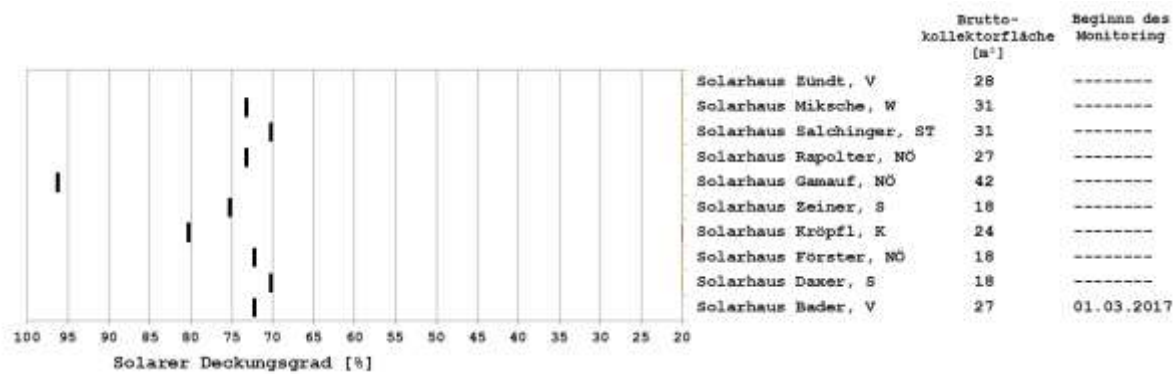


Abbildung 3: Darstellung der prognostizierten solaren Deckungsgrade (schwarze Striche) der 10 Solarhäuser, die schon umgesetzt sind oder sich in der Planungsphase befinden

Entsprechend der Vorgaben durch den Fördergeber liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade zwischen einem Minimum von 70% und einem Maximum von 96%.

Eine entscheidende Einflussgröße auf den solaren Deckungsgrad und den spezifischen Solarertrag bildet der Wärmeverbrauch. Abbildung 4 zeigt hierzu die Prognosewerte der Wärmeverbräuche der Solarhäuser in der Begleitforschung. Bisher gibt es nur Messergebnisse vom Solarhaus Bader, wo der Wärmeverbrauch bisher bei rund 6 MWh lag.

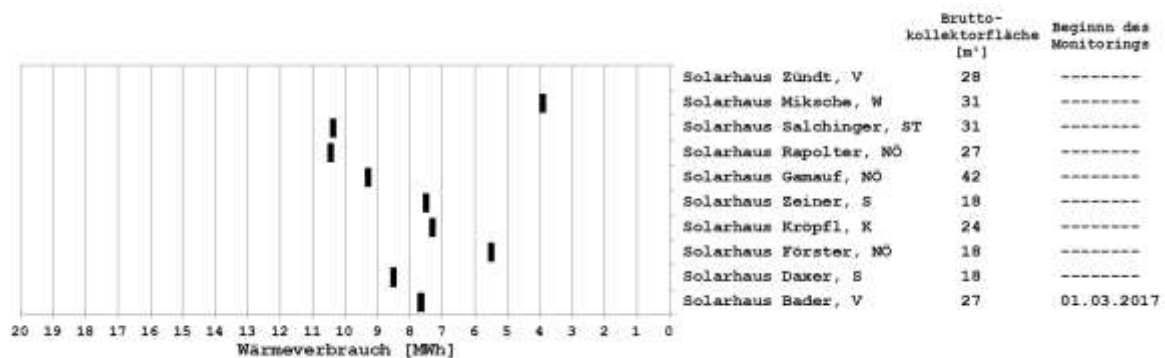


Abbildung 4: Darstellung der prognostizierten jährlichen Wärmeverbräuche (schwarze Striche) für Warmwasser und Raumheizung der 10 Solarhäuser, die schon umgesetzt sind oder sich in der Planungsphase befinden

Die prognostizierten Wärmeverbräuche für Warmwasser und Raumheizung liegen zwischen 3,8 und 10,35 MWh.

7 Beschreibung der Projekte und Darstellung der relevanten Messergebnisse

7.1 Solarhaus Bader, V

7.1.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Bader
<u>Standort:</u>	6822 Satteins
<u>spez. HWB (lt. Energieausweis):</u>	33,9 kWh/m ² a
<u>BGF:</u>	172,8 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	27,4 m ² Flachkollektor (DOMA Flex Holz)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	23,84 m ²
<u>Neigung:</u>	44,2°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.200 Liter Pufferspeicher, 48,25 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Stückholzofen (im Wohnraum, 3 kW)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	72% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	229,82 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Monitoring-Beginn: 1. März 2017
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Bader handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit 173 m² Brutto-Grundfläche und asymmetrischem Satteldach (Abbildung 5).



Abbildung 5: Südansicht des Solarhauses Bader
(Quelle: AEE INTEC)

Die Bodenplatte sowie die Zwischendecke sind thermisch aktiviert und haben eine Gesamtmasse von ca. 48 m³ Beton (äquivalent zu 37 m³ Wasser bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K), der 1.200 Liter fassende Pufferspeicher dient der Warmwasserbereitung und der Versorgung der Fußbodenheizung.

Für die primäre Wärmeversorgung dient die am Dach montierte Solaranlage. Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 72% erreicht werden. Als Nachheizung dient ein wassergeführter Wohnraumofen mit einer Leistung von 3 kW.

In den folgenden Abbildungen ist der Grundriss von Erdgeschoss (Abbildung 6) und Untergeschoss (Abbildung 7) dargestellt. Die beiden außenliegenden Bauteilaktivierungen („BTA OG ext: Garage“ und „BTA UG ext: Außenlager“) sind gelb markiert. In diese können solare Überschüsse abgeführt werden. Die Bereiche mit Fußbodenheizung sind orange hervorgehoben. Im Erdgeschoss befindet sich nur entlang der großen Fensterflächen eine 1 m breite Fußbodenheizung, im Untergeschoß sind der Gang, das Bad und das Arbeitszimmer vollständig mit Fußbodenheizung versehen. Der Technikraum ist blau dargestellt (UG).

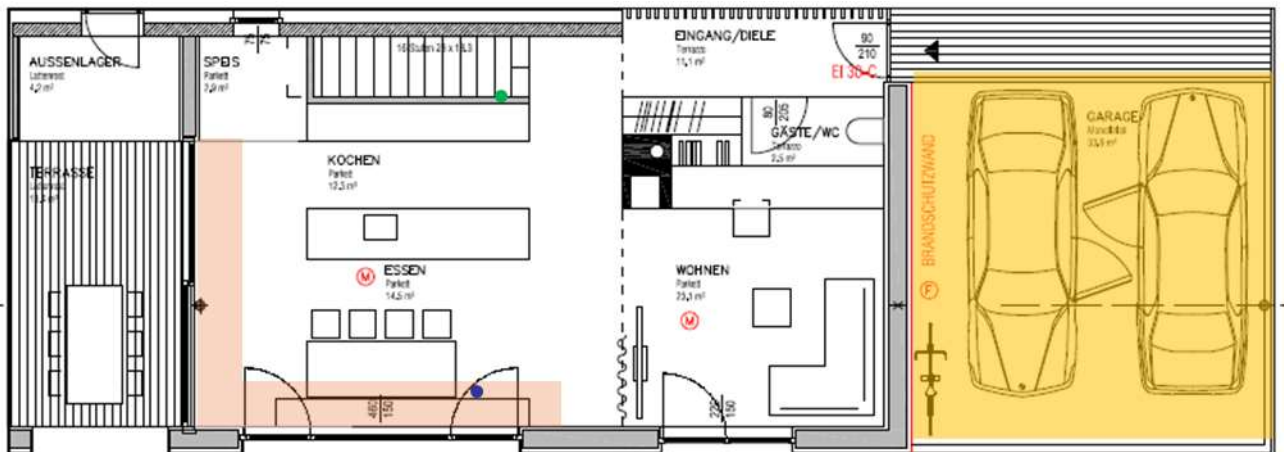


Abbildung 6: Grundriss des Obergeschosses (Quelle: Einreichplan, Architekt DI T. Getzner)

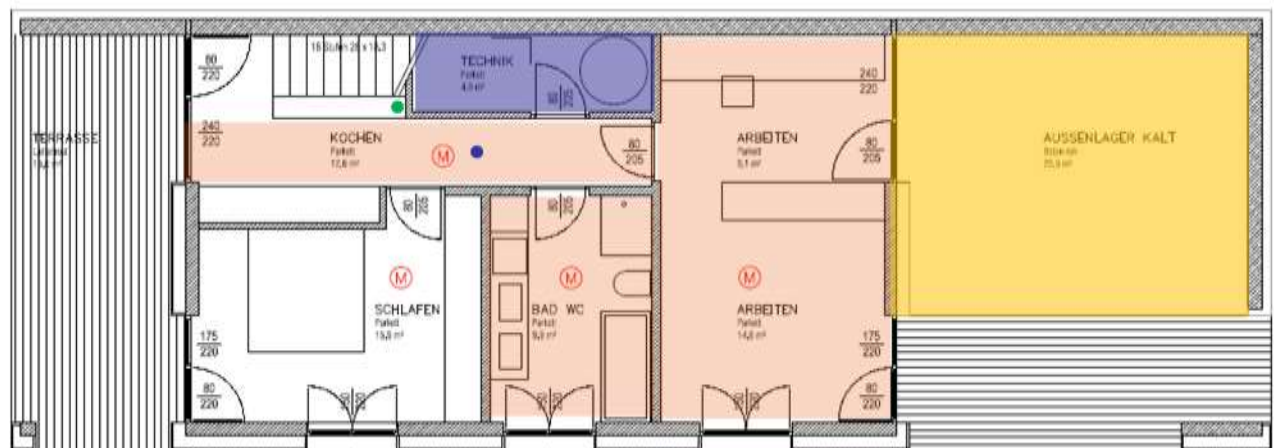


Abbildung 7: Grundriss des Untergeschosses, blau: Technikraum (Quelle: Einreichplan, Architekt DI T. Getzner)

Die Raumtemperaturfühler sind als grüne Punkte eingezeichnet, die Temperaturfühler in den bauteilaktivierten Platten sind mit blauen Punkten markiert.

Die Bauteilaufbauten sind in den folgenden Abbildungen skizziert. Abbildung 8 zeigt den Aufbau der Fundamentplatte. Unterhalb des Gebäudes befindet sich eine 12 cm dicke, aktivierte Betonplatte, deren Rohre mit 20 cm Abstand auf der untersten Bewehrungsebene montiert sind. In diese Platte können solare Überschüsse eingespeist werden. Die Idee ist, thermische Verluste des Gebäudes nach unten durch Schaffung eines Wärmepolsters zu reduzieren. Nach einem 80 cm dicken Kieselpolster folgt die eigentliche Fundamentplatte des Gebäudes (Stärke: 25 cm). Auch hier ist der Rohrabstand der Bauteilaktivierung rund 20 cm und die Einbringungshöhe entspricht der ersten Bewehrungsebene. Der Fußbodenaufbau besteht aus einer doppelten Lattung (6 + 6 cm) mit Split verfüllt, gefolgt von einer 1 cm dicken Trittschalldämmung und einem 3 cm starken Holzbelag. Temperaturfühler sitzen in der Ebene der Leitungsrohre, genau in der Mitte zwischen 2 Rohrbahnen. Bei der Bodenplatte wird zusätzlich die Temperatur an der Oberfläche des Betonbauteils gemessen. Die Fühler sitzen vertikal übereinander.

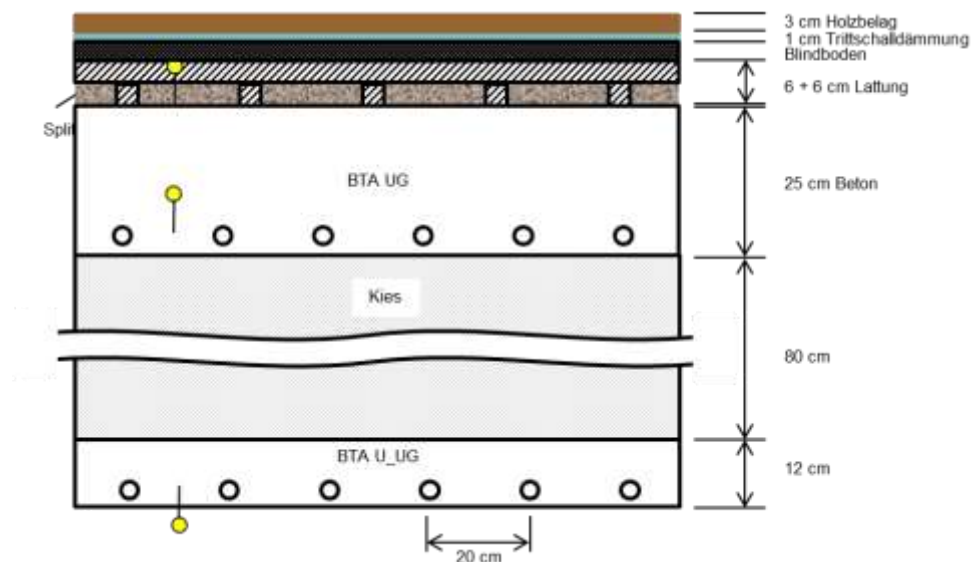


Abbildung 8: Aufbau der Fundamentplatte des Gebäudes (Quelle: Planer, eigene Darstellung)

Abbildung 9 zeigt den Aufbau der bauteilaktivierten Zwischendecke. Der Aufbau ist praktisch gleich wie jener der Bodenplatte. Nur der Fußbodenaufbau ist hier um 2 cm höher (8 + 6 cm Lattung). Auch hier sind 2 Temperaturfühler verbaut.

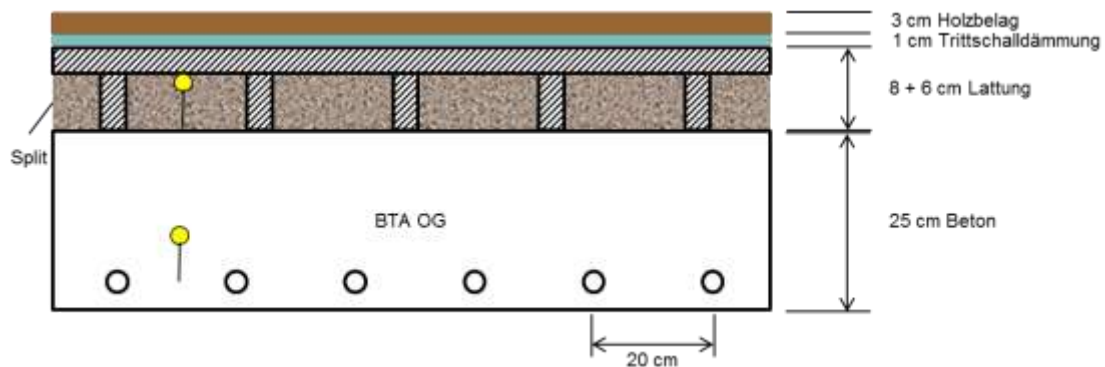


Abbildung 9: Aufbau der Zwischendecke des Gebäudes (Quelle: Planer, eigene Darstellung)



Abbildung 10 zeigt den, von der Türe aus gesehen, rechten Teil des Technikraumes. Links von der Tür hat der Raum nicht mehr volle Höhe (aufgrund der Treppe, vgl. Abbildung 7). Dieser Platz reicht gerade aus, um das Ausdehnungsgefäß der Heizung zu positionieren. Das Ausdehnungsgefäß für die Solaranlage befindet sich links neben dem Technikraum unter Treppe. Die gesamte Haustechnik findet also auf rund 5 m² Platz.

Abbildung 10: Technikraum (Quelle: AEE INTEC)

7.1.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Bader ist als Blockschaltbild in Abbildung 11 dargestellt. Die Solaranlage bedient entweder den Pufferspeicher über einen internen Wendelwärmetauscher oder die Bauteilaktivierung, welche direkt in den solaren Primärkreis eingebunden ist, mit Energie. Überschüssige Solarenergie in der einstrahlungsreichen Zeit kann auf folgende Arten abgeführt werden:

- Bauteilaktivierung im Carport (BTA OG ext) und im Außenlager (BTA UG ext)
- Bauteilaktivierung unter der Gebäudebodenplatte (BTA U_UG)

Während die Bauteilaktivierung in Carport und Außenlager ausschließlich als Rückkühler für die Solaranlage dienen, kann die Bauteilaktivierung unter der Gebäudebodenplatte die thermischen Gebäudeverluste nach unten ggf. reduzieren. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen im Pufferspeicher integrierten Boiler. Es gibt keine Zirkulation. Die Nachheizung erfolgt über einen wassergeführten Wohnraumofen. Die Pumpe im Rücklauf des Nachheizungskreises ist auf 2 Liter/Minute (120 Liter/Stunde) gedrosselt. Auf diese Weise wird das Warmwasservolumen des Pufferspeichers innerhalb der Abbrandzeit des Ofens genau einmal umgewälzt und es ist keine Rücklaufanhebung notwendig. Bei Betrieb des Nachheizungskreises, wird mit Hilfe eines Relais die Fussbodenheizung gesperrt. Die Fussbodenheizung kann also ausschließlich vom Pufferspeicher bedient werden. Das Umschaltventil am Pufferspeicher schaltet zwischen Nachheizung (Anschluss oben) und Betrieb Fussbodenheizung (Anschluss unten) um. Als Notheizung ist ein elektrischer Heizstab im Pufferspeicher integriert.

Fünf Wärmemengenzähler, 4 Ventilstellungen, 2 Stromzähler, 25 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

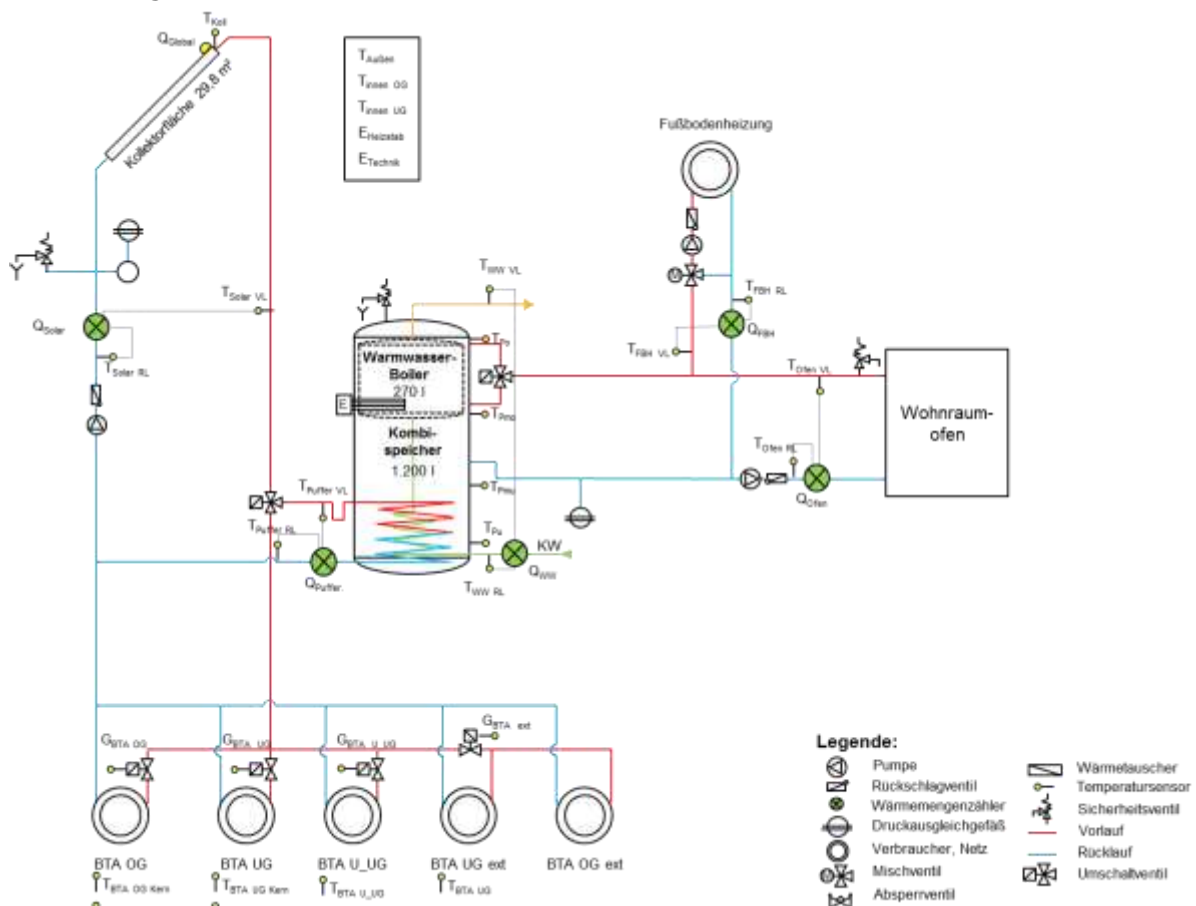


Abbildung 11: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Bader (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

Q_{Global}	Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{Sol VL}}$	Vorlauftemperatur Solarkreis
$T_{\text{Sol RL}}$	Rücklauftemperatur Solarkreis
V_{Solar}	Durchfluss Solarkreis
Q_{Solar}	Wärmemengenzähler Solarkreis
$T_{\text{Puffer VL}}$	Vorlauftemperatur Solarenergie in Puffer
$T_{\text{Puffer RL}}$	Rücklauftemperatur Solarenergie in Puffer
V_{Puffer}	Durchfluss Solarenergie in Puffer
Q_{Puffer}	Wärmemengenzähler Solarenergie in Puffer

Bauteilaktivierung

$T_{\text{BTA OG 1}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung OG
$T_{\text{BTA OG 2}}$	Oberflächentemperatur Bauteilaktivierung OG
$T_{\text{BTA UG 1}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung UG
$T_{\text{BTA UG 2}}$	Oberflächentemperatur Bauteilaktivierung UG
$T_{\text{BTA U_UG}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung unter Bodenplatte
$T_{\text{BTA UG}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung UG extern
$G_{\text{BTA OG}}$	Stellung des Absperrventils BTA OG
$G_{\text{BTA UG}}$	Stellung des Absperrventils BTA UG
$G_{\text{BTA U_UG}}$	Stellung des Absperrventils BTA U_UG
$G_{\text{BTA ext}}$	Stellung des Absperrventils BTA ext

Speicher 1

T_{P1o}	Pufferspeichertemperatur oben
T_{P1mo}	Pufferspeichertemperatur mitte oben
T_{P1mu}	Pufferspeichertemperatur mitte unten
T_{P1u}	Pufferspeichertemperatur unten

Wohnraumofen

$Q_{\text{Nachheizung}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung
$V_{\text{Nachheizung}}$	Durchfluss Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung

Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW_VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW_RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
V_{WW}	Durchfluss Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung

Fußbodenheizung

Q_{FBH}	Wärmemengenzähler Fußbodenheizung
------------------	-----------------------------------

V_{FBH}	Durchfluss Fußbodenheizung
$T_{\text{FBH VL}}$	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
$T_{\text{FBH RL}}$	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
$T_{\text{Innen OG}}$	Wohnraumtemperatur OG
$T_{\text{Innen UG}}$	Wohnraumtemperatur UG
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik
E_{Heizstab}	Strombedarf elektr. Heizstab

7.1.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 12 bis Abbildung 14) geben einen Überblick über die, bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse sowie der Messergebnisse im betrachteten Zeitraum März bis November 2017. Verglichen werden im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen der relevanten Kennzahlen (spezifischer Solarertrag, solarer Deckungsgrad sowie der Wärmeverbrauch). Da die Simulation der Bauteil- und Erdreichaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System vom Förderwerber unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 37 m³ (Wasseräquivalent bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

In Abbildung 12 ist der prognostizierte spezifische Solarertrag sowie der Globalstrahlung in Kollektorebene angeführt. Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurde ein Jahressolarertrag von rund 230 kWh/m²a prognostiziert. Die gemessene Einstrahlung liegt deutlich über der prognostizierten. Der Einbruch der Einstrahlung im November ist jahreszeitlich für diese Region bedingt und wurde auch an nahegelegenen Messstellen festgestellt.

Im Zuge der regelmäßigen Datenprüfungen stellte sich heraus, dass die solaren Erträge der Anlage nicht plausibel sind. Daher werden sie hier auch nicht dargestellt. Bereits seit geraumer Zeit wird gemeinsam mit Bauherrn, Planer und dem Hersteller der Wärmemengenzähler versucht, eine Lösung für das Problem zu finden. Bisherige Versuche die beiden Wärmemengenzähler im Solarkreis gegeneinander abzugleichen führten zu keinem befriedigenden Ergebnis. Die beiden Wärmemengenzähler im Solarkreis sind jeweils in sich konsistent: Der Zählerstand entspricht der Summe der gemessenen Leistungen. Die gemessenen Leistungen konnten durch manuelle Berechnung aus Durchfluss und Temperaturdifferenz bestätigt werden. Bei Pufferladung sollten die beiden Wärmemengenzähler innerhalb der Genauigkeit die gleichen Werte liefern. Die Abweichungen bei den Durchflüssen betragen jedoch bis zu 100%. Ähnliche Abweichungen treten bei den Vor- und Rücklauftemperaturen auf.

Es wird intensiv an der Lösung dieses Problems gearbeitet.

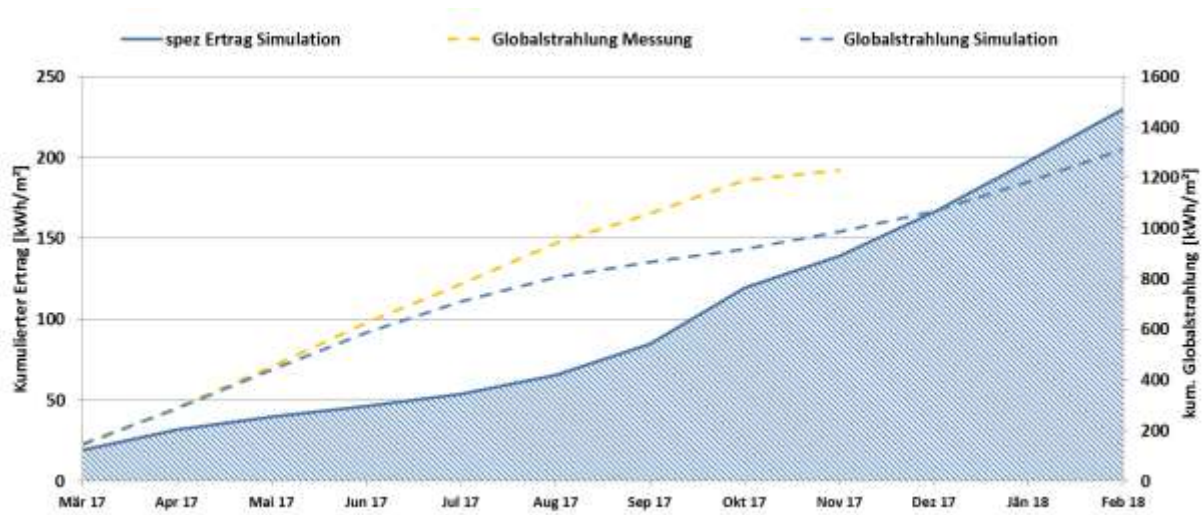


Abbildung 12: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der prognostizierter und gemessener Verlauf der Globalstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Bader (März bis November 2017)

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit 71,6% angegeben. Abbildung 13 zeigt das Simulationsergebnis (blau). Aufgrund des oben erwähnten Problems kann auch der solare Deckungsgrad noch nicht bestimmt werden.

