

1. Zwischenbericht zum Projekt

WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITFORSCHUNG ZUM FÖRDERPROGRAMM „DEMOPROJEKTE SOLARHAUS 2014“

Autoren

Walter Becke, Projektleitung
Christian Fink
Roman Stelzer

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Bernd Windholz
Max Blöchle
Paul Lampersberger

Austrian Institut of Technology (AIT)

Gleisdorf, im April 2016

Auftraggeber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien



Beauftragt im Rahmen des Förderprogramms „Solarthermie – Demoprojekte Solarhaus“.

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:

Austrian Institut of Technology (AIT)
A-1210 Wien, Giefinggasse 2
www.ait.ac.at



Austria Solar Innovation Center (ASiC)
A-4600 Wels, Roseggerstraße 12
www.asic.at



Inhalt

1	KURZFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	6
3	ÜBERBLICK ÜBER DIE BEGLEITFORSCHUNGSPROJEKTE	8
4	BESCHREIBUNG DER TÄTIGKEITEN IN VERBINDUNG MIT DEN MESSANLAGEN IM BERICHTSZEITRAUM.....	10
5	VERBREITUNGSAKTIVITÄTEN	12
6	KENNZAHLEN AUS SIMULATION UND MESSUNG IM ANLAGENVERGLEICH	13
6.1	Simulation von Bauteilaktivierung	13
6.2	Kennzahlenvergleich	13
7	BESCHREIBUNG DER PROJEKTE UND DARSTELLUNG DER RELEVANTEN MESSERGEBNISSE.....	16
7.1	Solarhaus Lindenberger, K	16
7.2	Solarhaus Maier, OÖ.....	23
7.3	Solarhaus Schachinger, OÖ	29
7.4	Solarhaus Wieder, OÖ	33
7.5	Solarhaus Zellhofer, OÖ	37
7.6	Solarhaus Scherling, St	44
7.7	Solarhaus Westreicher, T	50
7.8	Solarhaus Burtscher, V	54
8	LITERATURVERZEICHNIS 2	58

1 Kurzfassung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Seit dem Jahr 2010 unterstützt der Klima- und Energiefonds im Förderprogramm „Solarthermie – solare Großanlagen“ den Einsatz von Solarwärme in Produktionsbetrieben, Wärmenetzen und zur Beheizung oder Kühlung von Gewerbegebäuden, wodurch die Marktentwicklung in diesem Bereich deutlich vorangetrieben werden konnte. Doch auch im privaten Bereich gibt es ein nicht zu vernachlässigendes Potential für große Solarthermie Anlagen, da laut der EU-Gebäuderichtlinie (Europäische Union, 2010) 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 zwei erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 40 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 (März 2015 bis März 2016) mit den 10 im Monitoringprogramm befindlichen Projektverantwortlichen in intensivem Kontakt. Dabei galt es im ersten Schritt neben dem Projektstatus (Umsetzungszeitplan) insbesondere die technischen Details (wie z.B. Anlagenhydraulik) und die Details zum Monitoringkonzept abzuklären. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass 8 Solarhäuser errichtet wurden. Zwei der 10 für die Begleitforschung ausgewählten Bauvorhaben traten letztendlich doch von der Förderung zurück. In dem einen Fall konnte der Bauherr keinen Installateur finden, der das Konzept wie geplant umsetzen wollte. Der andere Bauherr entschied sich letztendlich doch für eine Solaranlage mit deutlich geringerer Deckung und erfüllte somit nicht mehr die Förderkriterien.