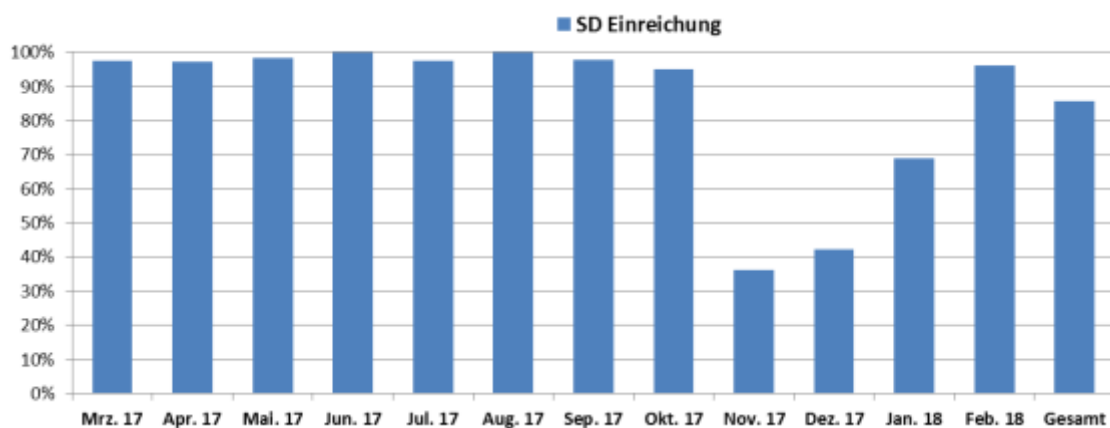


Abbildung 13: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Bader

Der kumulierte Verlauf der prognostizierten als auch gemessenen Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 14 zu entnehmen. Wie in der Darstellung erkennbar ist, liegt der gemessene Verbrauch bis dato über dem Prognosewert. Die mittlere Raumtemperatur lag im betrachteten Zeitraum bei 25 °C, wodurch ein um rund 30 % höherer Energiebedarf für Raumwärme zu erwarten ist. Im bisherigen Betrachtungszeitraum wurde ein um 41 % höherer Wärmeverbrauch gemessen.

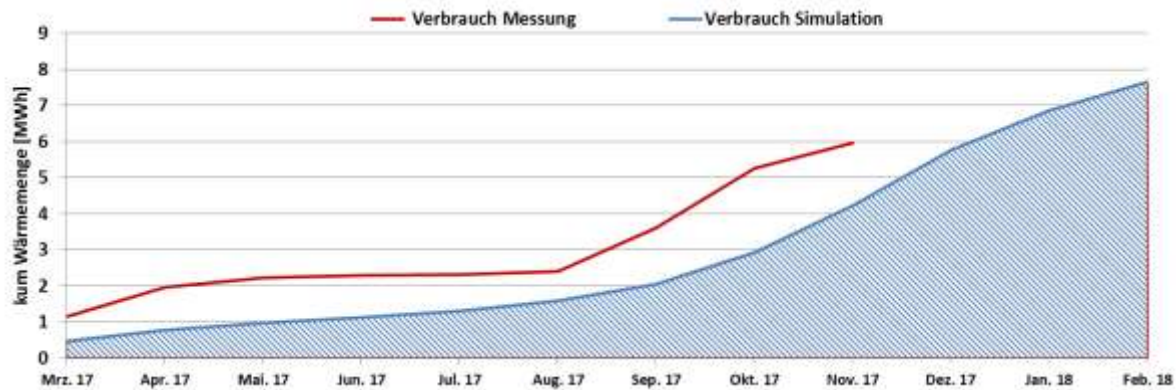


Abbildung 14: Prognostizierter und gemessener kumulierter Verbrauch des Solarhauses Bader (März bis November 2017)

7.1.4 Detailbetrachtung und Optimierungspotenziale

Basierend auf den installierten und erfassten Sensoren wurden im Betrachtungszeitraum Analysen und Plausibilitätsprüfungen der Betriebsweise der einzelnen hydraulischen Kreise sowie das Zusammenspiel des Gesamtsystems durchgeführt. Bei der Analyse der Anlage kann dabei insbesondere das Zusammenspiel der solarthermischen Anlage mit der Betonteilaktivierung als interessant angesehen werden. So wird folgend einerseits auf die Betriebsweise bzw. etwaige Optimierungen und im weiteren Verlauf auf das Zusammenspiel bzw. die Effekte der Bauteilaktivierung auf die solarthermische Anlage eingegangen.

Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen die Temperaturverläufe und den Volumenstrom des Solarkreislaufs, die Kollektortemperatur, die Globalstrahlungswerte, die Pufferspeichertemperaturen (zu besserer Übersicht nur die oberste und die unterste) sowie Innen-, Außen-, Kerntemperatur der aktiven Bauteilaktivierung und die Position der aktiven Ventile im Solarkreis. Um die Lesbarkeit der Diagramme und Unterscheidung der unterschiedlichen Betriebsmodi im Solarkreis besser zu veranschaulichen, wurden den Ventilen unterschiedliche Werte für den Zustand „offen“ zugewiesen:

- Absperrventil außenliegende Bauteilaktivierung (Ventil-Carport) offen = 40
- Umschaltventil Puffer vs. Bauteilaktivierung (Ventil-Sol-WW) offen = 15

Es handelt sich bei dem dargestellten Zeitraum um den 7.8.2017, einen einstrahlungsreichen Sommertag.

In der Regelungsstrategie sind die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten der Solarenergie einer Prioritätsreihung unterworfen:

- Priorität 1: Warmwasserbereitung
- Priorität 2: Beladung der Fundamentplatte und der Zwischendecke
- Priorität 3: Beladung der Bauteilaktivierung unterhalb des Gebäudes
- Priorität 4: Rückkühlung über die außenliegenden Bauteile (Carport und Terrasse)

Entsprechend dieser Strategie wird zu Beginn des Tages ab einer Einstrahlung von etwa 450 W/m^2 die Ladung des Pufferspeichers gestartet. Das ist deutlich am Durchfluss VD_Puffer (blau strichliert) und am Anstieg der untersten Puffertemperatur (T_{Pu} , grau) erkennbar. Ebenso in der Regelungsstrategie verankert ist die maximale Temperatur des Pufferspeichers, welche mit 65°C festgelegt ist. Daher ist gegen 11:15 Uhr der Pufferspeicher voll beladen (unterste Puffertemperatur ist auf 65°C). Nun schaltet das Umschaltventil im Solarkreis von Puffer- auf Bauteilaktivierungsbetrieb (vgl. Abbildung 16, Ventil-Sol-WW, blaugrau). Da jedoch im Gebäude – aufgrund der Jahreszeit – keine Heizanforderung besteht, wird der Solarertrag an die außenliegenden

Bauteilaktivierungen im Carport bzw. Terrasse abgegeben. Durch das Umschalten sinkt die Kollektortemperatur schlagartig von rund 90 °C auf rund 65 °C ab. Einen noch stärkeren Abfall zeigt die solare Rücklauftemperatur, welche von ca. 70 °C auf 23 °C fällt.

Der Verlauf der Kerntemperatur gemeinsam mit der Ventilstellung „Ventil-Carport“ (orange) in Abbildung 16 zeigt deutlich die Rückkühlung des Kollektors über die außenliegende Bauteilaktivierung. Aufgrund dieser Rückkühlmöglichkeit ging die Solaranlage noch nie in Stagnation. Im bisherigen Betrachtungszeitraum wurden rund 61 % des gesamten Solarertrags auf diese Weise an die Umgebung abgegeben.

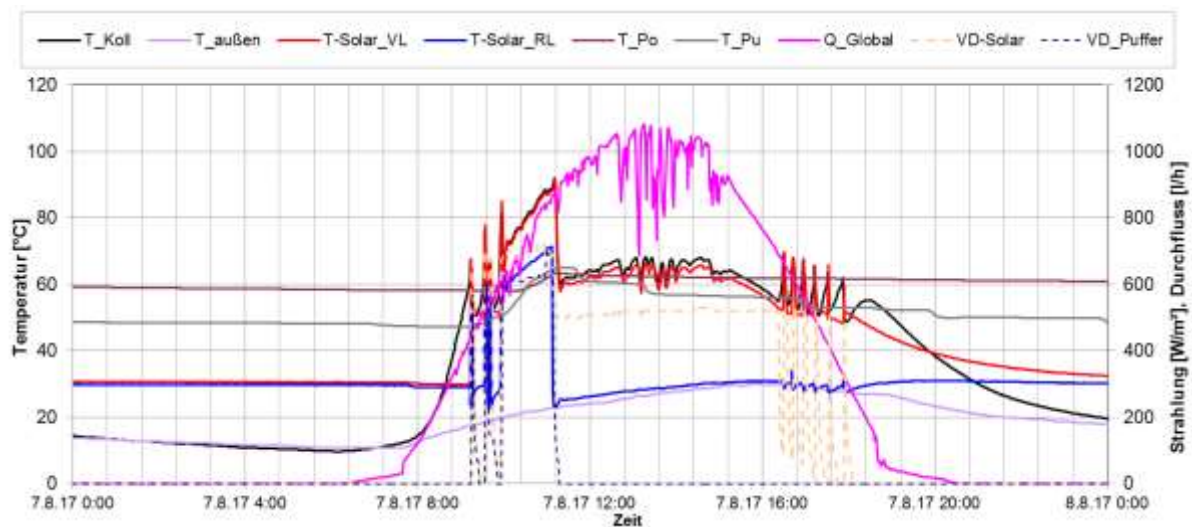


Abbildung 15: Beispielhafter Verlauf von Temperaturen und des Volumenstroms im Solarkreis zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen, der Globalstrahlung und der Außentemperatur an einem einstrahlungsreichen Sommertag (7.8.2017)

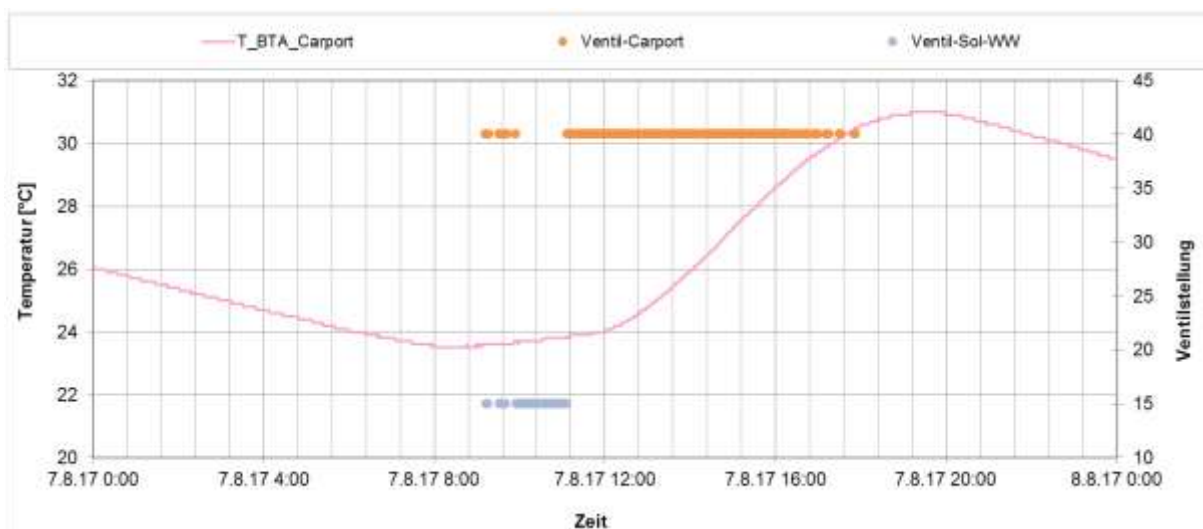


Abbildung 16: Beispielhafter Temperaturverlauf der außenliegenden Bauteilaktivierung sowie Ventilstellungen im Solarkreis an einem einstrahlungsreichen Sommertag (7.8.2017)

Abbildung 17 bis Abbildung 19 zeigen die Temperaturverläufe und den Volumenstrom des Solarkreislaufs, die Kollektortemperatur, die Globalstrahlungswerte, 2 Pufferspeichertemperaturen sowie Innen-, Außen-, Kerntemperatur der aktiven Bauteilaktivierung und die Position der aktiven Ventile im Solarkreis. Des Weiteren werden die Nachheizung (Ofen) und die Fussbodenheizung betrachtet. Zur besseren Unterscheidung wurden auch hier (vgl. oben) den Ventilen unterschiedliche Werte für den Zustand „offen“ zugewiesen:

- Absperrventil Bauteilaktivierung OG (Ventil-OG) offen = 10
- Umschaltventil Puffer vs. Bauteilaktivierung (Ventil-Sol-WW) offen = 15
- Absperrventil Bauteilaktivierung UG (Ventil-UG) offen = 20

Es handelt sich bei dem dargestellten Zeitraum um den 8.11.2017, einen einstrahlungsreichen Wintertag.

Auch im Winter ist die oben erwähnte Regelungsstrategie klar erkennbar. Zunächst wird Energie in den Pufferspeicher eingebracht (VD_Puffer, blau strichliert). Nach Einbruch der Einstrahlung schaltet das System auf die Beladung der Bauteilaktivierung um. Dies ist an den Ventilstellungen in Abbildung 18 erkennbar. In der gleichen Abbildung sind auch die Kerntemperaturen T_{BTA_OG} (dunkelgrün strichliert) und T_{BTA_UG} (hellgrün strichliert) sowie die Raumtemperaturen T_{Raum_OG} (hellblau) und T_{Raum_UG} (rosa) dargestellt. Während das Untergeschoss praktisch nicht auf den solaren Energieeintrag reagiert (weder Kern- und noch Raumtemperatur), zeigt die Kerntemperatur der Zwischendecke (T_{BTA_OG}) einen deutlichen, zeitverzögerten Temperaturanstieg von ca. 24,5 °C auf ca. 25,5 °C. Die Raumtemperatur im Obergeschoss zeigt einen deutlich schwankenden Verlauf zwischen 23 °C und 25 °C, der in keinem direkten Zusammenhang mit dem Eintrag in die Bauteilaktivierung (Abbildung 18) oder dem Betrieb des Wohnraumofens (Abbildung 19) steht. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Veränderung auf andere Einflüsse wie Lüften, Kochen oder passive solare Gewinne zurückzuführen ist.

In Abbildung 19 wird ein Hydraulikproblem dargestellt, dass durch den Konstantwertmischer im Fussbodenheizkreis hervorgerufen wird. Dieser wird von der Ofenregelung so gesteuert, dass sich die gewünschte Vorlauftemperatur in der Fussbodenheizung einstellt. Hierbei sind Zwischenstellungen möglich, sodass alle 3 Anschlüsse offen sind. Bei Betrieb des hydraulischen Kreises des Ofens (Warmwasserbereitung) ist die Fussbodenheizungspumpe gesperrt. Da jedoch der Wärmemengenzähler einen Durchfluss registriert (vor der Beimischung), kann es sich hier nur um eine Fehlzirkulation über den Konstantwertmischer handeln. Dies wird zusätzlich durch die geringe Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur Fussbodenheizung bestätigt. Eine mögliche Abhilfe für dieses Problem ist der Einbau eines Absperrventils im Fussbodenheizkreis vor der Beimischung, welches ausschließlich bei aktiver Heizkreispumpe geöffnet ist. Das Begleitforschungsteam ist hinsichtlich dieses Problems und des möglichen Lösungsansatzes bereits in Kontakt mit dem Anlagenbauer.

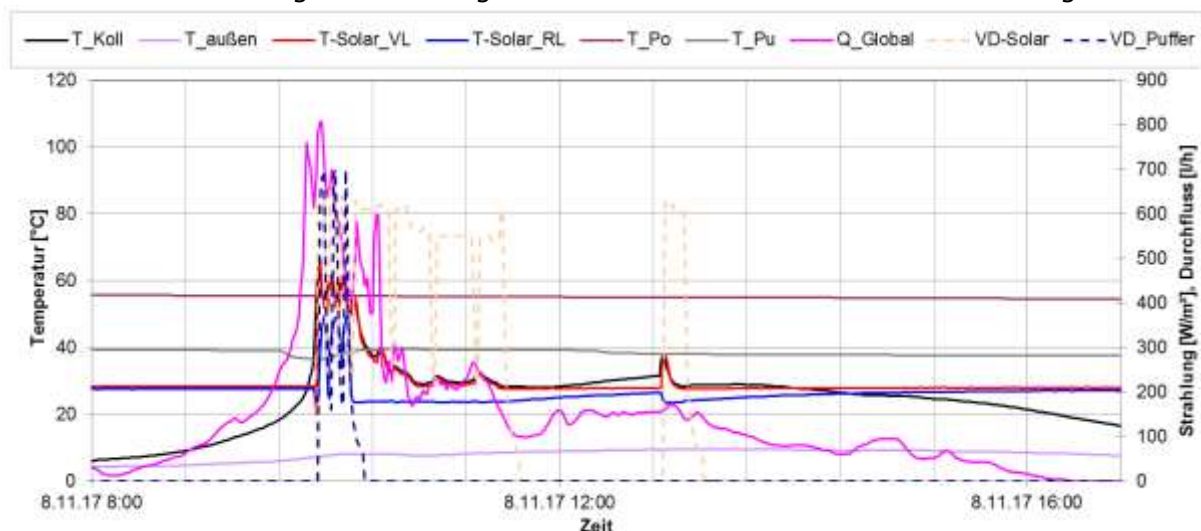


Abbildung 17: Beispielhafter Verlauf von Temperaturen und des Volumenstroms im Solarkreis zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen, der Globalstrahlung und der Außentemperatur an einem einstrahlungsreichen Wintertag (8.11.2017)

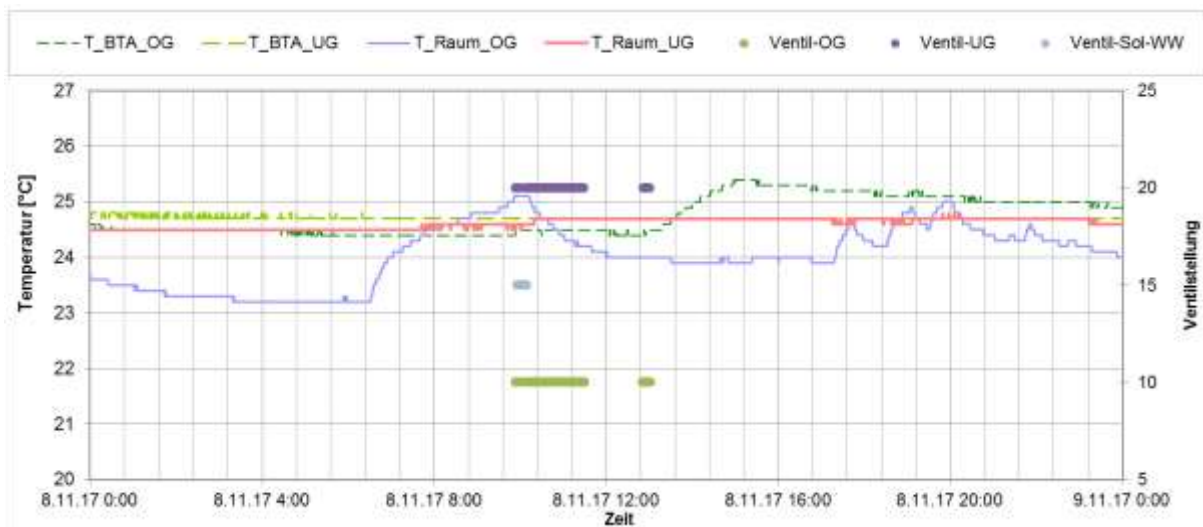


Abbildung 18: Beispielhafter Temperaturverlauf der innenliegenden Bauteilaktivierung, Raumtemperaturen sowie Ventilstellungen im Solarkreis an einem einstrahlungsreichen Wintertag (8.11.2017)

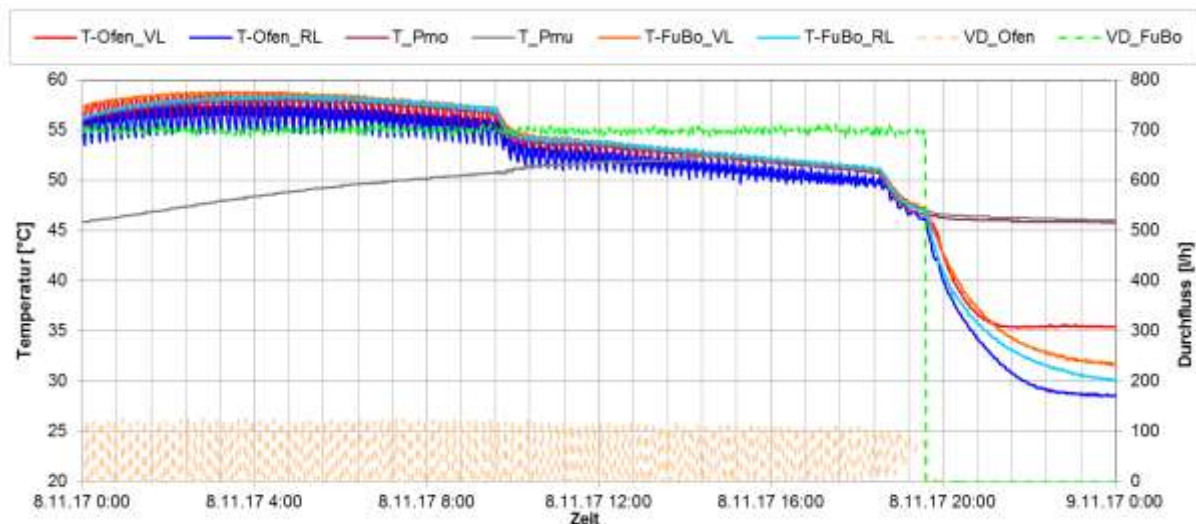


Abbildung 19: Beispielhafter Temperaturverlauf der Fussboden- und Nachheizung sowie Puffertemperaturen an einem einstrahlungsreichen Wintertag (8.11.2017)

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen die Temperaturverläufe und den Volumenstrom des Solarkreislaufs, die Kollektortemperatur, die Globalstrahlungswerte, 2 Pufferspeichertemperaturen sowie Innen-, Außen-, Kerntemperatur der aktiven Bauteilaktivierung und die Position der aktiven Ventile im Solarkreis. Zur besseren Unterscheidung wurden den Ventilen unterschiedliche Werte für den Zustand „offen“ zugewiesen:

- Absperrventil Bauteilaktivierung OG (Ventil-OG) offen = 10
- Absperrventil Bauteilaktivierung UG (Ventil-UG) offen = 20

Es handelt sich bei dem dargestellten Zeitraum um den 17.11.2017, einen einstrahlungsarmen Wintertag.

An diesem Tag stieg die Einstrahlung nie über 283 W/m^2 und die Kollektortemperatur (schwarz) blieb immer unter $39,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Da die unterste Puffertemperatur untertags über $40 \text{ }^\circ\text{C}$ lag, konnte die Solaranlage keinen Beitrag zur Warmwasserbereitung leisten. Die niedrigen Temperaturen von knapp $30 \text{ }^\circ\text{C}$ konnten jedoch in der Bauteilaktivierung genutzt werden: VD_Solar (lachs, strichliert) bzw. Ventilstellungen in Abbildung 21. Der viertel- bzw. halbstündige Betrieb der Solaranlage konnte jedoch in den Kerntemperaturen (vgl. Abbildung 21) keine nennenswerte Veränderung herbeiführen.

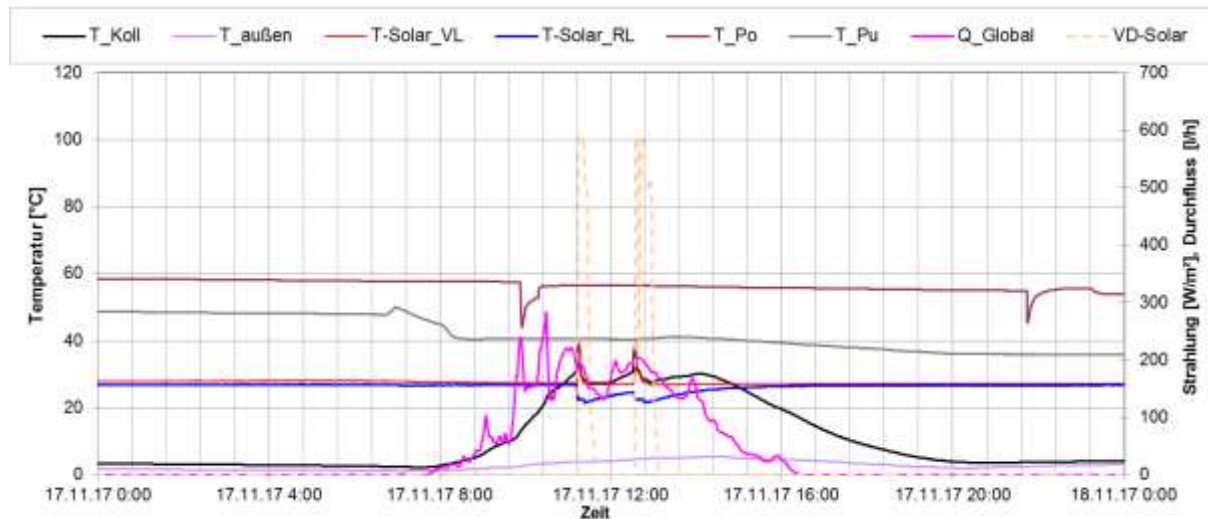


Abbildung 20: Beispielhafter Verlauf von Temperaturen und des Volumenstroms im Solarkreis zuzüglich des Verlaufs der Pufferspeichertemperaturen, der Globalstrahlung und der Außentemperatur an einem einstrahlungsarmen Wintertag (17.11.2017)

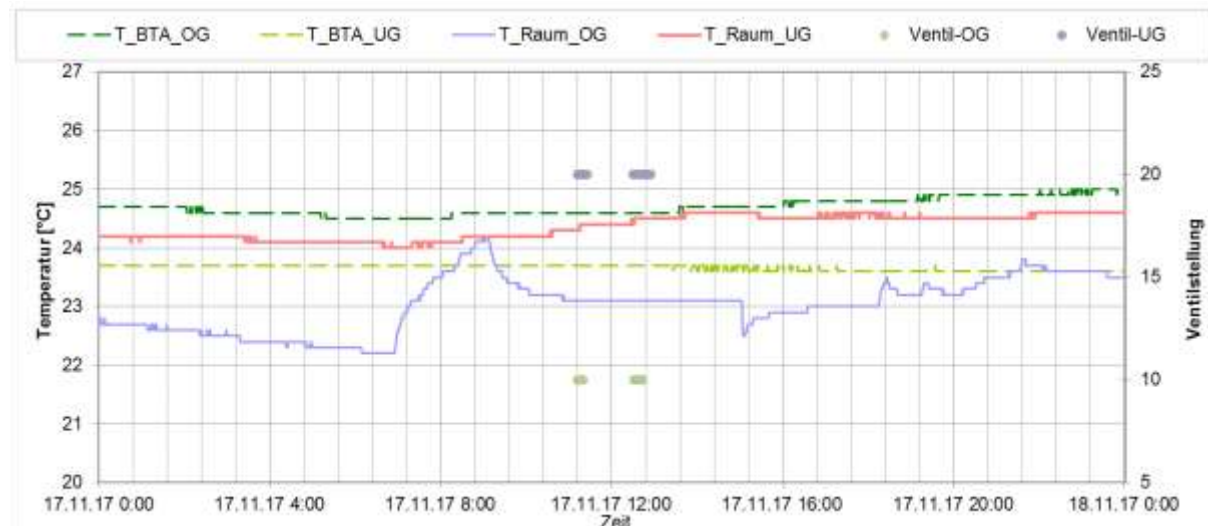


Abbildung 21: Beispielhafter Temperaturverlauf der innenliegenden Bauteilaktivierung, Raumtemperaturen sowie Ventilstellungen im Solarkreis an einem einstrahlungsarmen Wintertag (17.11.2017)

Als weiterführende Analyse ist in Abbildung 22 eine Darstellung der einzelnen solaren Wärmemengen (Puffer, Bauteilaktivierung, unter Gebäude, Rückkühlung) zum Temperaturniveau (Vorlauf- als auch Rücklauf-temperaturniveau – jeweils in Rot- bzw. Blautönen) angeführt. Die folgende Abbildung verdeutlicht dabei die Beschreibungen der Betriebsweise der solarthermischen Anlage während des bisherigen Betrachtungszeitraums (März bis November 2017). Für die Beladung der innenliegenden Bauteilaktivierung treten Vorlauftemperaturen bis 80 °C auf (hellrot). Die entsprechenden Rücklauftemperaturen liegen zwischen 15 °C und 32 °C (hellblau). Die Bauteilaktivierung wird also in einem breiten Temperaturband betrieben. Die Regelungsstrategie arbeitet – laut Anlagenbauer – ausschließlich mit maximal erlaubten Kerntemperaturen und beschränkt nicht die (solaren) Vorlauftemperaturen. Die Pufferladung findet auf einem Temperaturniveau von rund 85 °C statt (dunkelrot). Der mit Abstand größte Anteil der solaren Energie geht – wie bereits oben erwähnt – in die externen Bauteile zur Rückkühlung der Solaranlage (rot bzw. blau, jeweils strichliert). Die Rückkühlung passiert zum größten Teil bei einem Vorlauf-Temperaturniveau von rund

70 °C. Die Rücklauftemperatur liegt zum Großteil bei rund 30 °C. Die unter das Gebäude eingebrachte Energie ist so gering, dass sie in dieser Grafik nicht erkennbar ist.

In Abbildung 23 ist die Wirkungsgradkennlinie des eingesetzten Kollektortyps laut Solar Keymark Datenblatt bei 1000 W/m² Einstrahlung und 30 °C Außentemperatur dargestellt. Die mittlere gewichtete Kollektortemperatur bei Beladung der Bauteilaktivierung (BTA) liegt bei 34,8 °C (blauer Punkt). Die Platte unter dem Gebäude wird auf einem mittleren Temperaturniveau von 35,9 °C beladen (grüner Punkt). Die mittlere Kollektortemperatur bei Beladung des Pufferspeichers liegt mit 63,3 °C deutlich höher (roter Punkt). Durch die Nutzung von Bauteilaktivierung wird der Kollektor auf einem niedrigerem Temperaturniveau als bei Beladung der Pufferspeichers betrieben, was zu einem um 14 % höheren Wirkungsgrad des Kollektors führt.

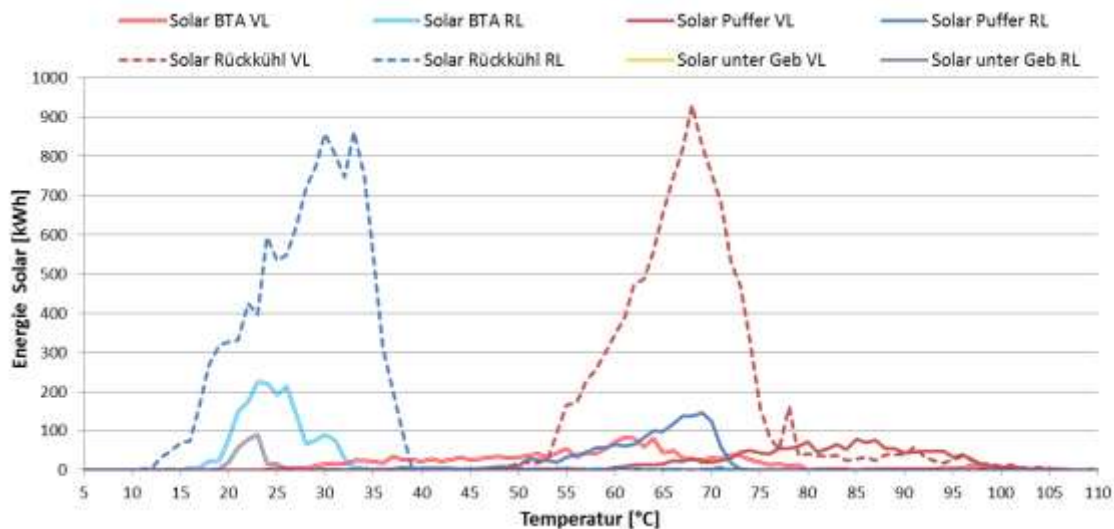


Abbildung 22: Darstellung der solaren Wärmemengen zum Temperaturniveau (Vorlauf- als Rücklauftemperaturniveau – jeweils in Rot bzw. Blau) im Betrachtungszeitraum März bis November 2017

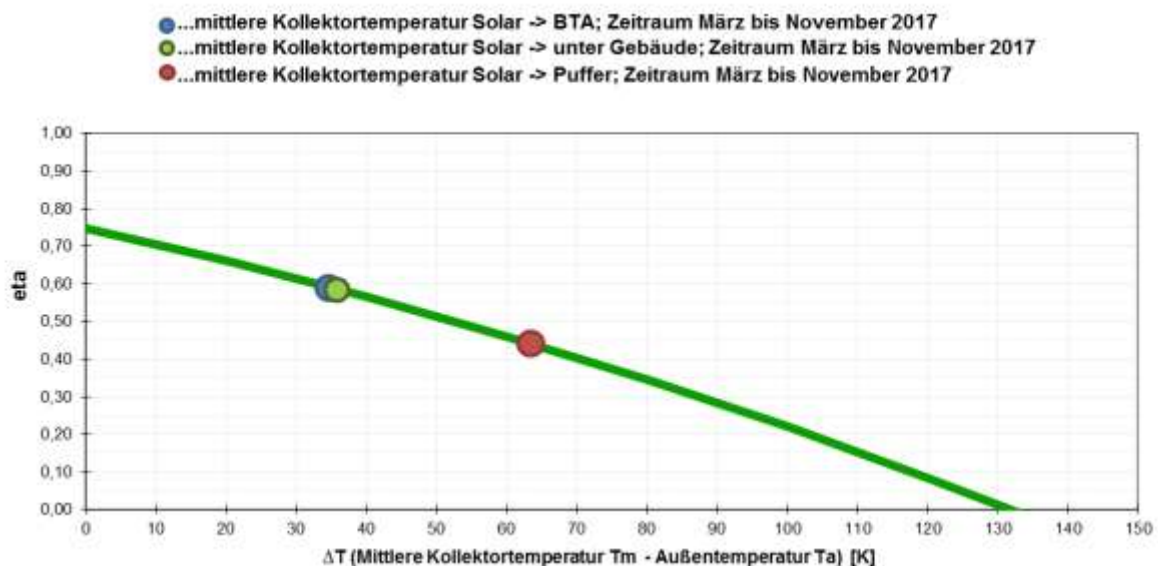


Abbildung 23: Darstellung der Wirkungsgradkennlinie des bei der Anlage Solarhaus Bader eingesetzten Kollektortyps inkl. der mittleren gewichteten Kollektormitteltemperatur in den Zeiträumen März bis November 2017 bei den Betriebszuständen Pufferladung (rot), Einspeisung unter Gebäude (grün) und Beladung der innenliegenden Bauteilaktivierung (blau)

Des Weiteren wurden die aufgetretenen Raumtemperaturen in einem Behaglichkeitsdiagramm nach EN ISO 7730 (1995) über der Außentemperatur aufgetragen (Abbildung 24). Hierbei ist festzustellen, dass sich die Raumtemperaturen über einen weiten Bereich innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen befinden. Tendenziell sind die Raumtemperaturen am oberen Rand der Behaglichkeitsgrenzen, wobei Raumtemperaturen über 26 °C primär in der warmen Jahreszeit auftreten. Erwartungsgemäß ist das Obergeschoss (blau) im Sommer wärmer als das Untergeschoss, was auf passive solare Gewinne aufgrund großer Fensterflächen zurückzuführen ist. Abbildung 25 zeigt Tagesmittelwerte der Kerntemperaturen im bisherigen Betrachtungszeitraum. Hierbei zeigt sich, dass die Zwischendecke (OG, blau) zwischen 23 °C und 27 °C und die Fundamentplatte (UG, rot) zwischen 20 °C und (mehrheitlich) 28 °C betrieben wird.

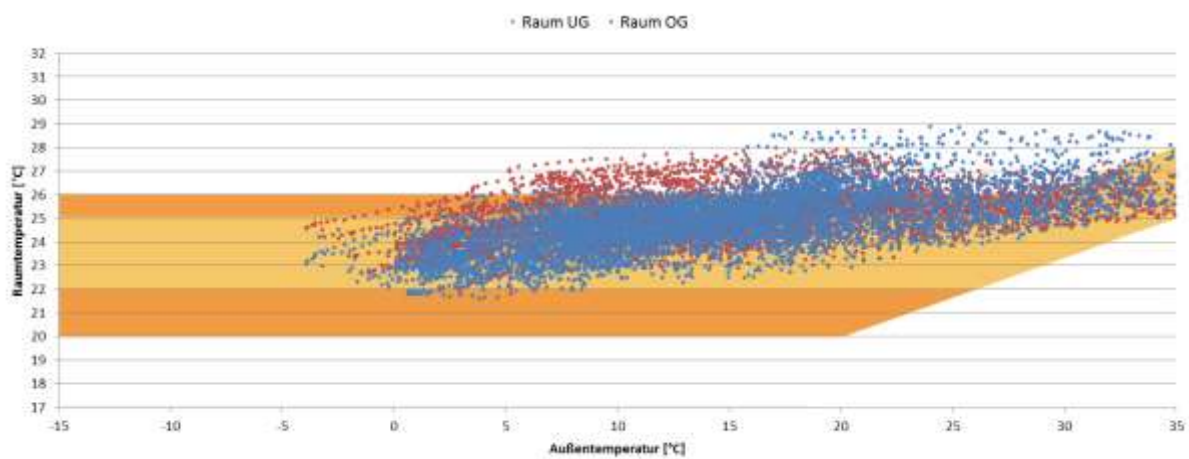


Abbildung 24: Stundenmittelwerte der Raumtemperaturen aufgetragen über der Außentemperaturen im Behaglichkeitsdiagramm für den Zeitraum März bis November 2017

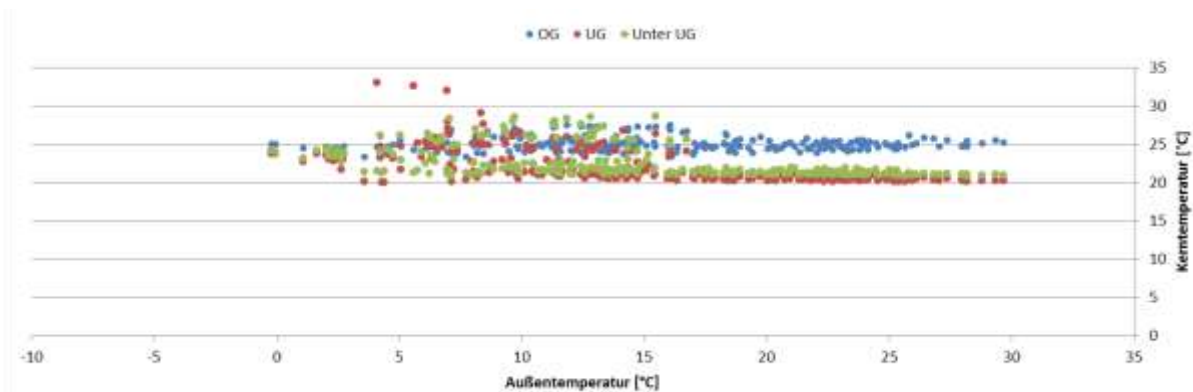


Abbildung 25: Tagesmittelwerte der Kerntemperaturen für den Zeitraum März bis November 2017

7.1.5 Anlagen Status Quo

Der ursprüngliche Monitoringstart musste vom 1.12.2016 aufgrund von Ausfällen des Monitoringequipments auf 1.3.2017 verlegt werden.

Das Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Bader arbeitet im bisherigen Betrachtungszeitraum weitestgehend ohne Probleme. Aus den aufgezeichneten Raumtemperaturen und der geringen Nutzung der Nachheizung kann geschlossen werden, dass die Wärmeversorgung des Gebäudes gut funktioniert. Der solare Ertrag der Anlage ist jedoch noch nicht plausibel, auch wenn die Wärmemengenzähler in sich konsistent sind. An der Lösung dieses Problems wird intensiv gearbeitet, da erst bei

belastbaren Werten die Betrachtung der Systembilanz, die Vergleiche mit den Simulationswerten und die Bewertung des Gesamtsystems sinnvoll sind.

Im Fussbodenheizungskreis konnte eine sehr geringe Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf, bei gleichzeitig hoher Rücklauftemperatur festgestellt werden. Dies deutet auf ein defektes Mischventil hin. Zusätzlich sollte die Heizkreispumpe nach Möglichkeit gleitend geregelt werden. Dies würde auch die Abstimmung mit der Pumpe im Nachheizungskreis (Wohnraumofen) deutlich erleichtern.

7.2 Solarhaus Daxer, S

7.2.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Daxer
<u>Adresse:</u>	5453 Werfenweng
<u>spez. HWB (Energieausweis):</u>	39,2 kWh/(m²a)
<u>Brutto-Grundfläche:</u>	241 m²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	18 m² Flachkollektor (Gasokol Gigasol OR)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	16,1 m²
<u>Neigung:</u>	70°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.000 l Warmwasser-Pufferspeicher, 600 l Heizungspufferspeicher 84,35 m³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Sole/Wasser-Wärmepumpe (4,7 kW)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	70,3 % (Simulation)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	393 kWh/(m²a) (Simulation, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Demoprojekt handelt es sich um ein nicht unterkellertes, dreigeschossiges Einfamilienhaus mit 241 m² Brutto-Grundfläche, das an einen Südhang gebaut ist. Zur Raumheizung werden die Betonkerne aller drei Geschosse über einen 600 l Pufferspeicher thermisch aktiviert. Zur Trinkwarmwasserbereitung wird ein Frischwassermodul über einen 1000 l Pufferspeicher versorgt. An einem Teil der westlichen Außenwand ist direkt ein eingeschossiges Carport angebaut. Abbildung 48 zeigt West- und Südansicht des Gebäudes und des angrenzenden Carport.

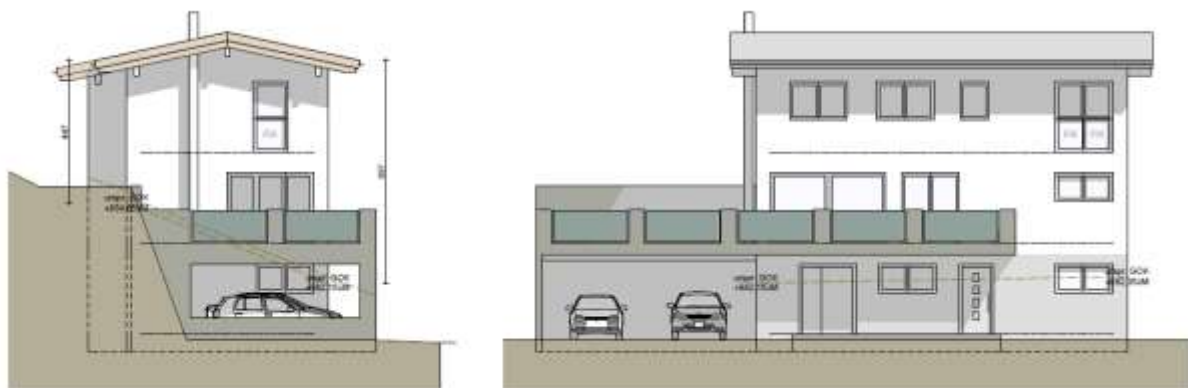


Abbildung 26: West- und Südansicht des Gebäudes (Quelle: Einreichplan, Architekt DI Alfred Pidner)

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (70,3 % laut Einreichung) mit Hilfe der solarthermischen Flachkollektoren, welche eine Bruttokollektorfläche von 18 m² aufweisen. Die Azimut-Ausrichtung des Gebäudes sowie der Kollektorfläche ist nach Süden und die Neigung der Solarthermiekollektoren beträgt 70°. Als Nachheizungssystem wird eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Flächenkollektoren eingesetzt. Zusätzlich sind in beiden Wasserspeichern elektrische Heizstäbe zur Notheizung vorhanden.

7.2.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Daxer ist schematisch in Abbildung 50 dargestellt. Über interne Wärmetauscher beheizt die Solaranlage (18 m²)

entweder den Warmwasserpuffer (1000 l) oder den Heizungspuffer (600 l). Aus dem Warmwasserpuffer wird ein Frischwassermodul versorgt, über den Heizungspuffer werden die Betonkerne der drei Geschosse (äquivalent zu 22 m³ Wasser bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K) thermisch aktiviert. Als Nachheizungssystem dient eine Sole/Wasser-Wärmepumpe (4,7 kW), die über Flächenkollektoren das Erdreich als Wärmequelle nutzt. Die Wärmepumpe belädt den Warmwasserpuffer über die gesamte Höhe, oder beheizt direkt die Betonkerne (nicht den Heizungspuffer). Als Notheizungssystem können beide Wasserspeicher elektrisch aufgewärmt werden.

Das Messkonzept umfasst sechs Wärmemengenzähler, vier Stromzähler, 36 Temperatursensoren, zwei Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

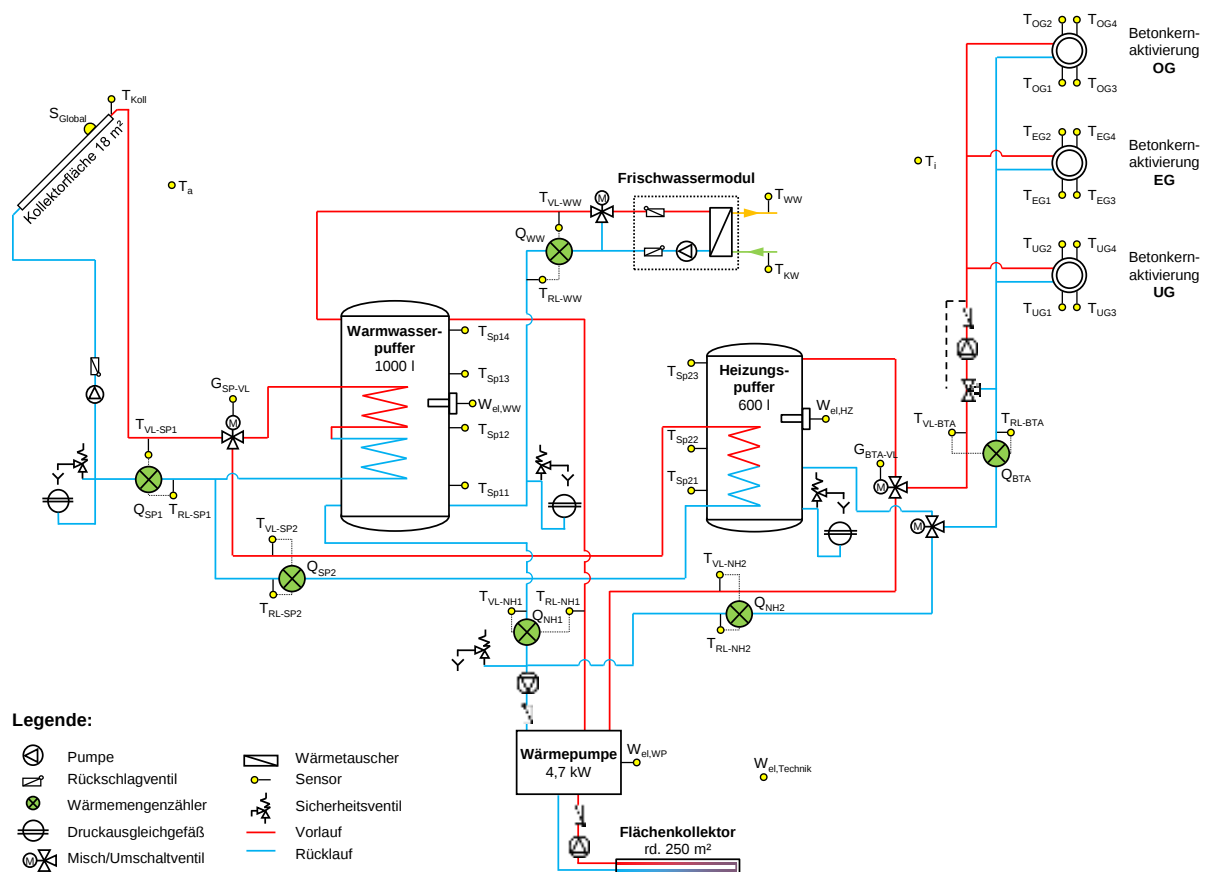


Abbildung 27: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Daxer (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solaranlage

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{VL-SP1}}$	Vorlauftemperatur Solarkreis 1
$T_{\text{RL-SP1}}$	Rücklauftemperatur Solarkreis 1
Q_{SP1}	Wärmemengenzähler Solarkreis 1
$T_{\text{VL-SP2}}$	Vorlauftemperatur Solarkreis 2
$T_{\text{RL-SP2}}$	Rücklauftemperatur Solarkreis 2
Q_{SP2}	Wärmemengenzähler Solarkreis 2
$G_{\text{SP-VL}}$	Stellung des Ventils zur Umschaltung zwischen Warmwasser und Raumheizung

Pufferspeicher

$T_{Sp11} \dots T_{Sp14}$	Temperatur in vier unterschiedlichen Höhen des Warmwasserpuffers
$W_{el,WW}$	Stromzähler Heizstab im Warmwasserpuffer
$T_{Sp21} \dots T_{Sp23}$	Temperatur in drei unterschiedlichen Höhen des Heizungspuffers
$W_{el,HZ}$	Stromzähler Heizstab im Heizungspuffer

Warmwasserbereitung

T_{VL-WW}	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
T_{RL-WW}	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
T_{WW}	Warmwassertemperatur
T_{KW}	Kaltwassertemperatur

Bauteilaktivierung

T_{VL-BTA}	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
T_{RL-BTA}	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
Q_{BTA}	Wärmemengenzähler Bauteilaktivierung
T_{UG1}	Bauteiltemperatur 1 im Kern (UG)
T_{UG2}	Bauteiltemperatur 2 an der Oberfläche (UG)
T_{UG3}	Bauteiltemperatur 3 im Kern (UG)
T_{UG4}	Bauteiltemperatur 4 an der Oberfläche (UG)
T_{EG1}	Bauteiltemperatur 1 im Kern (EG)
T_{EG2}	Bauteiltemperatur 2 an der Oberfläche (EG)
T_{EG3}	Bauteiltemperatur 3 im Kern (EG)
T_{EG4}	Bauteiltemperatur 4 an der Oberfläche (EG)
T_{OG1}	Bauteiltemperatur 1 im Kern (OG)
T_{OG2}	Bauteiltemperatur 2 an der Oberfläche (OG)
T_{OG3}	Bauteiltemperatur 3 im Kern (OG)
T_{OG4}	Bauteiltemperatur 4 an der Oberfläche (OG)
G_{BTA-VL}	Stellung des Ventils zur Umschaltung zwischen Versorgung aus Heizungspuffer oder durch die Wärmepumpe

Nachheizung

T_{VL-NH1}	Vorlauftemperatur Nachheizung Warmwasserpuffer
T_{RL-NH1}	Rücklauftemperatur Nachheizung Warmwasserpuffer
Q_{NH1}	Wärmemengenzähler Nachheizung Warmwasserpuffer
T_{VL-NH2}	Vorlauftemperatur Nachheizung Heizungspuffer
T_{RL-NH2}	Rücklauftemperatur Nachheizung Heizungspuffer
Q_{NH2}	Wärmemengenzähler Nachheizung Heizungspuffer
$W_{el,WP}$	Stromzähler Wärmepumpe

Heiztechnik

$W_{el,Technik}$	Stromzähler Heiztechnik
------------------	-------------------------

Umgebung

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.2.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 51 bis Abbildung 53) geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings werden die Simulationsergebnisse mit den aus den Messergebnissen ermittelten relevanten Kennzahlen (Solarertrag, solarer Deckungsgrad und

Wärmeverbrauch) verglichen. Da die Simulation der Bauteil- und Erdreichaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 22 m³ zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 393 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1312 kWh/m² erwartet.

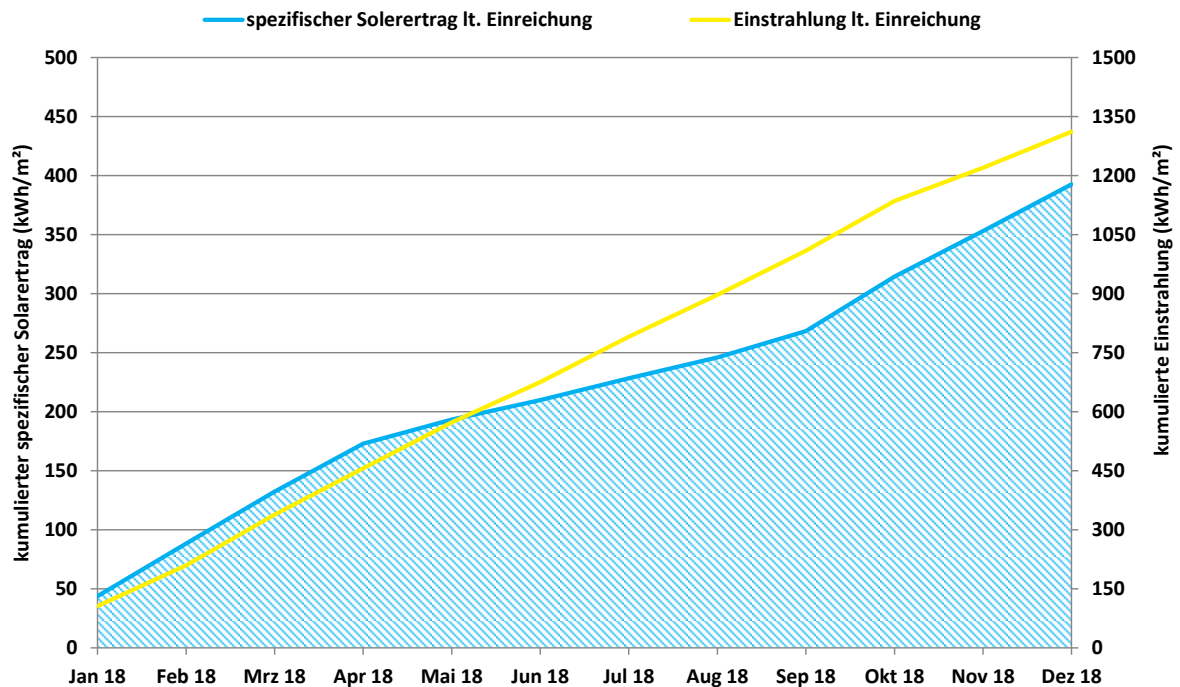


Abbildung 28: Prognostizierter Verlauf des kumulierten spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der kumulierten Einstrahlung für das Solarhaus Daxer

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wird gemäß der Simulationsrechnung des Betreibers zu rund 70 % prognostiziert. In den Monaten April bis Oktober liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100 % oder marginal darunter (siehe Abbildung 52).