Die durchgeführten Arbeiten und Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- o Kontakthaltung mit 8 im Monitoringprogramm befindlichen Projektverantwortlichen und dessen Partnern (Planer, ausführende Unternehmen, Regelungsfirmen, etc.)
- o Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“)
- o Systemhydraulik und Monitoringkonzept – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern für 8 Projekte
- o Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems bei insgesamt 8 Projekten

- o Laufende Verbesserungen betreffend Messkonzept und Messtechnik (Sensorik, Datenlogger, Schnittstellen mit Regelungsgeräten, Datentransfer, automatisierte Ausleseroutine, Datenbankintegration, Plausibilitätsprüfungen, etc.)
- o Weiterentwicklung von standardisierten Darstellungen und Abbildungen zur Visualisierung der Messergebnisse
- o Durch das Begleitforschungsteam konnten die gewonnenen Erkenntnisse in Neuauflagen des gegenständlichen Förderprogramms eingebracht werden
- o 1 Artikel in einer Fachzeitschrift (in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm Demoprojekte Solarhaus“)

2 Einleitung

Österreich kann im Bereich kleiner Heizung-Warmwasser-Kombinations-Anlagen auf eine lange und sehr erfolgreiche Historie verweisen. Seit dem Jahr 2010 unterstützt der Klima- und Energiefonds im Förderprogramm „Solarthermie – solare Großanlagen“ den Einsatz von Solarwärme in Produktionsbetrieben, Wärmenetzen und zur Beheizung oder Kühlung von Gewerbegebäuden, wodurch die Marktentwicklung in diesem Bereich deutlich vorangetrieben werden konnte. Doch auch im privaten Bereich gibt es ein nicht zu vernachlässigendes Potential für große Solarthermie Anlagen da laut der EU-Gebäuderichtlinie (Europäische Union, 2010) 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 zwei erfolgreiche Ausschreibungen durchgeführt und es wurden Förderzusagen an über 40 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 (Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung, 2014):

- Mindestens 70% solare Deckung des Wärmebedarfs für Warmwasser und Raumwärme
- Ein spezifischer Heizwärmebedarf nach PHPP¹ kleiner oder gleich $42 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$
- Biomassekessel, -ofen oder Wärmepumpe als Nachheizsystem

Die Förderquote variiert je nach erreichtem spezifischem Heizwärmebedarf (HWB) von 40% der umweltrelevanten Mehrinvestitionskosten bei einem HWB von $42 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$, 45% bei einem HWB von $30 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$ und 50% bei einem HWB von $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$. Als Referenzsystem wurde ein Ölkessel mit Investitionskosten von 5.340 Euro brutto herangezogen.

Alle Werte für den spezifischen Heizwärmebedarf werden bei PHPP auf die Energiebezugsfläche (EBF) bezogen. Diese entspricht im Prinzip der Wohn- bzw. Nutzfläche und orientiert sich für Wohngebäude an der deutschen Wohnflächenverordnung (Verbraucherschutz, 2003). Es gehen grundsätzlich nur Flächen innerhalb der thermischen Hülle ein und je nach Nutzung der Räume werden deren Flächen unterschiedlich gewichtet. Auf diese Weise wird der effiziente Umgang von hochwertigen Flächen in der thermischen Hülle begünstigt und unterschiedliche interne Wärmequellen berücksichtigt (Passivhaus Institut, 2013).

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

¹ Passivhaus Projektierungs-Paket

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:

- o Durchführung von technischen Beratungen vor Fördereinreichung (verpflichtend für jeden Förderwerber)
- o Prüfung der Systemhydraulik und ggf. Rückmeldung von Verbesserungsmaßnahmen – Erstellung von harmonisierten Blockschaltbildern
- o Definition eines Monitoringkonzeptes (Input-Output Bilanzierung) und Spezifikation der Messtechnik
- o Unterstützungsleistungen bei der technischen Projektumsetzung (Umsetzung des „Stand der Technik“ und des Monitoringkonzeptes)
- o Begleitung bei der Umsetzung und Durchführung der Inbetriebnahme des Monitoringsystems
- o Laufende Verbesserungen betreffend Messkonzept und Messtechnik (Sensorik, Datenlogger, Schnittstellen mit Regelungsgeräten, Datentransfer, automatisierte Ausleseroutine, Datenbankintegration, Plausibilitätsprüfungen, etc.)
- o 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.
- o Weiterentwicklung von standardisierten Darstellungen und Abbildungen zur Visualisierung der Messergebnisse – regelmäßige Darstellung aller bereits in Betrieb befindlichen Messanlagen
- o Aufzeigen und Umsetzung von Optimierungspotenzial in Zusammenarbeit mit den Förderwerbern bzw. mit dessen Partnern.
- o 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.
- o Aufzeigen von bestehendem Forschungsbedarf und Kommunikation an die ASTTP (Austrian Solar Thermal Technology Plattform) bzw. den Klima- und Energiefonds betreffend die Möglichkeit der Auslobung in zukünftigen Forschungsausschreibungen (in unmittelbarem Zusammenhang mit den Projekten „Wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm „Demoprojekte Solarhaus“ 2015).