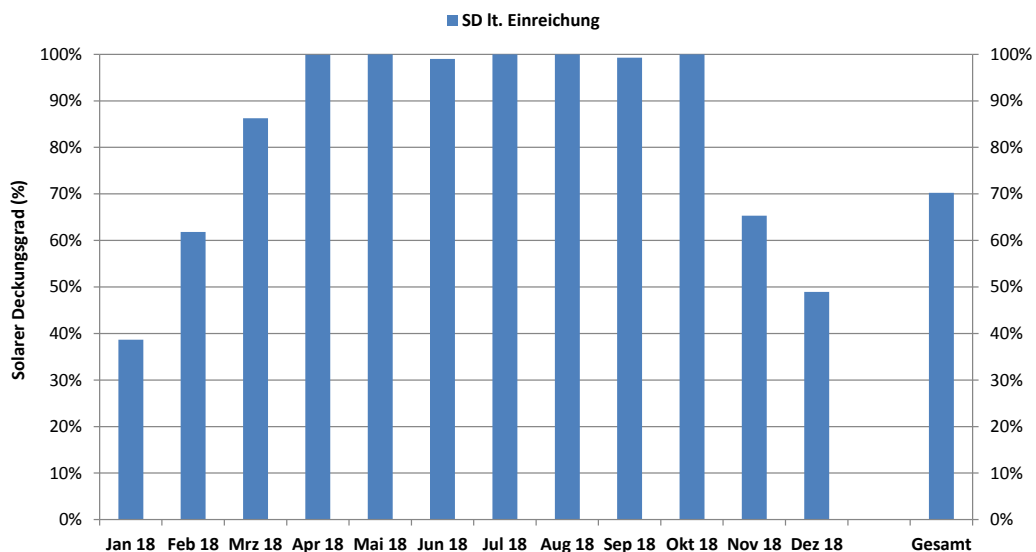


Abbildung 29: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Daxer

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung zu 8,4 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 53 zu entnehmen.

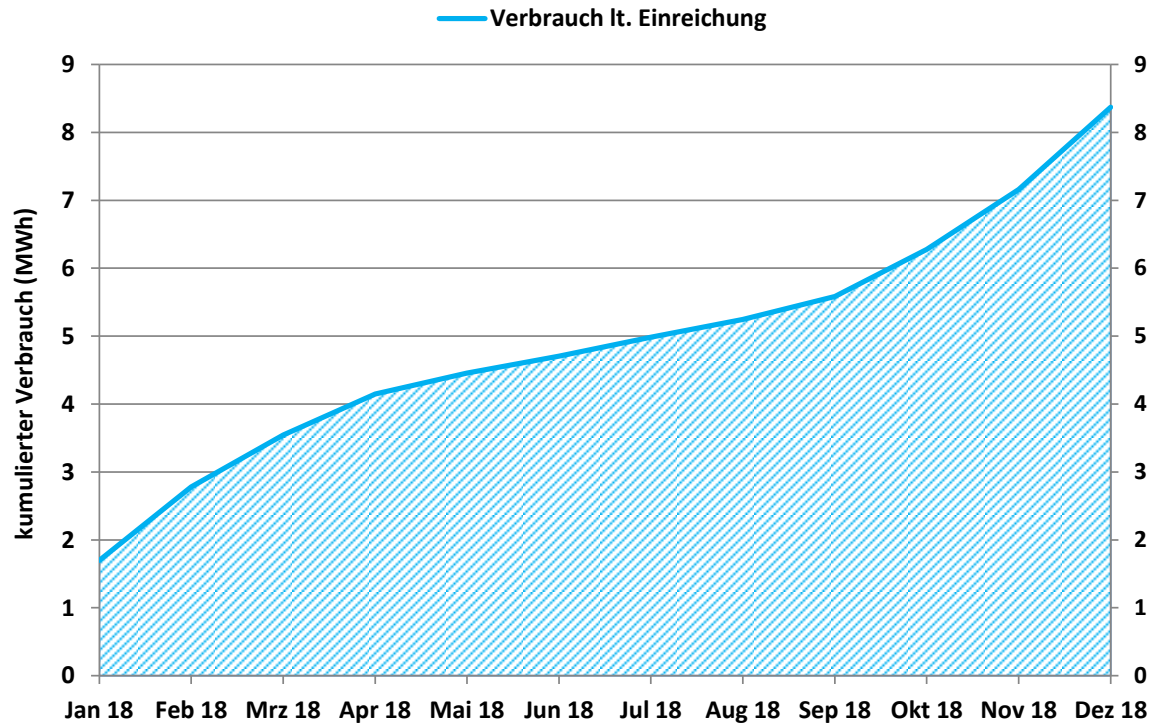


Abbildung 30: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Daxer

7.2.4 Anlagen Status Quo

Das Projekt wird derzeit umgesetzt, mit einer Fertigstellung ist im Frühjahr 2018 zu rechnen.

7.3 Solarhaus Förster, NÖ

7.3.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Förster
<u>Adresse:</u>	3426 Muckendorf
<u>spez. HWB (lt. Energieausweis):</u>	8,43 kWh/m ² a
<u>BGF:</u>	257 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	13,48 m ² Flachkollektor (Gasokol Gigasol OR)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	12,08 m ²
<u>Neigung:</u>	70°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.000 Liter Pufferspeicher, 51 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Sole/Wasser-Wärmepumpe
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	72,2 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	326 kWh/m ² (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Anlage in Betrieb, Umsetzung Monitoringsystem in Arbeit
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Förster handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit 257 m² Brutto-Grundfläche und Flachdach.

Die Bodenplatte, die Zwischendecke sowie die oberste Geschoßdecke sind thermisch aktiviert mit einer Gesamtmasse von 51 m³ Beton (äquivalent zu 25,5 m³ Wasser bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K). der 1.000 Liter fassende Pufferspeicher dient der Warmwasserbereitung und als hydraulische Weiche für die Bauteilaktivierung und die Fussbodenheizung im Bad.

Für die primäre Wärmeversorgung dient die am Dach montierte Solaranlage. Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 72% erreicht werden. Als Nachheizung dient eine Sole/Wasser-Wärmepumpe. Solare Überschüsse können in einen Pool eingebracht werden.

Abbildung 31 zeigt den Aufbau der Bauteilaktivierung von Fundament (unten), Zwischendecke (mitte) und oberster Geschossdecke (oben). Die Rohrleitungen wurden mit einem Verlegeabstand von 20 cm verbaut. Bei der Fundamentplatte liegen die Rohrleitungen auf der untersten Bewehrungsebene. Bei Zwischendecke und oberster Geschossdecke sind sie in der Mitte der Bauteile positioniert. Die entsprechende Dämmung oberhalb der Zwischendecke bzw. obersten Geschossdecke stellt sicher, dass diese beiden Platten als Deckenheizung fungieren. Die Fundamentplatte ist gegen das Erdreich nach unten mit 30 cm XPS gedämmt. Der Fussbodenaufbau ist für beide Geschosse gleich: 12 cm Dämmung, gefolgt von 7 cm Estrich und 2 cm Bodenbelag.

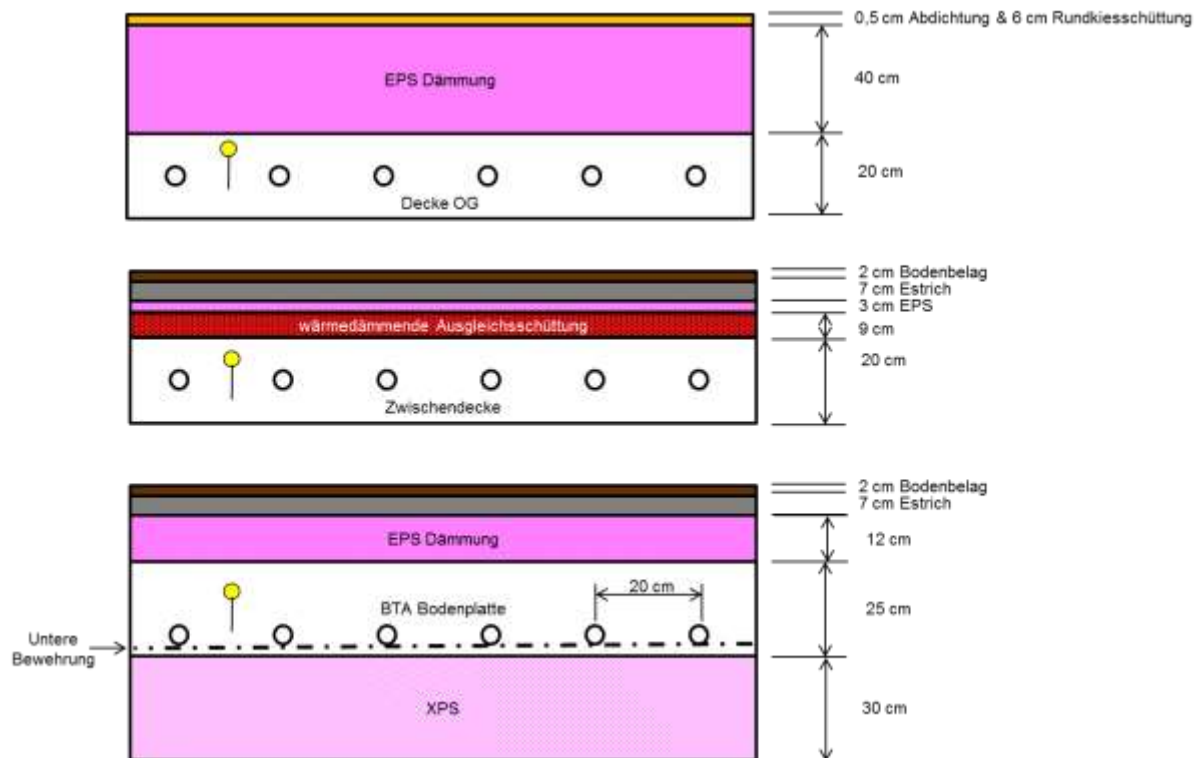


Abbildung 31: Aufbau der Fundamentplatte (unten), der Zwischendecke (mitte) und der obersten Geschossdecke (oben) des Gebäudes (Quelle: Planer, eigene Darstellung)



Abbildung 32: Fertig verlegte Bauteilaktivierung Decke Erdgeschoß (links); Südansicht des Solarhauses Förster (rechts) (Quelle: Bauherr)

7.3.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Förster ist als Blockschaltbild in Abbildung 33 dargestellt. Die Solaranlage schichtet über einen externen Wärmetauscher auf zwei Ebenen in den Pufferspeicher ein. Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe nutzt einen Erdkollektor als Quelle und beliefert den Pufferspeicher ebenso auf zwei Ebenen, sodass das Warmwasser- und Heizungsbereitschaftsvolumen getrennt beschickt werden können. Die Brauchwarmwasserbereitung erfolgt über einen externen Wärmetauscher. Für die Versorgung der Raumheizung wird ausschließlich Bauteilaktivierung eingesetzt, welche über den Pufferspeicher versorgt wird. Im Badezimmer ist zusätzlich eine Fussbodenheizung im Estrich installiert. Sommerliche Überschüsse der Solaranlage können in einen Pool eingebracht werden. Sechs Wärmemengenzähler, 2 Stromzähler, 24 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

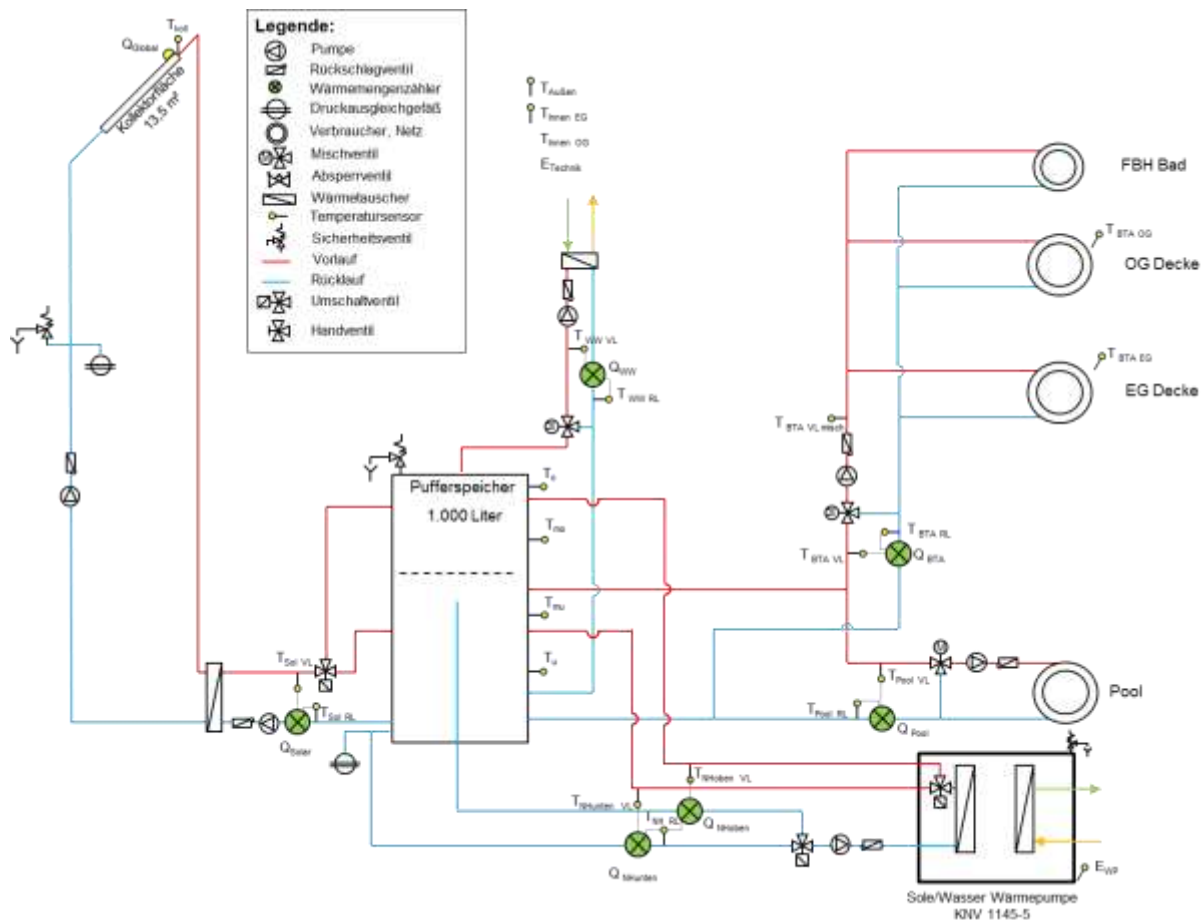


Abbildung 33: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Förster
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
Q_{Sol}	Wärmemengenzähler im Solarkreis
V_{Sol}	Durchfluss im Solarkreis
$T_{\text{Sol VL}}$	Solarvorlauftemperatur
$T_{\text{Sol RL}}$	Solarrücklauftemperatur

Speicher

T_{P_o}	Temperatur in Pufferspeicher oben
T_{P_mo}	Temperatur in Pufferspeicher mitte-oben
T_{P_mu}	Temperatur in Pufferspeicher mitte-unten
T_{P_u}	Temperatur in Pufferspeicher unten

Nachheizung

$Q_{\text{Nachheizung oben}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung oben
$V_{\text{Nachheizung oben}}$	Durchfluss Nachheizung oben
$T_{\text{Nachheizung oben VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung oben
$Q_{\text{Nachheizung unten}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung unten
$V_{\text{Nachheizung unten}}$	Durchfluss Nachheizung unten
$T_{\text{Nachheizung unten VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung unten

$T_{\text{Nachheizung RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung
$E_{\text{Nachheizung}}$	Stromzähler Wärmepumpe

Warmwasser

Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
V_{WW}	Durchfluss Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung

Bauteilaktivierung

Q_{BTA}	Wärmemengenzähler Bauteilaktivierung
V_{BTA}	Durchfluss Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA VL}}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA RL}}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA EG}}$	Kerntemperatur EG
$T_{\text{BTA OG}}$	Kerntemperatur OG
$T_{\text{BTA VL misch}}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung nach Beimischung

Schwimmbad

Q_{Pool}	Wärmemengenzähler Schwimmbad
V_{Pool}	Durchfluss Schwimmbad
$T_{\text{Pool VL}}$	Vorlauftemperatur Schwimmbad
$T_{\text{Pool RL}}$	Rücklauftemperatur Schwimmbad

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
$T_{\text{Innen EG}}$	Wohnraumtemperatur EG
$T_{\text{Innen OG}}$	Wohnraumtemperatur OG
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik

7.3.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 34 bis Abbildung 36) 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 Solarhaus Förster.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurden ein Jahressolarertrag von 326 kWh/m² und eine Globalstrahlung in Kollektorebene von 1.160 kWh/m²a prognostiziert.

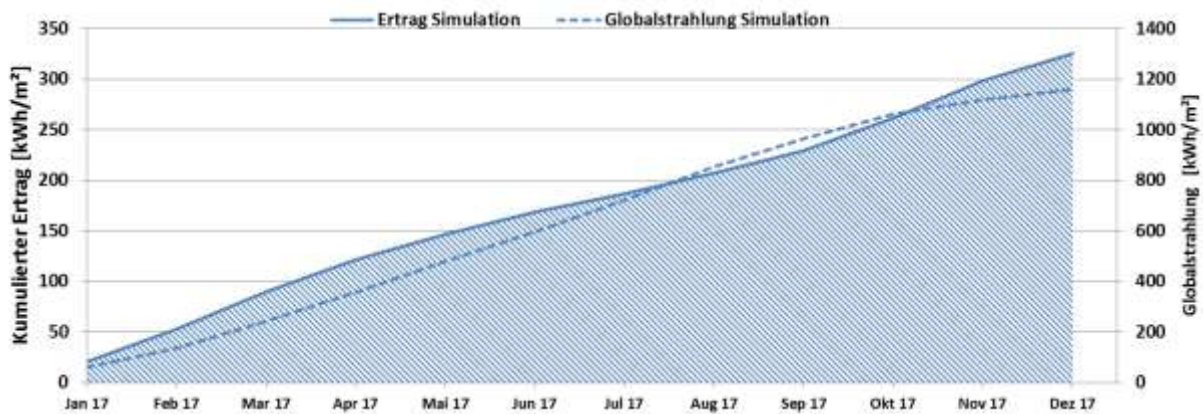


Abbildung 34: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der Einstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Förster

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 72,2% angegeben (siehe Abbildung 34). In den Monaten Mai bis September wird eine vollständig solare Deckung prognostiziert.

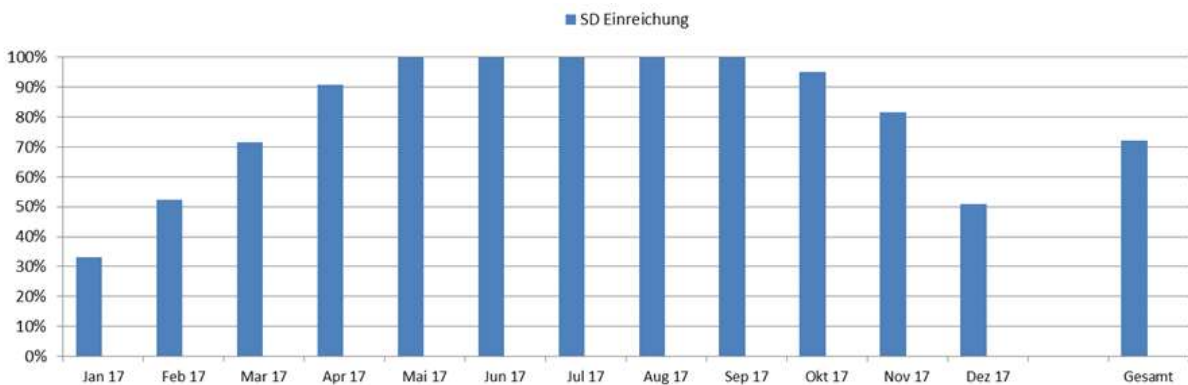


Abbildung 35: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Förster

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Förster wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 5,5 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 36 zu entnehmen.

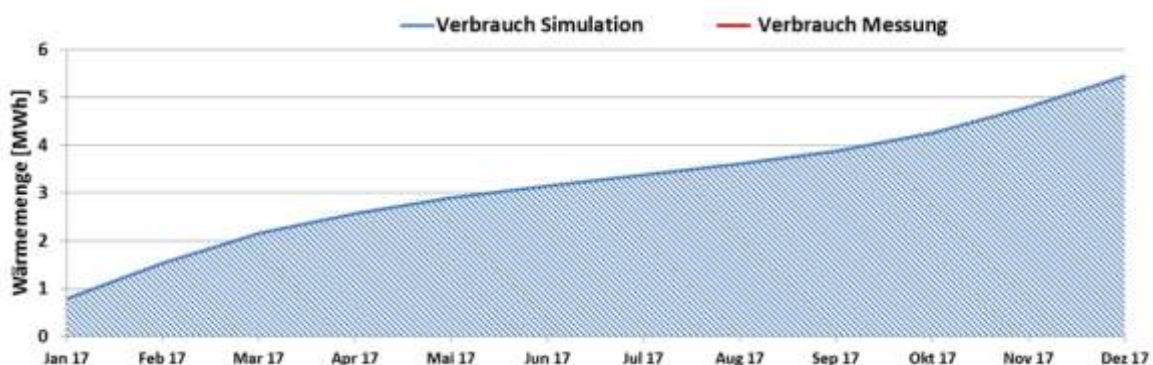


Abbildung 36: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Förster

7.3.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist in Betrieb und die Umsetzung des Monitoringsystems ist in Arbeit. Der Beginn der Monitoringperiode ist für Frühjahr 2018 geplant.

7.4 Solarhaus Kröpfl, K

7.4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Kröpfl
<u>Adresse:</u>	9300 St. Veit/Glan
<u>spez. HWB (lt. Energieausweis):</u>	34,7 kWh/m ² a
<u>BGF:</u>	126 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	23,73 m ² Flachkollektor (GreenOneTec GK3803)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	22,23 m ²
<u>Neigung:</u>	65°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.500 Liter Pufferspeicher
<u>Nachheizungssystem:</u>	Elektr. Durchlauferhitzer
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	80,1% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	259,8 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

Beim Bauvorhaben Solarhaus Kröpfl handelt es sich um ein Einfamilienhaus in Bungalow-Bauweise mit 126 m² Brutto-Grundfläche, welches 2015 errichtet wurde. Unter dem Carport ist ein Keller, welcher unter anderem den Technikraum beherbergt. Der 1.500 Liter fassende Pufferspeicher ist ausschließlich der Solaranlage vorbehalten, welche auf dem Dach des Carports installiert ist. Die Nachheizung erfolgt über einen elektrischen Durchlauferhitzer, welcher nach dem Pufferspeicher eingebunden ist. Für die primäre Wärmeversorgung dient die am Dach montierte Solaranlage. Laut Simulation ist ein Deckungsgrad von 80,1% prognostiziert.

Dem Systemkonzept liegt die Idee zugrunde, den überwiegenden Anteil des Wärmebedarfs mit Solarwärme zu decken und die Restwärme nach dem Pufferspeicher mit Hilfe eines elektrischen Durchlauferhitzers zu erzeugen. Auf diese Weise werden einerseits durch die Nachheizung keine Pufferverluste erzeugt und andererseits können die Investitionskosten durch den Einsatz einer günstigen Nachheizung attraktiv gestaltet werden.

Auf dem Vordach des Wohngebäudes (20° Neigung) und auf dem Dach des Carports (30° Neigung) sind PV-Anlagen mit insgesamt 5 kWp Leistung installiert.

In Abbildung 37 ist das fertig umgesetzte Bauvorhaben dargestellt.



Abbildung 37: Süd-West-Ansicht (links) und Detailansicht des Kollektorfelds (rechts) des Solarhauses Kröpfl (Quelle: Bauherr)

7.4.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Kröpfl ist als Blockschaltbild in Abbildung 38 dargestellt. Die Solaranlage kann auf 2 Ebenen Energie in den Pufferspeicher liefern, welcher Energie für Warmwasserbereitung und Heizwärmebedarf zur Verfügung stellt. Ein elektrischer Durchlauferhitzer im Frischwasserkreis hebt die Energie aus dem Pufferspeicher bei Bedarf auf das notwendige Temperaturniveau. Über den Wärmetauscher dient der Durchlauferhitzer als Nachheizung für die Fussbodenheizung. Das Mischventil im Fussbodenheizkreis zwischen Puffer und Wärmetauscher dient der Temperaturbegrenzung. Regelungstechnisch wird der Warmwasserbereitung der Vorrang eingeräumt. Es gibt keine Zirkulationsleitung. Der Heizstab im Pufferspeicher dient als Notheizung und kann von der PV-Anlage versorgt werden. Drei Wärmemengenzähler, 3 Stromzähler, 16 Temperaturfühler und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

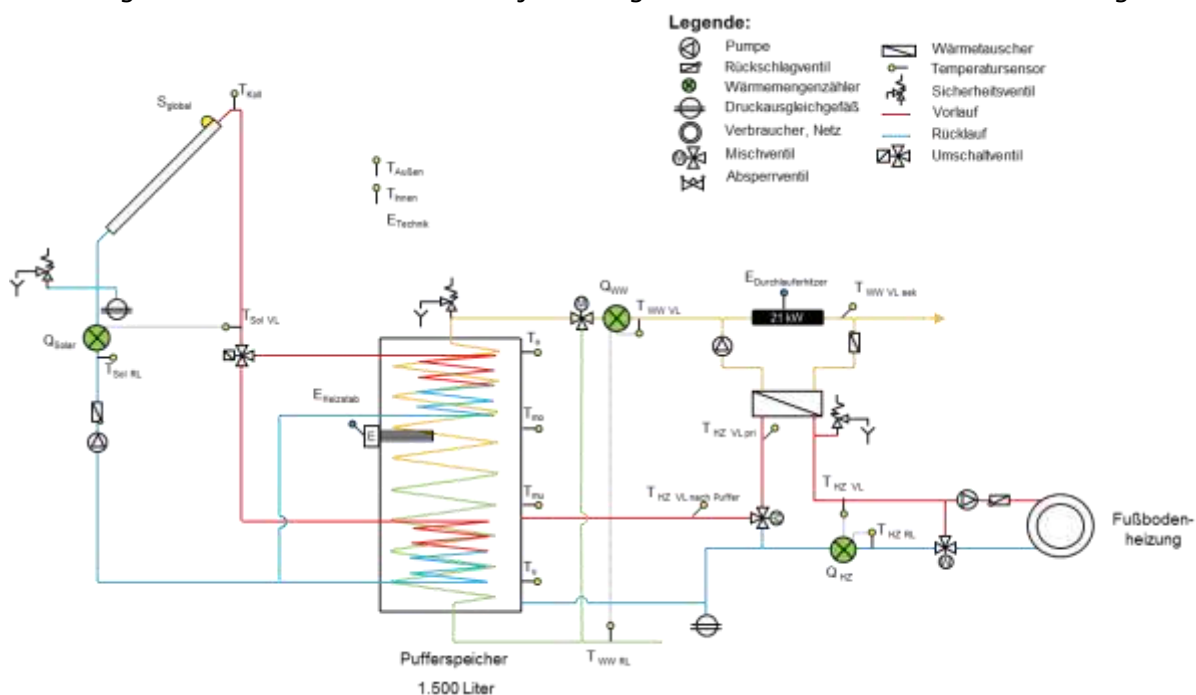


Abbildung 38: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Kröpfl
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
Q_{Sol}	Wärmemengenzähler im Solarkreis
V_{Sol}	Durchfluss im Solarkreis
$T_{\text{Sol VL}}$	Solarvorlauftemperatur
$T_{\text{Sol RL}}$	Solarrücklauftemperatur

Speicher

$T_{\text{P_o}}$	Temperatur in Pufferspeicher oben
$T_{\text{P_mo}}$	Temperatur in Pufferspeicher mitte-oben
$T_{\text{P_mu}}$	Temperatur in Pufferspeicher mitte-unten
$T_{\text{P_u}}$	Temperatur in Pufferspeicher unten

Nachheizung

$E_{\text{Durchlauferhitzer}}$

Strombedarf Durchlauferhitzer

E_{Heizstab}

Strombedarf Heizstab

Warmwasser

Q_{WW}

Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung

V_{WW}

Durchfluss Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW VL}}$

Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW RL}}$

Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW VL sek}}$

Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung nach Durchlauferhitzer

Fussbodenheizung

$T_{\text{HZ VL nach Puffer}}$

Vorlauftemperatur Fussbodenheizung direkt nach Puffer

$T_{\text{HZ VL pri}}$

Vorlauftemperatur Fussbodenheizung nach Beimischung, vor WT

Q_{HZ}

Wärmemengenzähler Fussbodenheizung

V_{HZ}

Durchfluss Fussbodenheizung

$T_{\text{HZ VL}}$

Vorlauftemperatur Fussbodenheizung

$T_{\text{HZ RL}}$

Rücklauftemperatur Fussbodenheizung

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$

Außentemperatur

T_{Innen}

Wohnraumtemperatur

E_{Technik}

Strombedarf der Haustechnik

7.4.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 39 bis Abbildung 41) 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 Solarhaus Kröpfl.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurden ein Jahressolarertrag von 260 kWh/m² und eine Globalstrahlung in Kollektorebene von 1.358 kWh/m²a prognostiziert.

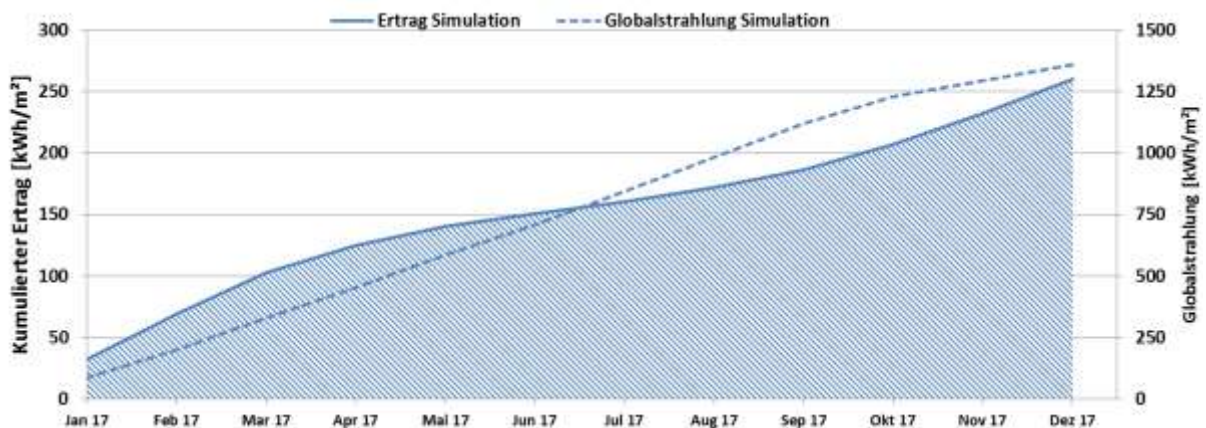


Abbildung 39: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der Einstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Kröpfl

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 80% angegeben (siehe Abbildung 40). In den Monaten März bis Oktober wird eine vollständig solare Deckung prognostiziert.

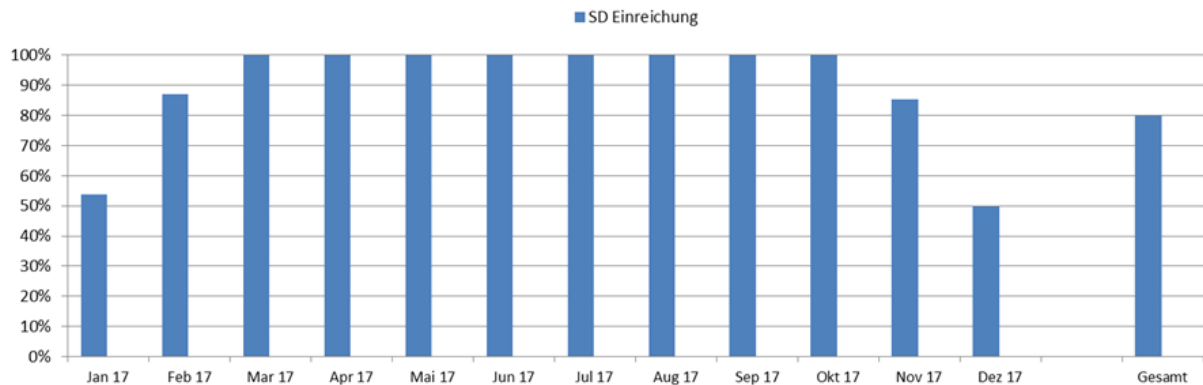


Abbildung 40: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Kröpfl

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Kröpfl wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 7,2 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 41 zu entnehmen.

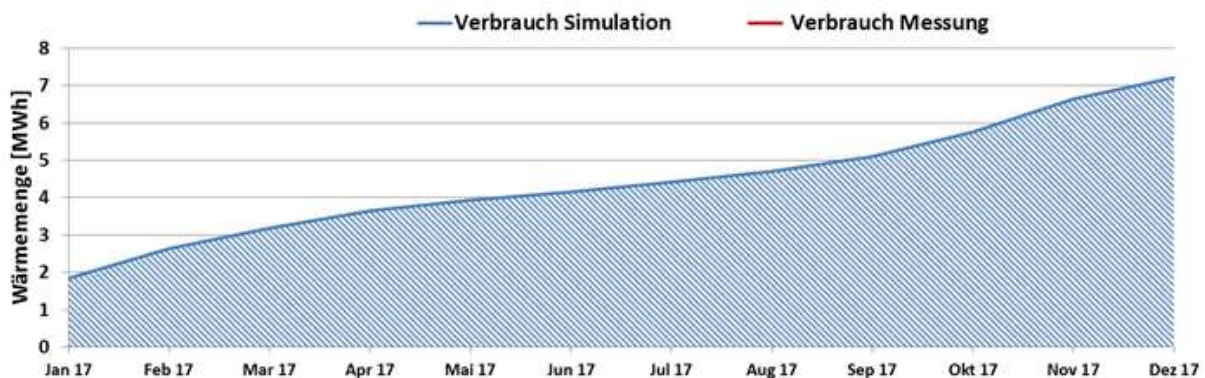


Abbildung 41: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Kröpfl

7.4.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist in Betrieb und die Umsetzung des Monitoringsystems ist in Arbeit. Der Beginn der Monitoringperiode ist für Frühjahr 2018 geplant.

7.5 Solarhaus Zeiner, S

7.5.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Zeiner
<u>Adresse:</u>	5110 Oberndorf b. Salzburg
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	26 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	136 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	18 m ² Flachkollektor (Gasokol Gigasol OR)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	16,24 m ²
<u>Neigung:</u>	90°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.000 Liter Pufferspeicher, 56 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	4,7 kW Sole/Wasser-Wärmepumpe
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	75,4 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	296,6 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

Beim Bauvorhaben Solarhaus Zeiner handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit 136 m² Brutto-Grundfläche und Satteldach, welches 2015 errichtet wurde.

Die Bodenplatte und die Zwischendecke sind thermisch aktiviert, der 1.000 Liter fassende Pufferspeicher dient der Warmwasserbereitung und versorgt die Bauteilaktivierung sowie den Wandheizkörper im oberen Badezimmer. Das Badezimmer im Erdgeschoss wird ausschließlich über die Bauteilaktivierung beheizt.

Für die primäre Wärmeversorgung dient die in die Südfassade integrierte Solaranlage. Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 75,4 % erreicht werden. Als Nachheizung dient eine Sole/Wasser-Wärmepumpe.

Abbildung 42 zeigt den Aufbau der aktivierten Bauteile. Die Rohrleitungen liegen jeweils mit einem Verlegeabstand von 20 cm auf der unteren Bewehrungsebene. Die 30 cm dicke Fundamentplatte ist mit 60 cm Glasschaumschotter gegen das Erdreich gedämmt. In der 10 cm dicken Splitschicht befindet sich die Installationsebene. Diese ist gefolgt von 5 cm Estrich und 2 cm Bodenbelag. Der Aufbau der Zwischendecke ist ähnlich der Fundamentplatte bis auf zwei Unterschiede: Die Zwischendecke besteht aus 20 cm Stahlbeton und ist nach unten hin mit 10 cm Mineralschaumdämmung versehen.

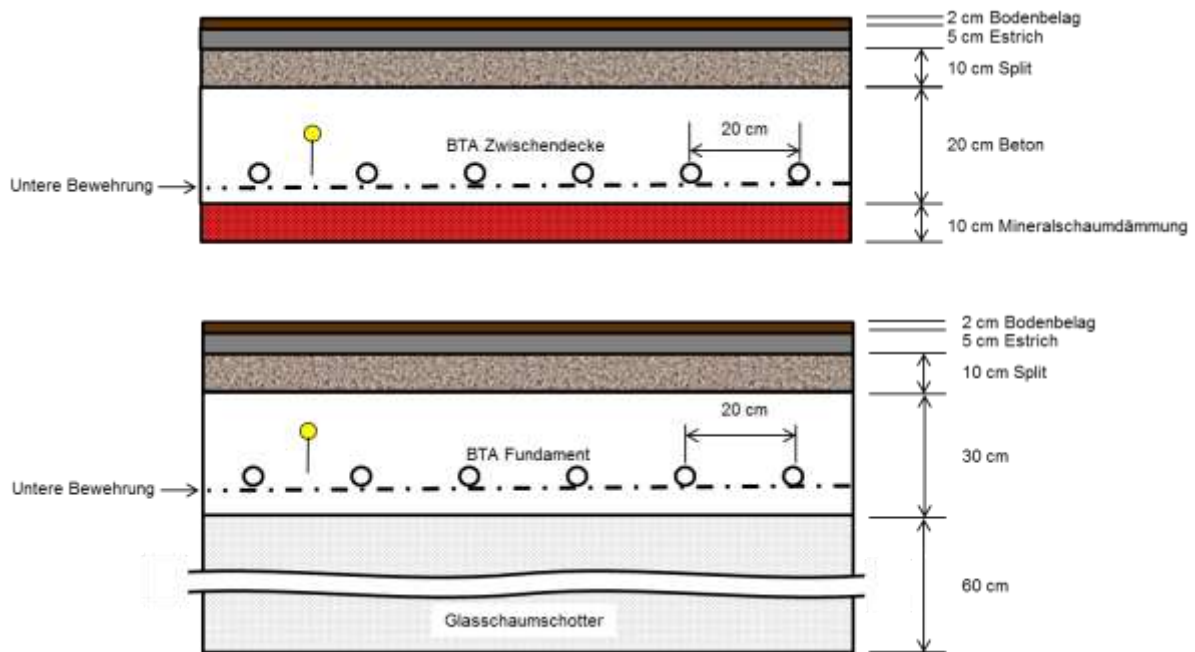


Abbildung 42: Aufbau der Fundamentplatte (unten) und der Zwischendecke (oben) des Gebäudes (Quelle: Planer, eigene Darstellung)



Abbildung 43: Südansicht des Solarhauses Zeiner (Quelle: Holz die Sonne ins Haus Energieconsulting GmbH)

7.5.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Zeiner ist in Abbildung 44 dargestellt. Über interne Wärmetauscher schichtet die Solaranlage (18 m²) Wärme in den Pufferspeicher (1.000 Liter) ein. Aus dem Pufferspeicher heraus kann die Bauteilaktivierung samt dem Wandheizkörper im Bad (Obergeschoss) einerseits und die Warmwasserbereitung über Frischwassermodul andererseits versorgt werden. Als Nachheizungssystem dient eine Sole/Wasser-Wärmepumpe (4,7 kW), die über Flächenkollektoren das Erdreich als Wärmequelle nutzt. Die Wärmepumpe belädt den oberen Teil des Pufferspeichers, um in einstrahlungsarmen Perioden den

Warmwasserbedarf sicherzustellen oder beheizt direkt die Betonkerne. Der Wandheizkörper im oberen Badezimmer kann nur gleichzeitig mit der Bauteilaktivierung betrieben werden.

Das Messkonzept umfasst vier Wärmemengenzähler, 1 Stromzähler, 18 Temperatursensoren, 1 Ventilstellung, 1 Drucksensor und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

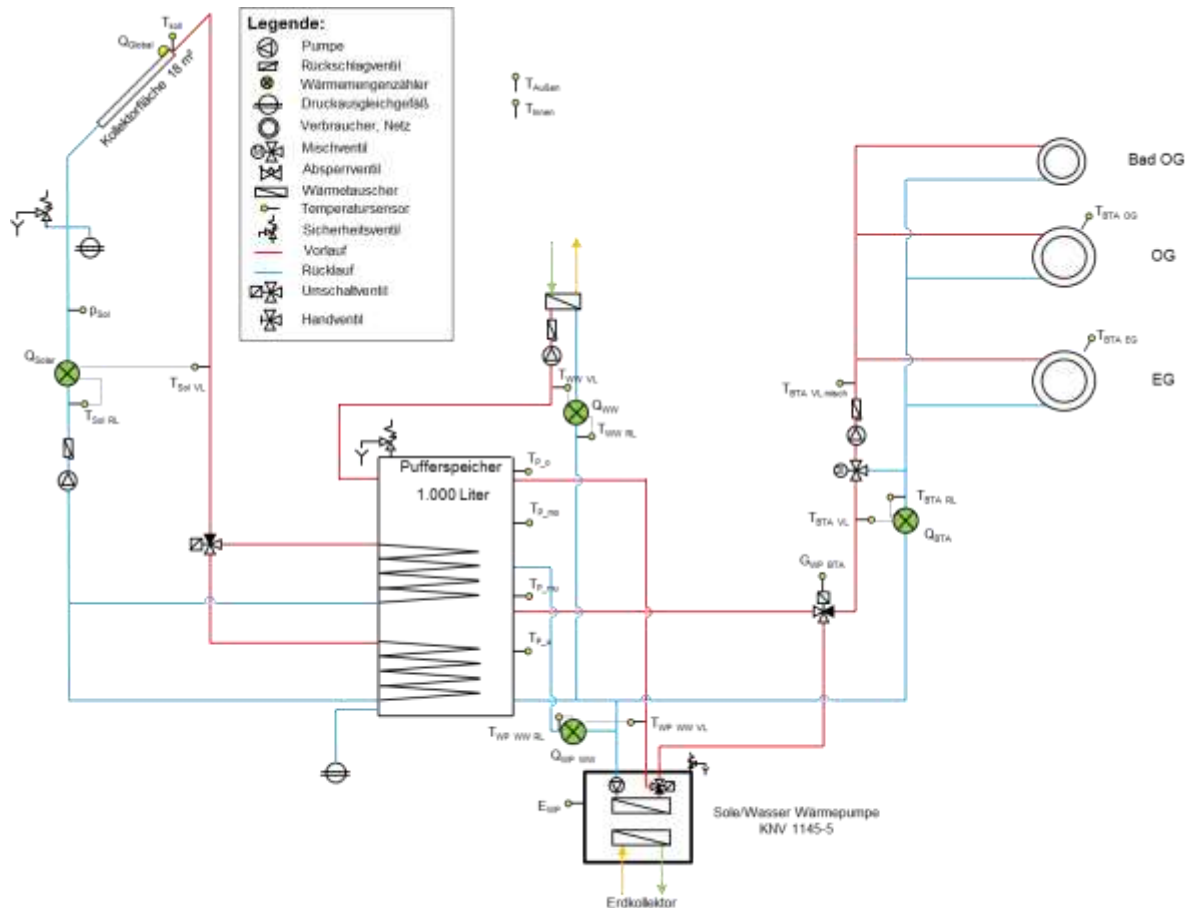


Abbildung 44: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Zeiner
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
Q_{Sol}	Wärmemengenzähler im Solarkreis
V_{Sol}	Durchfluss im Solarkreis
$T_{\text{Sol VL}}$	Solarvorlauftemperatur
$T_{\text{Sol RL}}$	Solarrücklauftemperatur
p_{Sol}	Druck im Solarkreis

Speicher

T_{P_o}	Temperatur in Pufferspeicher oben
T_{P_mo}	Temperatur in Pufferspeicher mitte-oben
T_{P_mu}	Temperatur in Pufferspeicher mitte-unten
T_{P_u}	Temperatur in Pufferspeicher unten

Nachheizung

$Q_{WP\ WW}$	Wärmemengenzähler Nachheizung Warmwasser
$V_{WP\ WW}$	Durchfluss Nachheizung Warmwasser
$T_{WP\ WW\ VL}$	Vorlauftemperatur Nachheizung Warmwasser
$T_{WP\ WW\ RL}$	Rücklauftemperatur Nachheizung Warmwasser
E_{WP}	Strombedarf Wärmepumpe

Warmwasser

Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
V_{WW}	Durchfluss Warmwasserbereitung
$T_{WW\ VL}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{WW\ RL}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung

Bauteilaktivierung

Q_{BTA}	Wärmemengenzähler Bauteilaktivierung
V_{BTA}	Durchfluss Bauteilaktivierung
$T_{BTA\ VL}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{BTA\ RL}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
$G_{WP\ BTA}$	Umschaltventil Bauteilaktivierung aus Puffer oder Wärmepumpe
$T_{BTA\ VL\ misch}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung nach Beimischung
$T_{BTA\ EG}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung EG
$T_{BTA\ OG}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung OG

Sonstiges

$T_{Außen}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur

7.5.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 45 bis Abbildung 47) 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). Da die Simulation der Bauteilaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 28 m³ (Wasseräquivalent) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert. Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurden ein Jahressolarertrag von 297 kWh/m² und eine Globalstrahlung in Kollektorebene von 1.052 kWh/m²a prognostiziert (Abbildung 45).

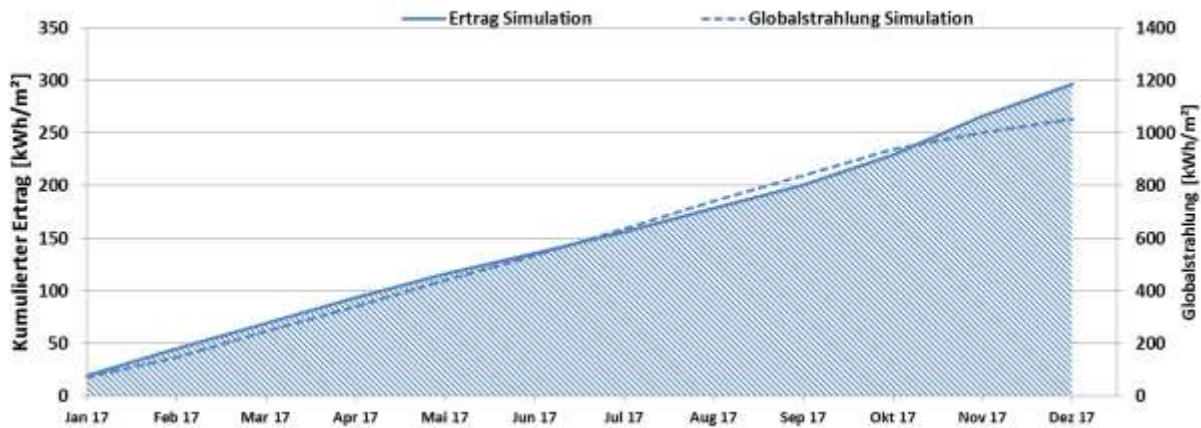


Abbildung 45: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der Einstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Zeiner

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 75,4 % angegeben (Abbildung 46). Von März bis November ist eine praktisch vollständige solare Deckung prognostiziert.

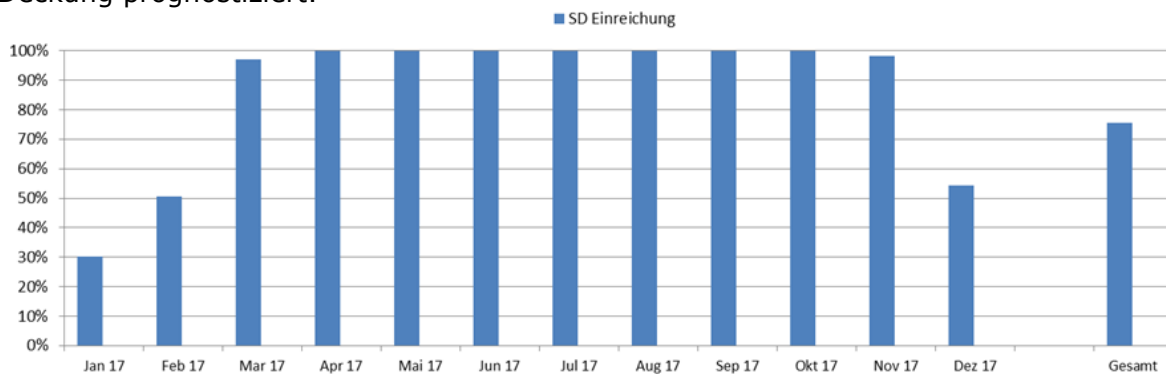


Abbildung 46: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Zeiner

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Zeiner wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 5,5 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 47 zu entnehmen.

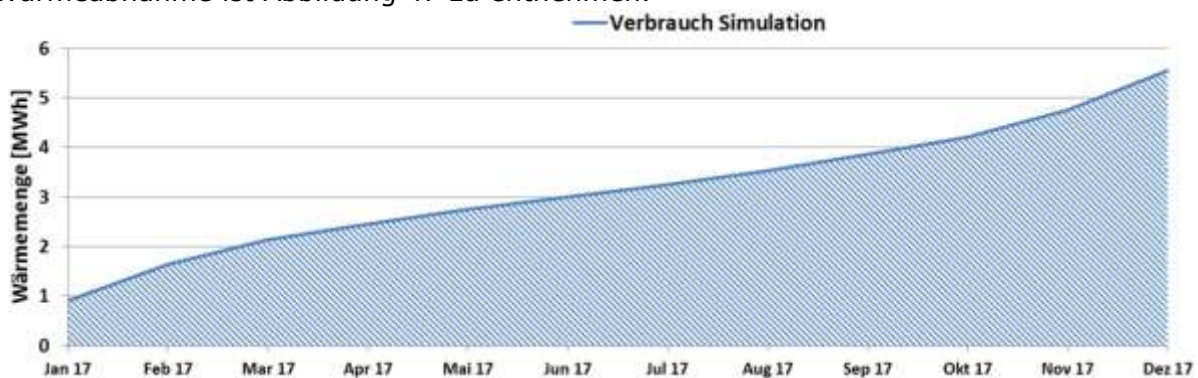


Abbildung 47: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Zeiner

7.5.4 Anlagen Status Quo

Die Anlage ist in Betrieb und die Umsetzung des Monitoringsystems ist in Arbeit. Der Beginn der Monitoringperiode ist für Frühjahr 2018 geplant.

7.6 Solarhaus Gamauf, NÖ

7.6.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Gamauf
<u>Adresse:</u>	2852 Hochneukirchen-Gscheidt
<u>spez. HWB (Energieausweis):</u>	24 kWh/(m²a)
<u>Brutto-Grundfläche:</u>	254,4 m²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	42 m², Flachkollektor (ÖkoTech GS)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	38,4 m²
<u>Neigung:</u>	60°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	Süden
<u>Energiespeichervolumen:</u>	10 m³ Wasserpufferspeicher
<u>Nachheizungssystem:</u>	Stückholz-Kachelofen (12 kW)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	96 % (lt. Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	346 kWh/(m²a) (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Bauvorhaben Gamauf handelt es sich um ein nicht unterkellertes, zweigeschossiges Einfamilienhaus (Abbildung 48) mit 254,4 m² Brutto-Grundfläche. An der Westseite des Hauses schließen eine Doppelgarage und Technikräume eingeschossig an. Als zentraler Energiespeicher dient der 10 m³ fassende Pufferspeicher, der in einem der zwei Technikräume aufgestellt ist. Aufgrund der Höhe des Pufferspeichers (4,6 m) ist das Fundament dieses Raumes mehr als 2 m tiefer als alle anderen Fundamente.



Abbildung 48: Ostansicht mit schematischem Schnitt durch das Gebäude (Quelle: Einreichplan DI Alexander Beisteiner)

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (96 % laut Einreichung) mit Hilfe der solarthermischen Flachkollektoren, welche eine Bruttokollektorfläche von 42 m² aufweisen. Die Azimut-Ausrichtung des Gebäudes sowie der Kollektorfläche ist nach Süden und die Neigung der Solarthermiekollektoren beträgt 60° (siehe Abbildung 49). Als Nachheizsystem wird ein Stückholz-Kachelofen eingesetzt, der sich im Wohnzimmer befindet. Zur Eigenstromversorgung ist neben den Solarthermiekollektoren eine Photovoltaikanlage vorgesehen.