Mit 26 Fördereinreichungen im Jahr 2014 und 25 Einreichungen im Jahr 2015 konnten die Erwartungen des Klima- und Energiefonds erfüllt werden. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung stand die Programmausschreibung für das Jahr 2016 unmittelbar bevor.

Im gegenständlichen Zwischenbericht werden die Aktivitäten und Erfahrungen zur Programmausschreibung 2014 im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zusammengefasst.

3 Überblick über die Begleitforschungsprojekte

Zu Beginn des Berichtszeitraums wurde mit allen 10 Förderwerbern Kontakt aufgenommen und 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 Monitoringkonzept erarbeitet. 2 Förderwerber haben schon sehr frühzeitig entschieden, die Förderung schlussendlich doch nicht anzunehmen. In dem einen Fall wurde aus wirtschaftlichen Gründen entschieden, nur 60% solare Deckung anzustreben (BV Niederer). Das andere Projekt scheiterte an einer erfolglosen Suche nach ausführenden Firmen, die sich die Umsetzung des geplanten Konzepts zutrauten (BV Postl).

Zum Zeitpunkt der Berichtslegung ist die Haustechnik bei vier Anlagen in Betrieb, bei den anderen 4 Bauvorhaben jedoch noch im Bau. Für keines der Projekte hat die Monitoringphase begonnen.

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

Tabelle 1: Übersicht und Umsetzungsstatus zu den 8 Projekten im Förderprogramm 2014

BV	Speicher		BKF ²	Projektstatus	Zuständigkeit Begleitforschung
	Beton	Wasser			
Lindenberger	55 m ³	12 m ³	30,1 m ²	Anlage in Umsetzung	AIT
Maier	60 m ³	2x4,5 m ³	76,6 m ²	Anlage in Umsetzung	AEE INTEC
Schachinger	92,5 m ³	1,2 m ³	42 m ²	Inbetriebnahme der Haustechnik erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AEE INTEC
Wieder	116 m ³	30,8 m ³	40,5 m ²	Inbetriebnahme der Haustechnik erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AEE INTEC
Zellhofer	62 m ³	1,2 m ³	30 m ²	Anlage in Umsetzung, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AIT
Scherling	58 m ³	8 m ³	60 m ²	Anlage in Umsetzung, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AIT
Westreicher	55 m ³	0,95 m ³	20 m ²	Inbetriebnahme der Haustechnik erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AEE INTEC
Burtscher	nein	4,3 m ³	36,4 m ²	Inbetriebnahme der Haustechnik erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant	AEE INTEC

² Bruttokollektorfläche

Neben der messtechnischen Begleitung der Projekte hat die Begleitforschung die Aufgabe, die korrekte Datenübertragung, die Konsistenz und Plausibilität der Datenpunkte zu bestätigen. Erst aufgrund dieser Bestätigung zahlt die KPC einen Großteil der Fördersumme aus. Es werden 3.000 € (jedoch max. 20% der Gesamtfördersumme) bis zum Abschluss der einjährigen Monitoringphase – welcher auch vom Team der Begleitforschung bestätigt wird - zurückgehalten. Bis dato wurden keine Bestätigungen ausgestellt.