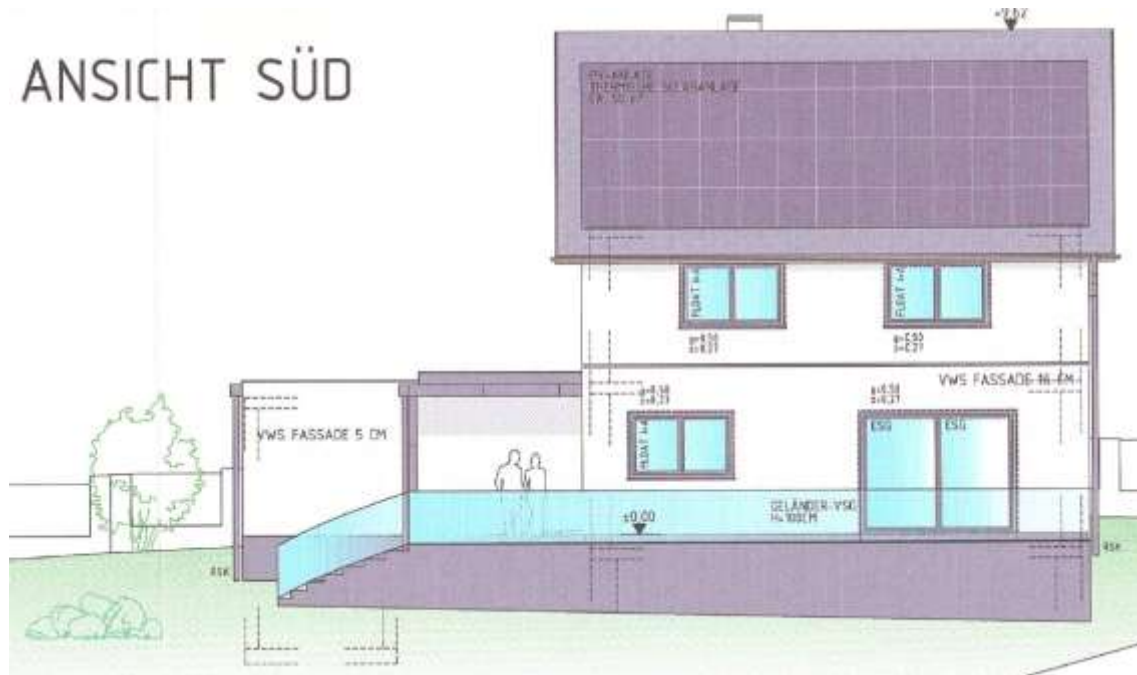


Abbildung 49: Südansicht des Gebäudes (Quelle: Einreichplan DI Alexander Beisteiner)

7.6.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Gamauf ist schematisch in Abbildung 50 dargestellt. Die Solaranlage (42 m² Bruttokollektorfläche) belädt über einen externen Wärmeübertrager und eine Schichtladelanze den Pufferspeicher (10 m³). Zur Nachheizung erwärmt der Stückholz-Kachelofen (12 kW) ebenfalls mit einer Schichtladelanze entweder nur den obersten Bereich oder den gesamten Schichtspeicher (Umschaltung des Rücklaufs an der Rücklaufmischergruppe). Die vom Stückholz-Kachelofen abgegebene Nutzwärme wird lt. Datenblatt zu weniger als 20 %, direkt an das Wohnzimmer und die anschließenden Räume abgegeben, mehr als 80 % der Wärme wird wasserseitig zum Schichtspeicher übertragen. Aus dem obersten Bereich des Pufferspeichers wird ein Frischwassermodule versorgt, dessen Rücklauf in den untersten Bereich des Puffers eingeleitet wird. Zur Vermeidung von Zirkulationsströmungen sind die Rohrleitungen des Frischwassermoduls siphoniert ausgeführt. Die Raumwärme wird über die Fußböden bereitgestellt, zusätzlich sind in den beiden Badezimmern Handtuchtrockner installiert. Die Raumheizungskreise werden aus einer mittleren Höhe des Schichtspeichers versorgt. Über einen 3-Wege bivalent Mischer kann die Fußbodenheizung jedoch auch aus dem obersten Bereich des Schichtspeichers versorgt werden, wenn in der Übergangszeit der mittlere Bereich des Puffers zu kalt wird, die Nachheizung aber nur den oberen Pufferbereich erwärmt. Der Rücklauf der Heizkreise wird in den untersten Bereich des Puffers eingeleitet.

Das Messkonzept umfasst fünf Wärmemengenzähler, zwei Drehstromzähler, 25 Temperatursensoren, fünf Pumpenstufen, zwei Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

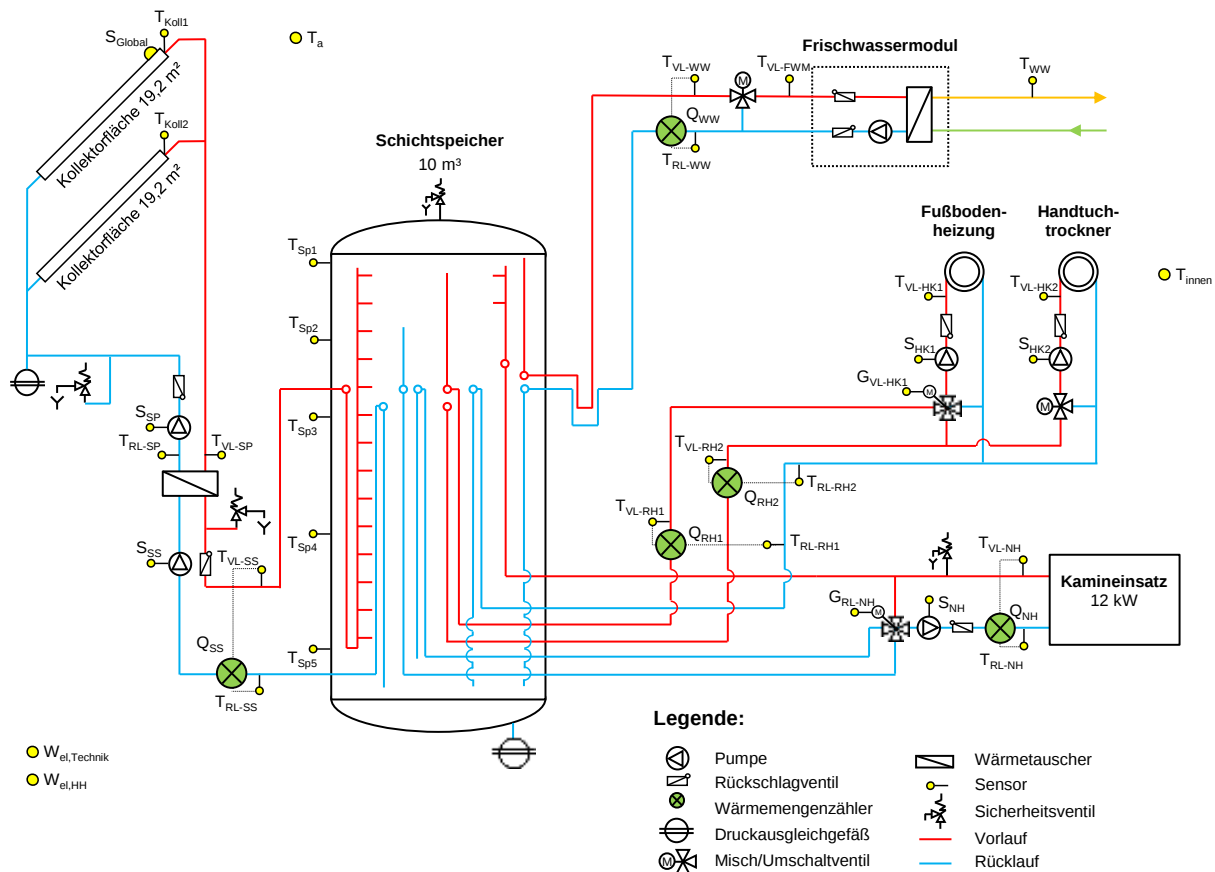


Abbildung 50: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Gamauf (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solaranlage

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll1}	Kollektortemperatur des Kollektorfelds 1
T_{Koll2}	Kollektortemperatur des Kollektorfelds 2
T_{VL-SP}	Vorlauftemperatur Solarprimärkreis
T_{RL-SP}	Rücklauftemperatur Solarprimärkreis
S_{SP}	Pumpenstufe im Solarprimärkreis
T_{VL-SS}	Vorlauftemperatur Solarsekundärkreis
T_{RL-SS}	Rücklauftemperatur Solarsekundärkreis
Q_{SS}	Wärmemengenzähler Solarsekundärkreis
S_{SS}	Pumpenstufe im Solarsekundärkreis

Schichtspeicher

$T_{Sp1} \dots T_{Sp5}$	Temperatur in fünf unterschiedlichen Höhen des Schichtspeichers
-------------------------	---

Stückholz-Kachelofen (Nachheizung)

T_{VL-NH}	Vorlauftemperatur Stückholz-Kachelofen
T_{RL-NH}	Rücklauftemperatur Stückholz-Kachelofen
Q_{NH}	Wärmemengenzähler Stückholz-Kachelofen
S_{NH}	Pumpenstufe im Nachheizungskreis
G_{RL-NH}	Stellung des Ventils zur Entnahme aus dem Schichtspeicher

Warmwasserbereitung

T_{VL-WW}	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung vor der Beimisch-Schaltung
T_{RL-WW}	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
T_{VL-FWM}	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung nach der Beimisch-Schaltung
T_{WW}	Warmwassertemperatur

Versorgung der Heizkreise

T_{VL-RH1}	Vorlauftemperatur Raumheizung 1
T_{RL-RH1}	Rücklauftemperatur Raumheizung 1
Q_{RH1}	Wärmemengenzähler Raumheizung 1
T_{VL-RH2}	Vorlauftemperatur Raumheizung 2
T_{RL-RH2}	Rücklauftemperatur Raumheizung 2
Q_{RH2}	Wärmemengenzähler Raumheizung 2

Heizkreise

T_{VL-HK1}	Vorlauftemperatur Heizkreis 1 (Fußbodenheizung)
S_{HK1}	Pumpenstufe im Heizkreis 1 (Fußbodenheizung)
G_{VL-HK1}	Stellung des Ventils zur Versorgung des Heizkreises 1 (Fußbodenheizung)
T_{VL-HK2}	Vorlauftemperatur Heizkreis 2 (Handtuchtrockner)
S_{HK2}	Pumpenstufe im Heizkreis 2 (Handtuchtrockner)

Heiztechnik

$W_{el-Technik}$	Drehstromzähler Heiztechnik
------------------	-----------------------------

Haushalt

W_{el-HH}	Drehstromzähler Haushaltsstrom
-------------	--------------------------------

Umgebung

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.6.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 51 bis Abbildung 53) geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings werden die Simulationsergebnisse mit den aus den Messergebnissen ermittelten relevanten Kennzahlen (Einstrahlung, Solarertrag, solarer Deckungsgrad und Wärmeverbrauch) verglichen.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 346 kWh/(m²a) bei einer Jahressumme der Einstrahlung von 1320 kWh/m² erwartet.

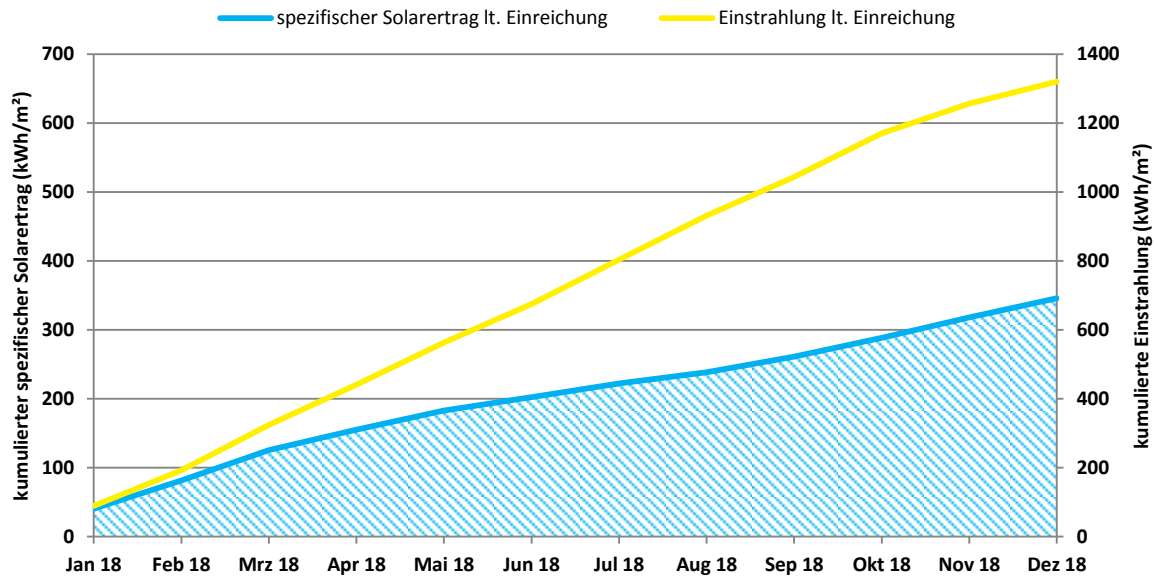


Abbildung 51: Prognostizierter Verlauf des kumulierten spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der kumulierten Einstrahlung für das Solarhaus Gamauf

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wird gemäß der Simulationsrechnung des Betreibers zu rund 96 % prognostiziert. In den Monaten Februar bis November liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100 %. In den Monaten Jänner und Dezember liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 83 und 82 %, wodurch auch für diese Periode von einer nahezu vollständig solaren Deckung des Wärmebedarfs ausgegangen werden kann (siehe Abbildung 52).

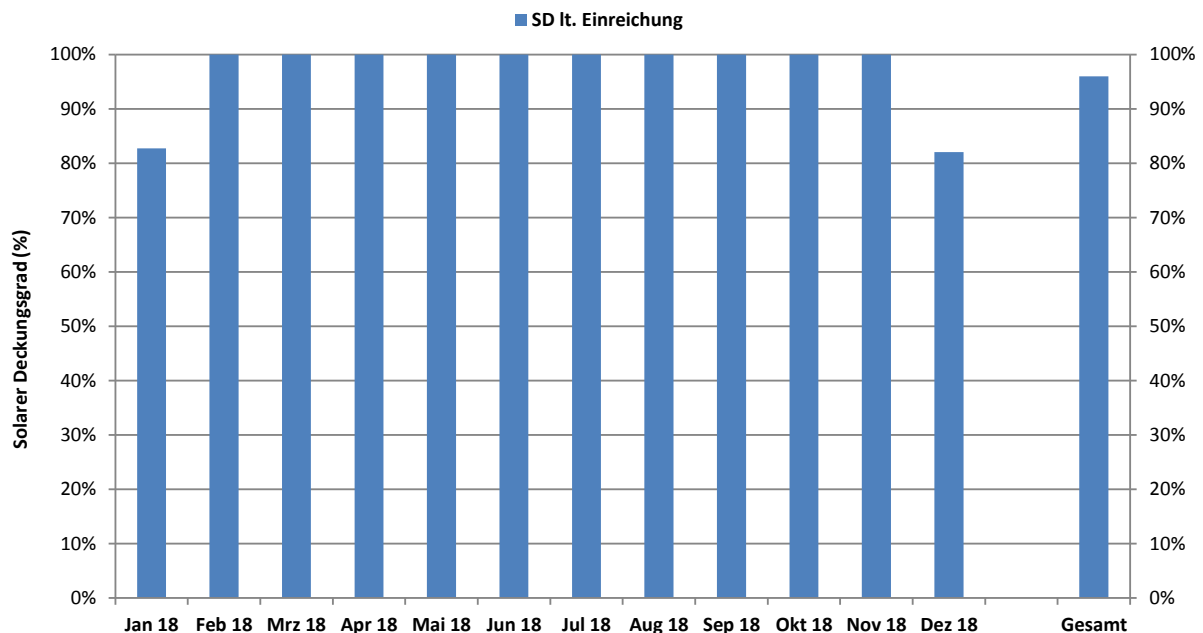


Abbildung 52: Prognostizierter monatlicher und jährlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Gamauf

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung zu 9,2 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 53 zu entnehmen.

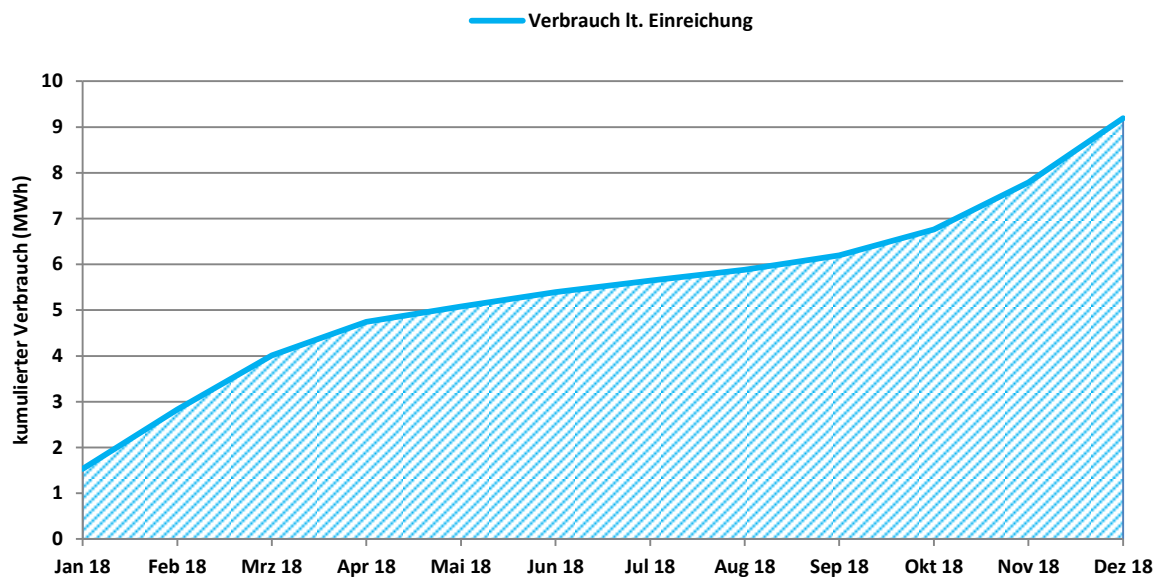


Abbildung 53: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Gamauf

7.6.4 Anlagen Status Quo

Das Projekt wird derzeit umgesetzt, mit einer Fertigstellung ist im Frühjahr 2018 zu rechnen.

7.7 Solarhaus Wurzer-Rapolter, NÖ

7.7.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Wurzer-Rapolter
<u>Adresse:</u>	3684 St. Oswald
<u>Spez. HWB (lt. Energieausweis)</u>	20,90 kWh/(m ² a)
<u>BGF</u>	276 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	27 m ² Flachkollektor (Gasokol tecSol)
<u>Aperturkollektorfläche</u>	24,18 m ²
<u>Ausrichtung:</u>	172° (8° aus der Südrichtung nach Osten)
<u>Neigung:</u>	55°
<u>Energiespeichervolumen:</u>	2x 1.000 l Schichtspeicher, 79 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Pellets-Zentralheizungsgerät (3-10 kW)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	73,2 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	313 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	In Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um ein zweigeschoßiges Einfamilienhaus mit Anbau in Niedrigenergiebauweise mit 276 m² Brutto-Geschoßfläche (BGF), dessen Bodenflächen thermisch aktiviert werden (79 m³). Zusätzlich werden zwei Schichtspeicher mit einem Gesamtvolumen von 2000 l als Pufferspeicher eingesetzt.

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (73,2 % laut Simulation) durch solarthermische Flachkollektoren mit einer Bruttokollektorfläche von 27 m². Die Azimut-Ausrichtung der aufgeständerten Kollektoren ist 8° aus der Südrichtung nach Osten, die Neigung beträgt 55° (siehe Abbildung 54 und Abbildung 55). Die Kollektoren wurden dabei so geplant, dass keine Verschattung im Winter bei niedrigstem Sonnenstand (15°) auftritt. Als Nachheizsystem wird ein Scheitholzkessel mit einer Leistung von 20 kW verwendet.



Abbildung 54: 3D Rendering für das Gebäude Wurzer-Rapolter
(Quelle: Einreichplan Bauatelier Schmelz & Salomon)



Abbildung 55: Außenansicht Rohbau Wurzer-Rapolter (Quelle: AIT)

7.7.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Schema des Wärmeversorgungssystems für das Solarhaus Wurzer-Rapolter ist in Abbildung 56 ersichtlich.

Die Solaranlage (27 m² Bruttokollektorfläche) belädt über einen externen Wärmeübertrager je nach Ladezustand den Pufferspeicher Raumheizung (1000 l, kurz RH-Pufferspeicher) den Pufferspeicher Warmwasser (1000 l, kurz WW-Pufferspeicher). Zur Nachheizung erwärmt ein Scheitholzessel (20 kW) den WW-Pufferspeicher. Aus dem obersten Bereich des WW-Pufferspeichers wird ein Frischwassermodule versorgt, dessen Rücklauf in den untersten Bereich des RH-Pufferspeichers eingeleitet wird. Zur Vermeidung von Zirkulationsströmungen sind die Rohrleitungen des Frischwassermodule beim WW-Pufferspeicher siphoniert ausgeführt. Eine Warmwasserzirkulation ist nicht vorgesehen. Die Raumwärme wird über Bauteilaktivierung der Fußböden bereitgestellt, wobei der Vorlauf über einen 4-Wege-Mischer aus dem RH-Pufferspeicher oder aus dem WW-Pufferspeicher entnommen werden kann. Der Rücklauf der Heizkreise wird in den untersten Bereich des RH-Pufferspeichers eingeleitet.

Das Messkonzept umfasst vier Wärmemengenzähler, zwei Stromzähler, 27 Temperatursensoren, drei Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in Kollektorebene.

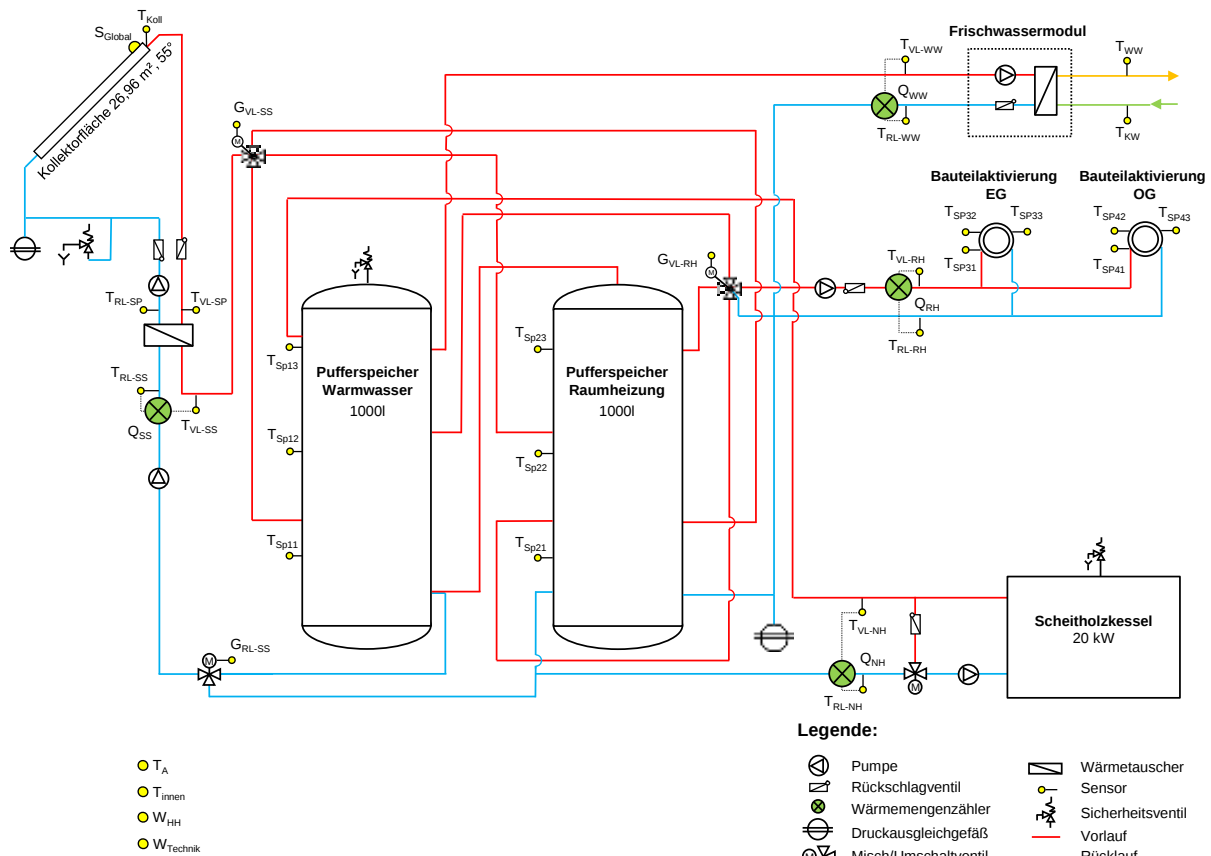


Abbildung 56: Schema Wärmeversorgungssystem für das Solarhaus Wurzer-Rapolter

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{VL-SP}}$	Vorlauftemperatur Solarprimärkreis
$T_{\text{RL-SP}}$	Rücklauftemperatur Solarprimärkreis
$T_{\text{VL-SS}}$	Vorlauftemperatur Solarsekundärkreis
$T_{\text{RL-SS}}$	Rücklauftemperatur Solarsekundärkreis
Q_{SS}	Wärmezähler Solarsekundärkreis
$G_{\text{VL-SS}}$	Umschaltventil im Vorlauf für solarthermische Pufferladung
$G_{\text{RL-SS}}$	Umschaltventil im Rücklauf für solarthermische Pufferladung

Schichtspeicher (Zwei Stück)

T_{Sp11}	Temperatur RH-Pufferspeicher unten
T_{Sp12}	Temperatur RH-Pufferspeicher Mitte
T_{Sp13}	Temperatur RH-Pufferspeicher oben
T_{Sp21}	Temperatur WW-Pufferspeicher unten
T_{Sp22}	Temperatur WW-Pufferspeicher Mitte
T_{Sp23}	Temperatur WW-Pufferspeicher oben

Scheitholzkessel (Nachheizung)

$T_{\text{VL-NH}}$	Vorlauftemperatur Scheitholzkessel
$T_{\text{RL-NH}}$	Rücklauftemperatur Scheitholzkessel
Q_{NH}	Wärmezähler Scheitholzkessel

Warmwasserbereitung (Frischwassermödul)

T_{WW}	Warmwassertemperatur
T_{KW}	Kaltwassertemperatur
T_{VL-WW}	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
T_{RL-WW}	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmezähler Warmwasserbereitung

Raumheizung

T_{VL-RH}	Vorlauftemperatur Raumheizung
T_{RL-RH}	Rücklauftemperatur Raumheizung
Q_{RH}	Wärmezähler Raumheizung
G_{VL-RH}	Umschaltventil für Pufferentnahme Raumheizung

Bauteilaktivierung EG

T_{SP31}	Bauteiltemperatur im Betonkern
T_{SP32}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche
T_{SP33}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche

Bauteilaktivierung OG

T_{SP41}	Bauteiltemperatur im Betonkern
T_{SP42}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche
T_{SP43}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche

Heiztechnik

W_{el-HH}	Stromzähler Haushaltsstrom
$W_{el-Technik}$	Stromzähler Technik

Umgebung

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.7.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 57 bis Abbildung 59) geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings werden die Simulationsergebnisse mit den aus den Messergebnissen ermittelten relevanten Kennzahlen (Solarertrag, solarer Deckungsgrad und Wärmeverbrauch) verglichen. Da die Simulation der Bauteilaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 68 m^3 (Wasseräquivalent) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut Simulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein spezifischer Jahressolarertrag von $313 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ erwartet.

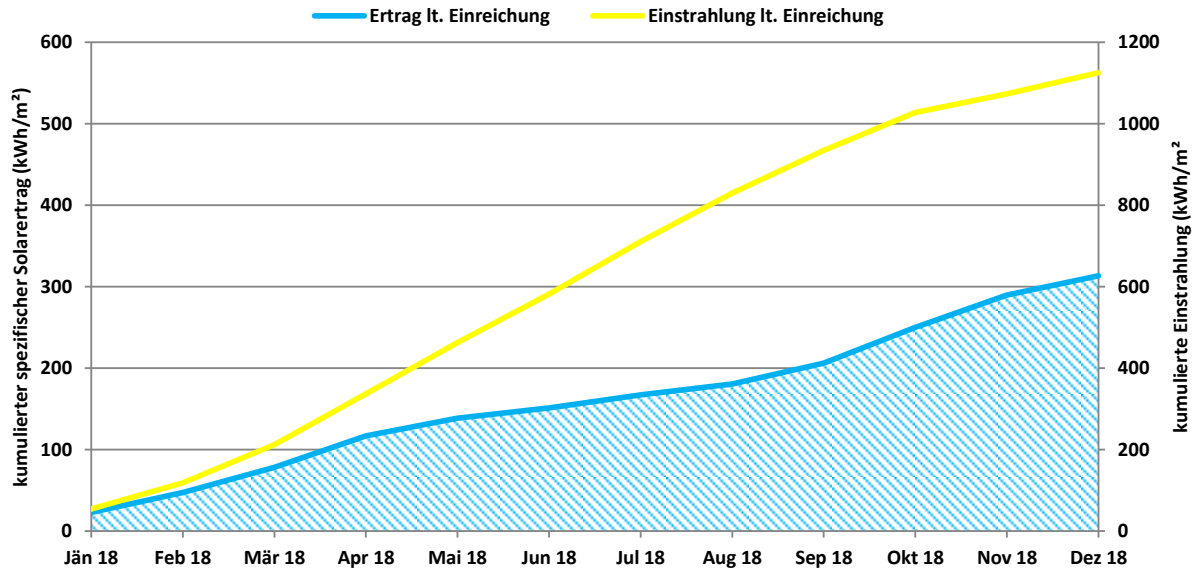


Abbildung 57: Prognostizierter Verlauf des kumulierten spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der kumulierten Einstrahlung für das Solarhaus Wurzer-Rapolter

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag bezogen auf den Gesamtwärmeinput) wird basierend auf der Simulationsrechnung des Betreibers mit 73,2 % prognostiziert. In den Monaten März bis November wird eine annähernd vollständige solare Deckung erwartet (siehe Abbildung 58).

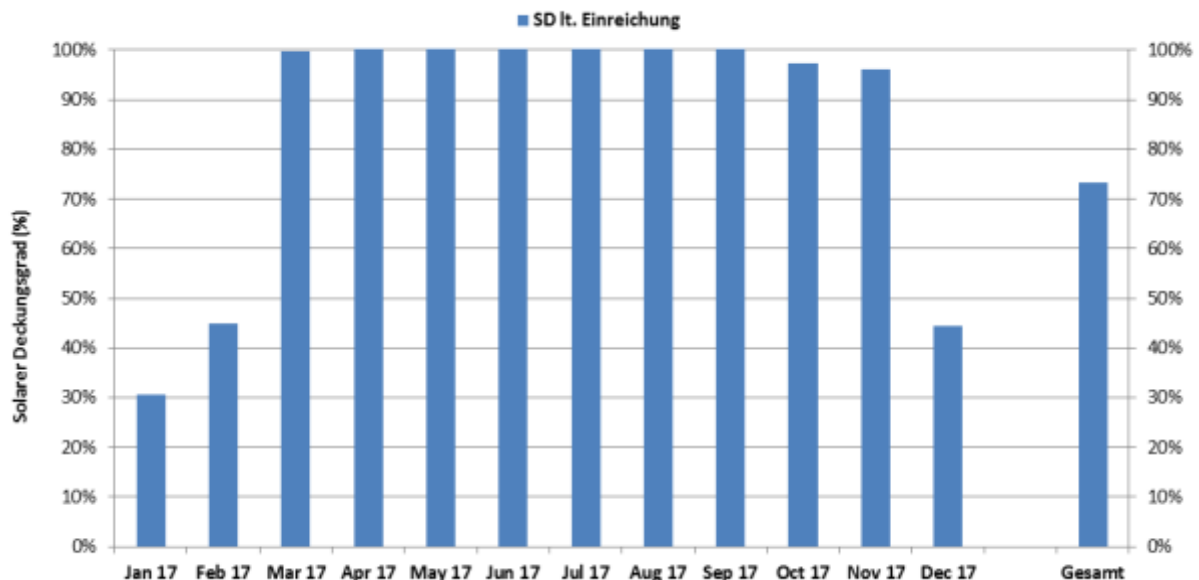


Abbildung 58: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad Solarhaus Wurzer-Rapolter

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 10,35 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 59 zu entnehmen. Gut ersichtlich ist der erwartete höhere kombinierte Verbrauch aus Warmwasser und Heizung in der Heizsaison (große Steigung) gegenüber dem reinen Warmwasserverbrauch im Sommer (geringe Steigung).

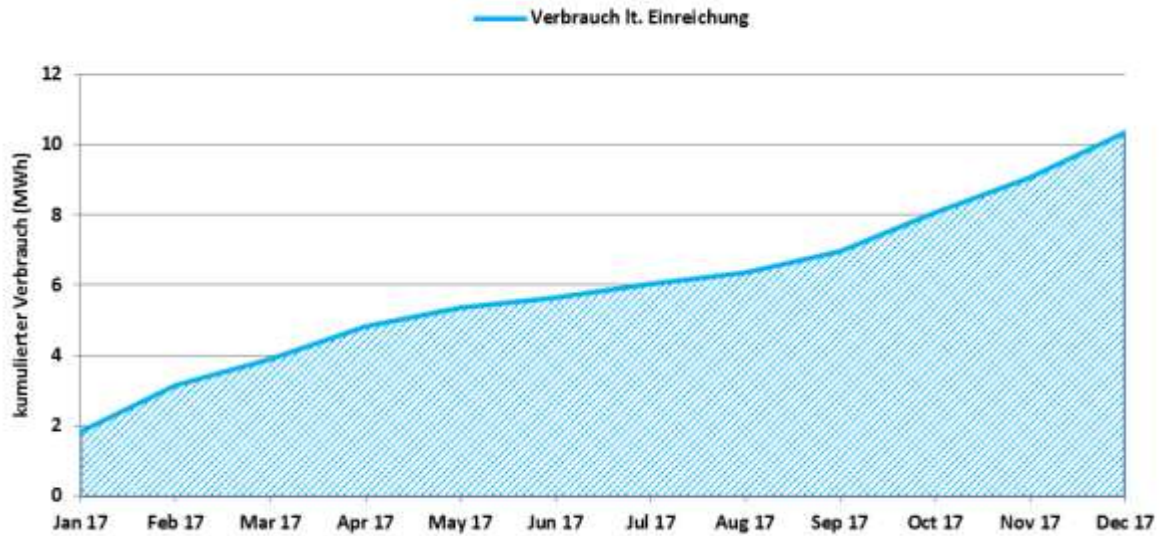


Abbildung 59: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Wurzer-Rapolter

7.7.4 Anlagen Status Quo

Das Projekt befindet sich in der Umsetzungsphase. Mit einer Fertigstellung ist im Jänner 2018 zu rechnen.

7.8 Solarhaus Salchinger, St

7.8.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Salchinger
<u>Adresse:</u>	8261 Sinabelkirchen
<u>Spez. HWB (lt. Energieausweis)</u>	30,3 kWh/(m ² a)
<u>BGF</u>	230 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	31 m ² Flachkollektor (Ökotech GS)
<u>Aperturkollektorfläche</u>	28,6 m ²
<u>Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Neigung:</u>	55°
<u>Energiespeichervolumen:</u>	4500 l Schichtspeicher
<u>Nachheizungssystem:</u>	Kachelofen im Wohnzimmer (14,5 kW, davon etwa 8 kW an wasserführendes Heizsystems und 6,5 kW direkt an die Raumluft)
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	77,6 % (Simulation)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	352 kWh/m ² a (Simulation bezogen auf Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	In Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienwohnhaus in Niedrigenergiebauweise mit 230 m² Brutto-Grundfläche (BGF) und Fußbodenheizung. Zusätzlich wird ein Schichtspeicher mit einem Gesamtvolumen von 4500 l als Pufferspeicher eingesetzt. Schichtladelenzen für die Solarthermie und den Rücklauf der Fußbodenheizung und niedrige Vorlauftemperaturen der Raumheizungskreise ermöglichen eine effiziente Nutzung des Gesamtsystems.

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (77,6 % laut Simulation) durch solarthermische Flachkollektoren mit einer Bruttokollektorfläche von 31 m². Die Azimut-Ausrichtung der dachintegrierten Kollektoren ist nach Süden mit einer Neigung von 55° (siehe Abbildung 60 und Abbildung 61). Als Nachheizungssystem wird ein wasserführender Kachelofen im Wohnzimmer eingesetzt (14,5 kW, davon etwa 8 kW an wasserführendes Heizsystem und 6,5 kW luftseitig an die Raumluft).



Abbildung 60: 3D Rendering für das Gebäude Salchinger (Quelle: Technische Beschreibung Bauvorhaben Sonnenhaus, Fördernehmer)

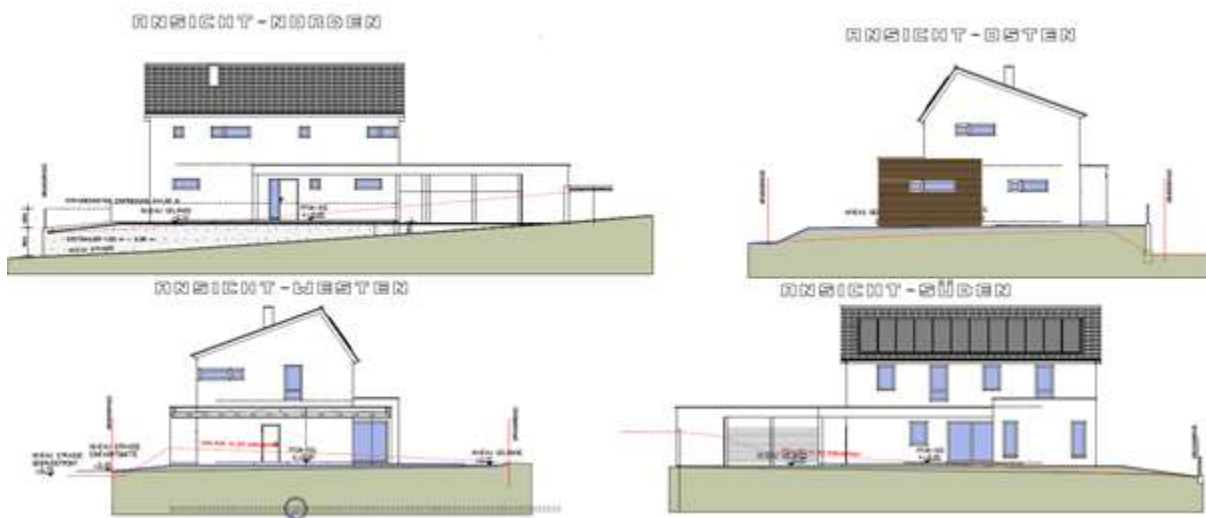


Abbildung 61: Ansichten des Gebäudes Salchinger (Quelle: Einreichplan EP04)

7.8.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Schema des Wärmeversorgungssystems für das Solarhaus Salchinger ist in Abbildung 62 ersichtlich.

Der Schichtspeicher wird über einen externen Wärmeübertrager von der Solaranlage geladen. Alternativ kann der Schichtspeicher auch händisch von einem Stückholzkessel nachgeheizt werden.

Die Solaranlage (31 m² Bruttokollektorfläche) belädt über einen externen Wärmeübertrager und durch eine Schichtladelanze den Pufferspeicher (4,5 m³). Zur Nachheizung erwärmt der Stückholz-Kachelofen (14,5 kW) ebenfalls mit einer Schichtladelanze entweder nur den obersten Bereich oder den gesamten Schichtspeicher (Umschaltung des Rücklaufs an der Rücklaufmischerguppe). Die Schichtladelanze im oberen Bereich soll dabei der Abbrandkurve des Ofens Rechnung tragen. Die vom

Stückholz-Kachelofen abgegebene Nutzwärme wird lt. Datenblatt zu weniger als 45 %, direkt an das Wohnzimmer und die anschließenden Räume abgegeben, mehr als 55 % der Wärme wird wasserseitig zum Schichtspeicher übertragen. Aus dem obersten Bereich des Pufferspeichers wird ein Frischwassermodul versorgt, dessen Rücklauf in den untersten Bereich des Puffers eingeleitet wird. Zur Vermeidung von Zirkulationsströmungen sind die Rohrleitungen des Frischwassermoduls siphoniert ausgeführt. Eine Warmwasserzirkulation ist nicht vorgesehen. Die Raumwärme wird über die Fußböden bereitgestellt, mit einem höheren Vorlauf für das Badezimmer. Die Raumheizungskreise werden aus einer mittleren Höhe des Schichtspeichers versorgt. Über einen 3-Wege bivalent Mischer kann die Fußbodenheizung jedoch auch aus dem obersten Bereich des Schichtspeichers versorgt werden, wenn in der Übergangszeit der mittlere Bereich des Puffers zu kalt wird, die Nachheizung aber nur den oberen Pufferbereich erwärmt. Der Rücklauf der Heizkreise wird in den untersten Bereich des Puffers eingeleitet.

Das Messkonzept umfasst fünf Wärmezähler, zwei Stromzähler, 22 Temperatursensoren, drei Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in Kollektorebene.

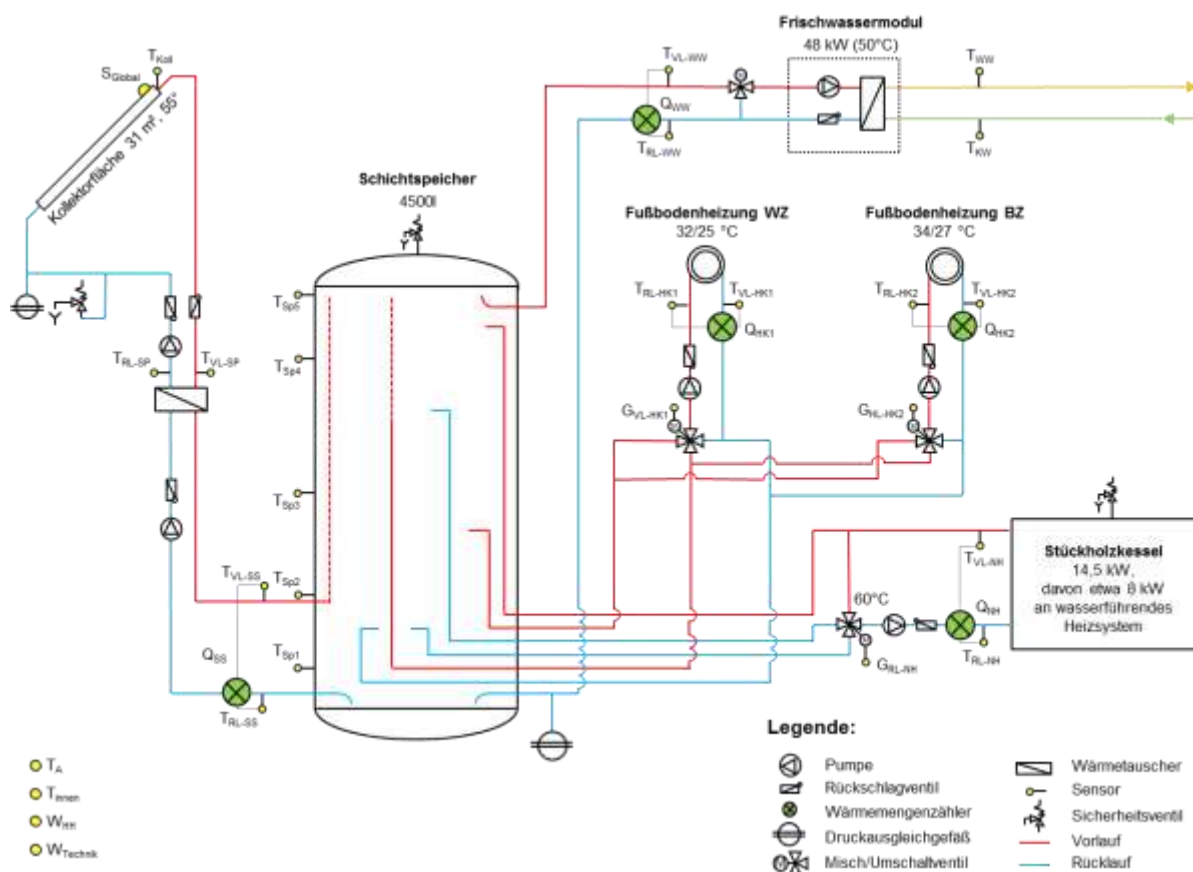


Abbildung 62: Schema Wärmeversorgungssystem für das Solarhaus Salchinger

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{VL-SP}}$	Vorlauftemperatur Solarprimärkreis
$T_{\text{RL-SP}}$	Rücklauftemperatur Solarprimärkreis

p_{SP}	Druck im Solarprimärkreis
T_{VL-SS}	Vorlauftemperatur Solarsekundärkreis
T_{RL-SS}	Rücklauftemperatur Solarsekundärkreis
Q_{SS}	Wärmezähler Solarsekundärkreis

Schichtspeicher

T_{Sp1}	Temperatur unten
T_{Sp2}	Temperatur Mitte unten
T_{Sp3}	Temperatur Mitte
T_{Sp4}	Temperatur Mitte oben
T_{Sp5}	Temperatur oben

Stückholzkessel (Nachheizung)

T_{VL-NH}	Vorlauftemperatur Stückholzkessel
T_{RL-NH}	Rücklauftemperatur Stückholzkessel
Q_{NH}	Wärmezähler Stückholzkessel
G_{RL-HK1}	Umschaltventil zur Pufferentnahme

Warmwasserbereitung (Frischwassermodule)

T_{WW}	Warmwassertemperatur
T_{KW}	Kaltwassertemperatur
T_{VL-WW}	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
T_{RL-WW}	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmezähler Warmwasserbereitung

Fußbodenheizung Wohnräume

T_{VL-HK1}	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
T_{RL-HK1}	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung
Q_{HK1}	Wärmezähler Fußbodenheizung
G_{VL-HK1}	Umschaltventil Vorlauf Fußbodenheizung

Fußbodenheizung Badezimmer

T_{VL-HK2}	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
T_{RL-HK2}	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung
Q_{HK2}	Wärmezähler Fußbodenheizung
G_{VL-HK2}	Umschaltventil Vorlauf Fußbodenheizung

Heiztechnik

W_{el-HH}	Stromzähler Haushaltsstrom
$W_{el-Technik}$	Stromzähler Technik

Umgebung

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.8.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 63 bis Abbildung 65) geben einen Überblick über die bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse. Im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings werden die Simulationsergebnisse mit den aus den Messergebnissen ermittelten relevanten Kennzahlen (Solarertrag, solarer Deckungsgrad und Wärmeverbrauch) verglichen.

Laut Simulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein spezifischer Jahressolarertrag von 352 kWh/(m²a) erwartet.

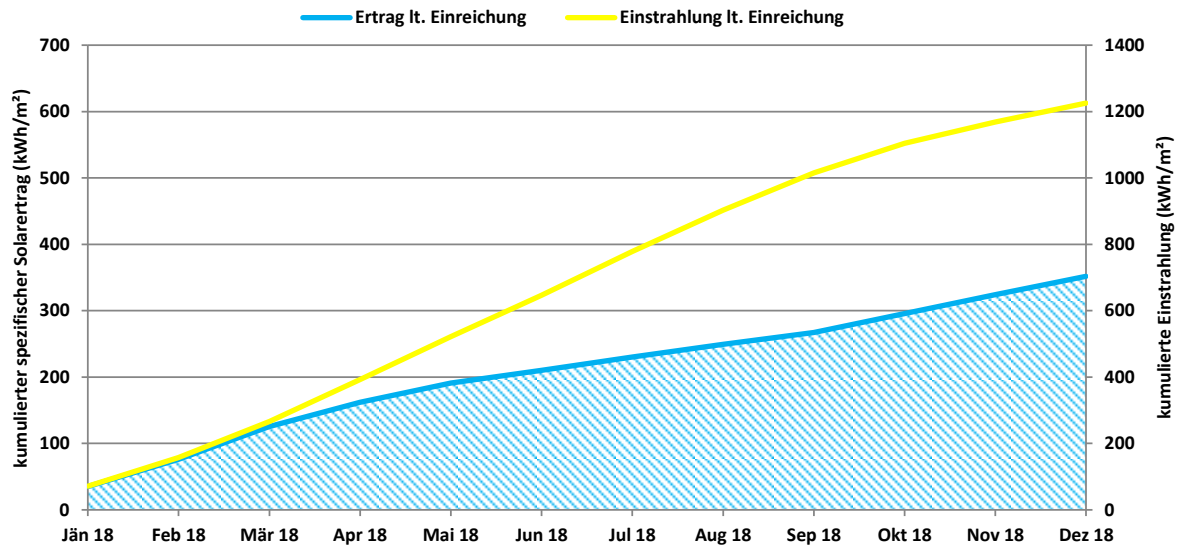


Abbildung 63: Prognostizierter Verlauf des kumulierten spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der kumulierten Einstrahlung für das Solarhaus Salchinger

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag bezogen auf den Gesamtwärmeinput) wird basierend auf der Simulationsrechnung des Betreibers mit 77,6 % prognostiziert. In den Monaten April bis Oktober wird eine vollständige solare Deckung erwartet (siehe Abbildung 64).

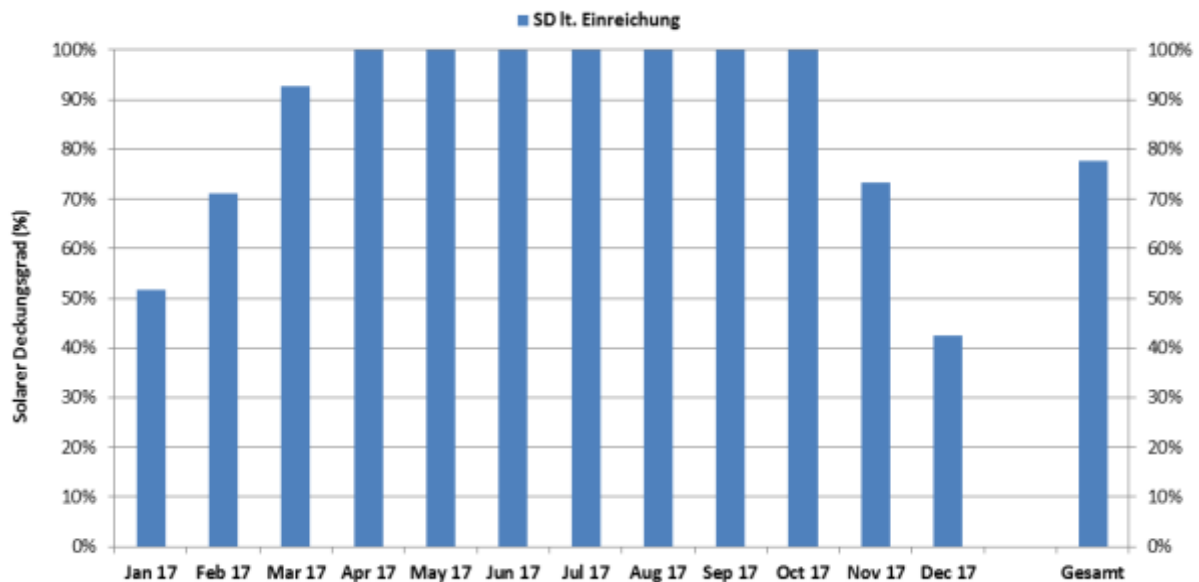


Abbildung 64: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Salchinger

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 10 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 65 zu entnehmen. Gut ersichtlich ist der erwartete höhere kombinierte Verbrauch aus Warmwasser und Heizung in der Heizsaison (große Steigung) gegenüber dem reinen Warmwasserverbrauch im Sommer (geringe Steigung).

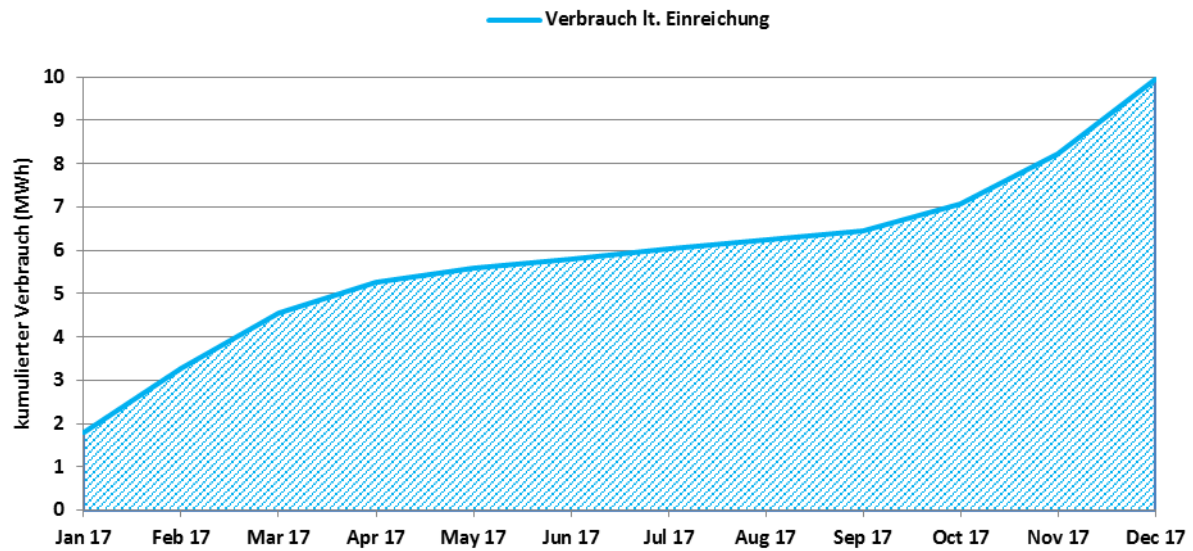


Abbildung 65: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Salchinger

7.8.4 Anlagen Status Quo

Mit November 2017 wird die Anlage fertig gestellt und der Estrich ausgeheizt. Die Fertigstellung und damit der Bezug sind für Februar 2018 geplant.

7.9 Solarhaus Miksche, W

7.9.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Miksche
<u>Adresse:</u>	1170 Wien
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	17 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	156 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	30,3 m ² Flachkollektor (DOMA Flex)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	27,65 m ²
<u>Neigung:</u>	90°
<u>Azimut-Ausrichtung</u>	20m ² : 244° (26° aus Westrichtung nach Süden) 10m ² : 154° (26° Südrichtung nach Osten)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.500 Liter Pufferspeicher, 28 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	elektrischer Durchlauferhitzer
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	73,3 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	213,1 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Detailplanungsphase
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Miksche handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienhaus mit 156 m² Energiebezugsfläche und Flachdach. Die Bodenplatte und die Zwischendecke zwischen Keller und Erdgeschoß sind thermisch aktiviert, der 1.500 Liter fassende Pufferspeicher dient der Warmwasserbereitung und der Versorgung der Wandheizung im Obergeschoss sowie der Bauteilaktivierung.



Abbildung 66: Grundriss (links); Ansichten der SW- bzw. SO-Fassade (rechts)
(Quelle: Einreichplan)

Für die primäre Wärmeversorgung dient die in die Süd-West- und in die Süd-Ost-Fassade integrierte Solaranlage, welche als Drain-Back-System ausgeführt werden soll. Das grundsätzliche Prinzip eines Drain-Back-Systems (Rückentleerungssystem) ist, dass bei Anlagenstillstand (= ruhende Pumpe aufgrund von zu geringer Einstrahlung oder vollem Pufferspeicher) das Kollektorfeld mit Hilfe der Schwerkraft in einen externen Behälter (Drainmaster) entleert wird. Dieser ist innerhalb der Gebäudehülle frostsicher positioniert. Daher kann als Wasser als Wärmeträgermedium in der Solaranlage eingesetzt werden. Das Einschalten der Solarpumpe führt zu einer automatischen Befüllung der Solaranlage.

Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 73,3 % erreicht werden. Als Nachheizung dienen elektrische Durchlauferhitzer, die nach dem Pufferspeicher eingebaut sind. Auf diese Weise erzeugt die Nachheizung keine zusätzlichen Pufferverluste.

7.9.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Miksche ist als Blockschaltbild in Abbildung 67 dargestellt. Die Solaranlagen liefern Energie in den Pufferspeicher, welcher Energie für Warmwasserbereitung und Heizwärmebedarf zur Verfügung stellt. Je ein elektrischer Durchlauferhitzer für Warmwasser und Raumheizung hebt die Energie aus dem Pufferspeicher bei Bedarf auf das notwendige Temperaturniveau. Es ist keine Zirkulationsleitung vorgesehen. Vier Wärmemengenzähler, 3 Stromzähler, 18 Temperatursensoren und 2 Globalstrahlungssensoren bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

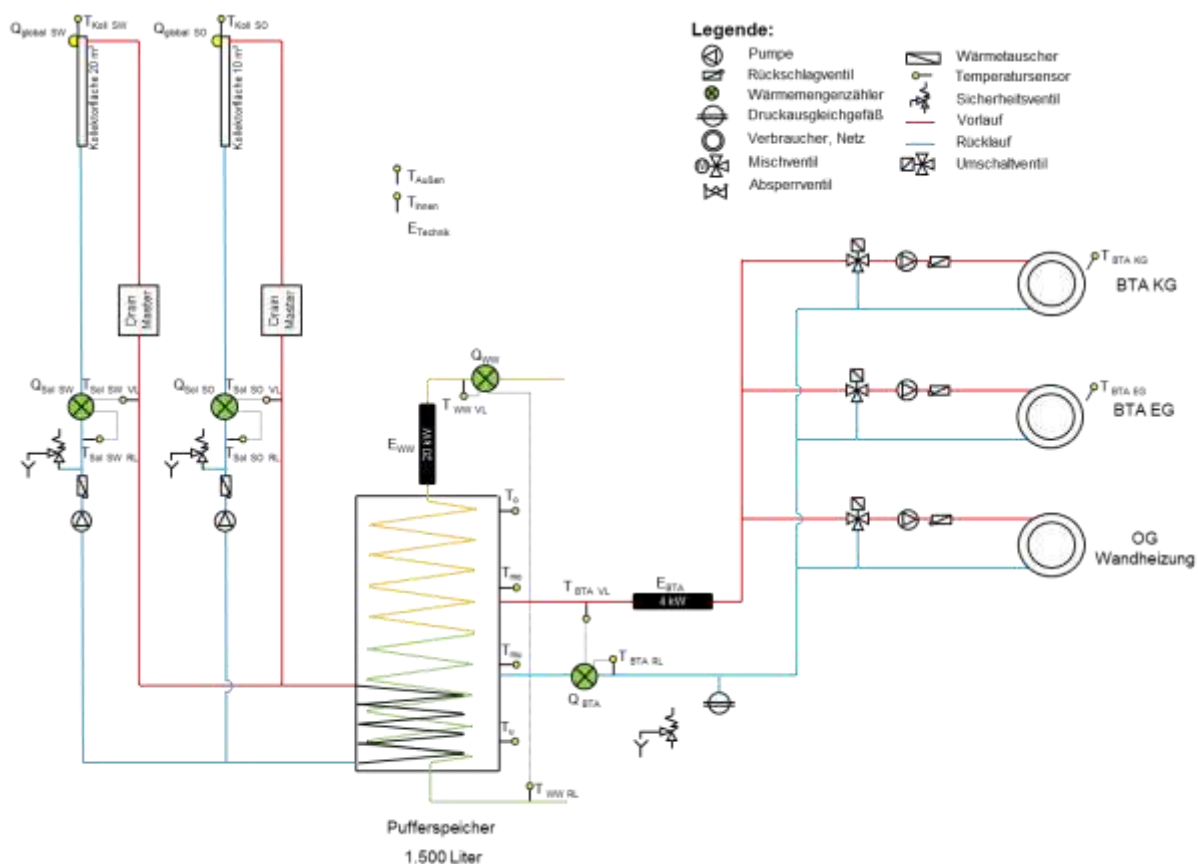


Abbildung 67: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Miksche
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

$S_{\text{Global SW}}$	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene SW
$T_{\text{Koll SW}}$	Kollektortemperatur SW
$Q_{\text{Sol SW}}$	Wärmemengenzähler im Solarkreis SW
$V_{\text{Sol SW}}$	Durchfluss im Solarkreis SW
$T_{\text{Sol SW VL}}$	Solarvorlauftemperatur SW
$T_{\text{Sol SW RL}}$	Solarrücklauftemperatur SW
$S_{\text{Global SO}}$	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene SO

$T_{\text{Koll SO}}$	Kollektortemperatur SO
$Q_{\text{Sol SO}}$	Wärmemengenzähler im Solarkreis SO
$V_{\text{Sol SO}}$	Durchfluss im Solarkreis SO
$T_{\text{Sol SO VL}}$	Solarvorlauftemperatur SO
$T_{\text{Sol SO RL}}$	Solarrücklauftemperatur SO

Speicher

$T_{\text{P_o}}$	Temperatur in Pufferspeicher oben
$T_{\text{P_mo}}$	Temperatur in Pufferspeicher mitte-oben
$T_{\text{P_mu}}$	Temperatur in Pufferspeicher mitte-unten
$T_{\text{P_u}}$	Temperatur in Pufferspeicher unten

Nachheizung

E_{BTA}	Strombedarf Durchlauferhitzer Bauteilaktivierung
E_{WW}	Strombedarf Durchlauferhitzer Warmwasser

Warmwasser

Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
V_{WW}	Durchfluss Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung

Bauteilaktivierung

Q_{BTA}	Wärmemengenzähler Bauteilaktivierung
V_{BTA}	Durchfluss Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA VL}}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA RL}}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{\text{BTA KG}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung KG
$T_{\text{BTA EG}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung EG

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik

7.9.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 68 bis Abbildung 70) geben einen Überblick über die, bei der Einreichung angegebenen Simulationsergebnisse.

Die Simulationsergebnisse werden im Rahmen des einjährigen Anlagenmonitorings mit den Messergebnissen der relevanten Kennzahlen (spezifischer Solarertrag, solarer Deckungsgrad sowie der Wärmeverbrauch) verglichen. Da die Simulation der Bauteilaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System vom Förderwerber unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 29,1 m³ (Wasseräquivalent bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T^*_{Sol} simuliert. In der dafür notwendigen T^*_{Sol} -Vorlage ist es des Weiteren nicht möglich zwei Kollektorflächen unterschiedlicher Ausrichtung zu simulieren. Die Simulationsergebnisse haben daher nur die größere Kollektorfläche mit Ausrichtung Süd-West als Grundlage.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung werden ein Jahressolarertrag von 197 kWh/m²a und eine Globalstrahlung in Kollektorebene von 931 kWh/m²a prognostiziert.

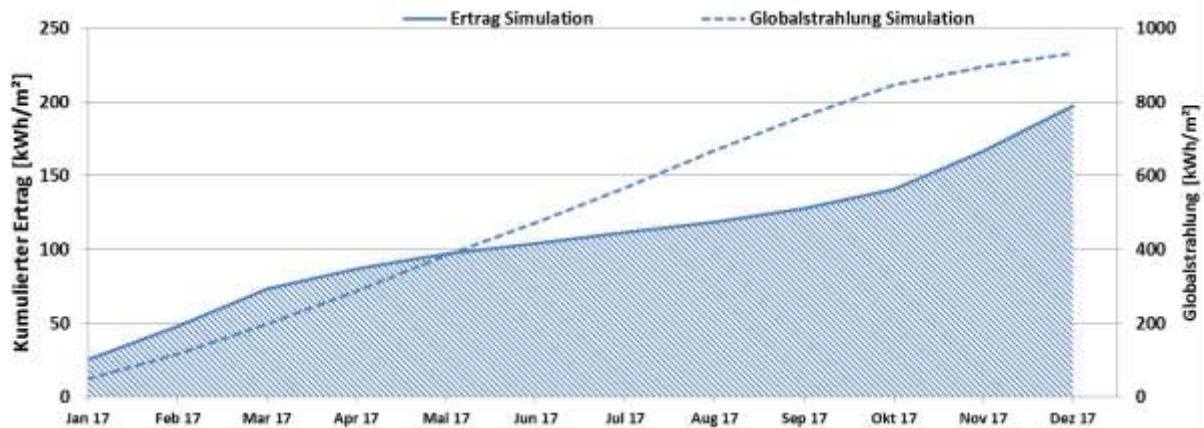


Abbildung 68: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der Einstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Miksche

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Einreichers mit rund 73 % angegeben. In den Monaten Juni bis September liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100% (siehe Abbildung 69).

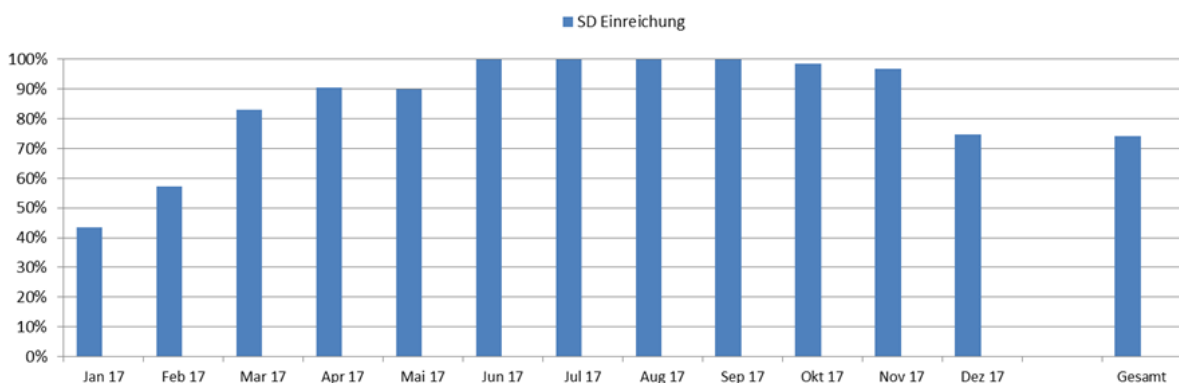


Abbildung 69: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Miksche

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit rund 4,3 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 70 zu entnehmen.

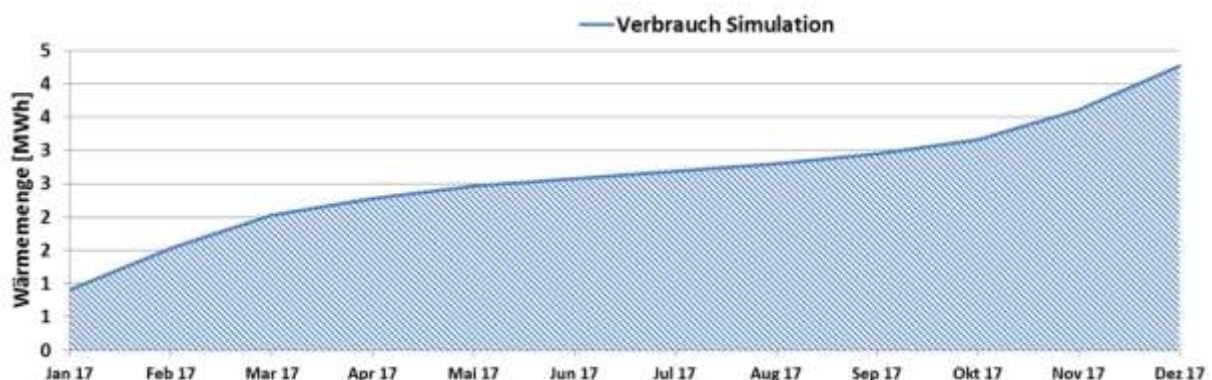


Abbildung 70: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Miksche

7.9.4 Anlagen Status Quo

Das Projekt befindet sich in der Ausschreibungsphase. Der Baustart ist für das 4. Quartal 2017 geplant.

7.10 Solarhaus Zündt, V

7.10.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Zündt
<u>Adresse:</u>	6830 Rankweil
<u>spez. HWB (lt. Energieausweis):</u>	21,28 kWh/m ² a
<u>BGF:</u>	207,7 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	30,5 m ² Flachkollektor (DOMA Flex Holz)
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	26,4 m ²
<u>Neigung:</u>	77°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	180° (Süden)
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.200 Liter Pufferspeicher, 43,46 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	3,3 kW Stückholzofen – Ganzhausheizung 2x 6 kW elektrische Heizstäbe
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	70,7 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	224,7 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	In Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Zündt handelt es sich um ein Zweifamilienhaus in Holzbauweise mit 208 m² Brutto-Grundfläche und sehr flachem Satteldach (5° Neigung). Die Bodenplatte sowie die Zwischendecke zwischen Keller und Erdgeschoss sind thermisch aktiviert. Ab dem Erdgeschoss ist das Gebäude in Holzbauweise errichtet. Die Zwischendecke zwischen Erdgeschoss und Obergeschoss kann also nicht aktiviert werden. Des Weiteren handelt es sich beim Obergeschoss um eine getrennte Wohneinheit mit eigenem Wärmeversorgungssystem.

Für die primäre Wärmeversorgung der betrachteten Wohneinheit im Erdgeschoss dient die rund 30 m² große Solaranlage mit einer Neigung von 77°, welche in die Südfassade des Gebäudes und des Carports integriert ist. Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 71 % erreicht werden. Als Nachheizung dient einerseits ein wassergeführter Wohnraumofen mit einer Leistung von 3,3 kW und andererseits zwei Heizstäben (je 6 kW), die oben und unten im Pufferspeicher montiert sind und in einstrahlungsarmen Perioden primär über ein am Grundstück situiertes Klein-Wasserkraftwerk betrieben werden.



Abbildung 71: Südansicht des Solarhauses Zündt
(Quelle: Einreichplan Bauherr)

7.10.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Zündt ist als Blockschaltbild in Abbildung 72 dargestellt. Die Solaranlage beliefert entweder den Pufferspeicher über einen externen Wärmetauscher oder die Bauteilaktivierung, welche direkt im Primärkreis der Solaranlage eingebunden ist. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen im Pufferspeicher integrierten Boiler. Als Nachheizung kommt ein wassergeführter Stückholz-Kachelofen zum Einsatz, der sowohl den Pufferspeicher nachladen, als auch die Fußbodenheizung im Bad direkt beliefern kann. Als Notheizung sind zwei elektrische Heizstäbe im Pufferspeicher integriert, welche von einem Klein-Wasserkraftwerk am Grundstück versorgt werden sollen. Bei Übertemperatur im Pufferspeicher kann dieser über einen Wärmetauscher an die Umgebung rückgekühlt werden. Sechs Wärmemengenzähler, 3 Ventilstellungen, 3 Stromzähler, 21 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

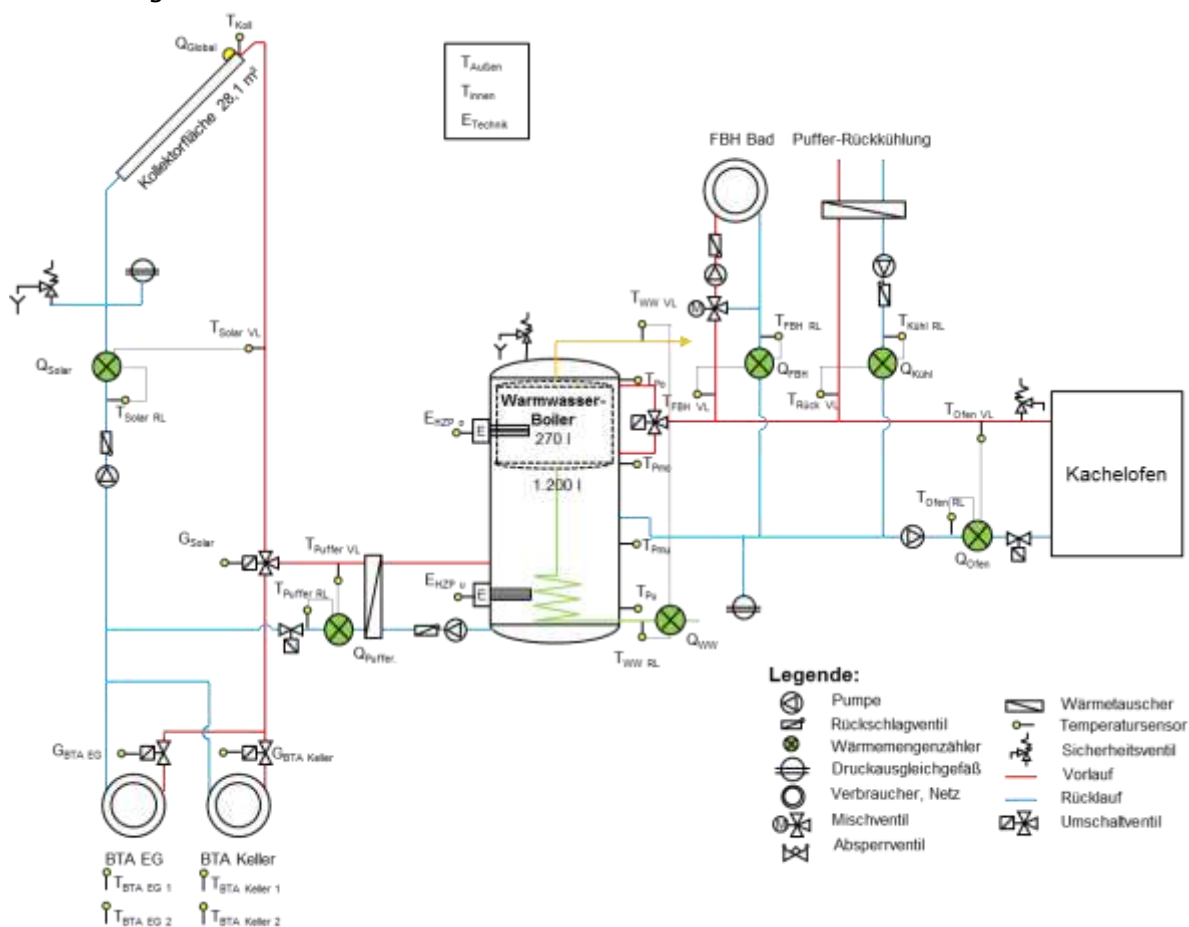


Abbildung 72: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Zündt
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

Q_{Global}	Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{Sol VL}}$	Vorlauftemperatur Solarkreis
$T_{\text{Sol RL}}$	Rücklauftemperatur Solarkreis
V_{Solar}	Durchfluss Solarkreis
Q_{Solar}	Wärmemengenzähler Solarkreis

$T_{\text{Puffer VL}}$	Vorlauftemperatur Solarenergie in Puffer
$T_{\text{Puffer RL}}$	Rücklauftemperatur Solarenergie in Puffer
V_{Puffer}	Durchfluss Solarenergie in Puffer
Q_{Puffer}	Wärmemengenzähler Solarenergie in Puffer
G_{Solar}	Umschaltventil solare Pufferladung

Bauteilaktivierung

$T_{\text{BTA Keller 1}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung Keller
$T_{\text{BTA Keller 2}}$	Oberflächentemperatur Bauteilaktivierung Keller
$T_{\text{BTA EG 1}}$	Kerntemperatur Bauteilaktivierung EG
$T_{\text{BTA EG 2}}$	Oberflächentemperatur Bauteilaktivierung EG
$G_{\text{BTA Keller}}$	Stellung des Absperrventils BTA Keller
$G_{\text{BTA EG}}$	Stellung des Absperrventils BTA UG

Speicher 1

T_{P1o}	Pufferspeichertemperatur oben
T_{P1mo}	Pufferspeichertemperatur mitte oben
T_{P1mu}	Pufferspeichertemperatur mitte unten
T_{P1u}	Pufferspeichertemperatur unten

Wohnraumofen

$Q_{\text{Nachheizung}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung
$V_{\text{Nachheizung}}$	Durchfluss Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung

Warmwasserbereitung

$T_{\text{WW_VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW_RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
V_{WW}	Durchfluss Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung

Fußbodenheizung

Q_{FBH}	Wärmemengenzähler Fußbodenheizung
V_{FBH}	Durchfluss Fußbodenheizung
$T_{\text{FBH VL}}$	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
$T_{\text{FBH RL}}$	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik
$E_{\text{HZP o}}$	Strombedarf elektr. Heizstab oben
$E_{\text{HZP u}}$	Strombedarf elektr. Heizstab unten

7.10.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 73 bis Abbildung 75) 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 Solarhaus Zündt. Da die Simulation der Bauteilaktivierung mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht möglich ist, wurde das System unter der Annahme eines vorhandenen Wasser-Heizungspufferspeichers mit einem Volumen von 34 m³ (Wasseräquivalent bei gleicher Temperaturdifferenz von 5 K) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurden ein Jahressolarertrag von 225 kWh/m² und eine Globalstrahlung in Kollektorebene von 1.213 kWh/m²a prognostiziert (Abbildung 73).

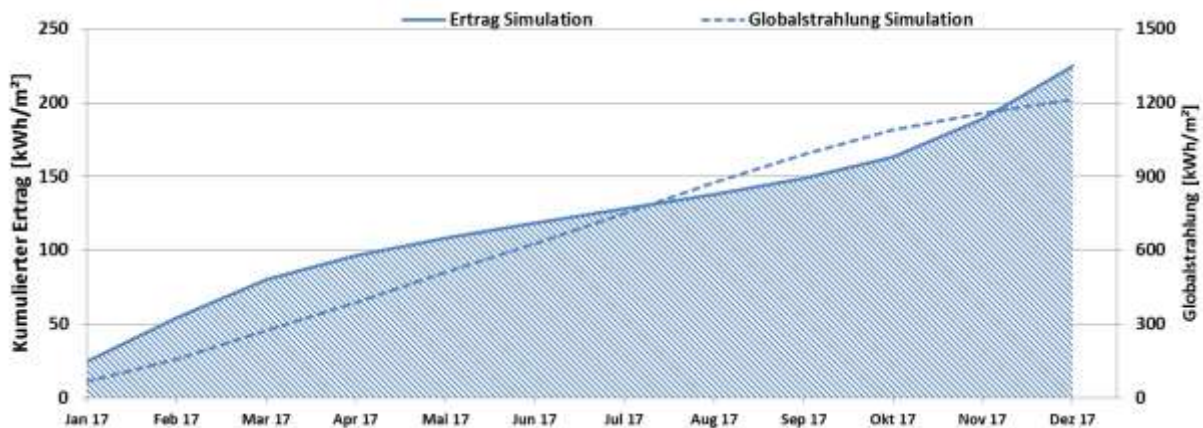


Abbildung 73: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) und der Einstrahlung in Kollektorebene für das Solarhaus Zündt

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 70,7 % angegeben (Abbildung 74).

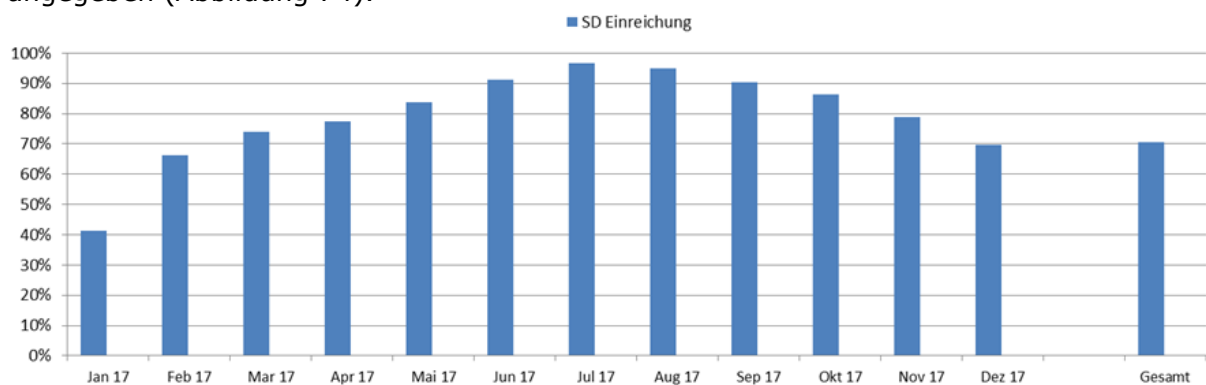


Abbildung 74: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Zündt

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Zündt wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 8,5 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 75 zu entnehmen.

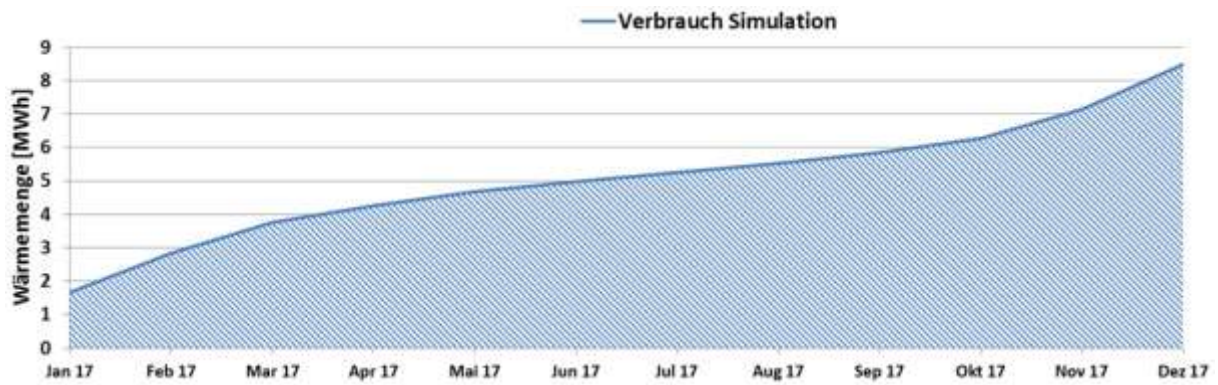


Abbildung 75: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Zündt

7.10.4 Anlagen Status Quo

Der Rohbau des Gebäudes ist errichtet und Teile der Haustechnik wurden geliefert. Die Fertigstellung und der Beginn der Monitoringperiode sind für September 2018 geplant.

8 Literaturverzeichnis

Becke et al., 2014:

Walter Becke, Christian Fink, Roman Stelzer: Leitfaden zum Monitoringkonzept im Rahmen des Begleitforschungsprogramms zur Förderaktion des Klima- und Energiefonds "Demoprojekte Solarhaus"; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2014

Becke et al., 2016:

Walter Becke, Christian Fink, Roman Stelzer, Bernd Windholz, Max Blöchle, Paul Lampersberger: 1. Zwischenbericht zum Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Demoprojekte Solarhaus 2014“; AEE INTEC, Gleisdorf, Österreich, 2015