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 8 Messprojekte aus dem Begleitforschungsprogramm die Festlegung des Monitoringkonzeptes in Anlehnung an die Vorgaben im speziell definierten Monitoringleitfaden (AEE INTEC, 2014) 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 eines kostengünstigeren Datenlogging-Systems

Im Rahmen der Begleitforschung „Solare Großanlagen“ wurde ein Datenlogging-System entwickelt, welches allen Anforderungen des wissenschaftlichen Begleitmonitorings genügt. Im Zuge der Solarhaus-Beratungsgespräche stellte sich heraus, dass das Monitoring-Equipment für die deutlich kleineren Anlagen der Ein- und Zweifamilienhäuser zumindest ebenso umfassend ist, wie jenes der solaren Großanlagen. Ähnlich der Kopplung mit Gebäudeleittechniksystemen in 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 - vgl. Monitoringleitfaden (AEE INTEC, 2014) - eingesetzt werden und eine korrekte Datenübertragung durch den Anlagenbetreiber sichergestellt werden kann. Die Erprobung der Funktion und die Bewertung der Eignung für die Begleitforschung wird aktuell bei einzelnen Solarhäusern durchgeführt.

Entwicklung eines Messkonzepts 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 versucht, die gesamte Holzmenge über eine Heizsaison zu bestimmen und durch repräsentative Messungen auch den Feuchtegehalt zu ermitteln. 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 4 Anlagen steht die Inbetriebnahme des Anlagenmonitorings kurz bevor, was Arbeitsschritte wie z.B. Prüfung der Sensorpositionen, die Programmierung der Datenloggersoftware, das Klemmen aller Sensorkabel am Datenlogger, die Inbetriebnahme des Datenloggings, die Aufzeichnungsüberprüfung aller Sensoren, die Überprüfung der Datenübertragung (Fernübertragung), etc. erforderlich macht. 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

Wie in Tabelle 2 angeführt, wurde ein Beitrag in einer einschlägigen Fachzeitschrift veröffentlicht.

Tabelle 2: Übersicht zu durchgeführten Publikationen im Berichtszeitraum

<i>Art der Veröffentlichung</i>	<i>Name der Zeitschrift</i>	<i>Titel der Veröffentlichung</i>
<i>Beitrag in Fachmagazin</i>	<i>Erneuerbare Energie</i>	<i>Ergebnisse der ersten Ausschreibung „Demoprojekte Solarhaus 2014“ des Klima- und Energiefonds</i>

6 Kennzahlen aus Simulation und Messung im Anlagenvergleich

6.1 Simulation von Bauteilaktivierung

Im Zuge der Einreichung war von allen Bauherren eine Simulation der jeweiligen Systemkonzepte vorzulegen. Dies stellte für Konzepte mit Bauteilaktivierung ein Problem dar, da diese mit den gängigen Solar-Simulationswerkzeugen nicht berücksichtigt werden kann. Alternativ wurde von zahlreichen Förderwerbern eine näherungsweise anwendbare Berechnungsmethode mittels Bestimmung eines Wasseräquivalents und Integration in Form eines kalten Wasserspeichers im Simulationsprogramm T*Sol gewählt.

Die Umrechnung des thermischen Energieinhalts von Beton auf Wasser basiert auf den physikalischen Kenngrößen Wärmekapazität c_p und Dichte ρ . Zusätzlich ist ein Nutztemperaturniveau notwendig, welches mit 20/25 °C angenommen wurde. In Tabelle 3 sind die Stoffwerte für Wasser und Beton angeführt.

Tabelle 3 physikalische Stoffwerte für Beton und Wasser

	Wärmekapazität c_p	Dichte ρ
Wasser	4,20 kJ/kg·K	1000 kg/m ³
Beton	1,00 kJ/kg·K	2400 kg/m ³

Entsprechend Gleichung 1 kann zunächst der thermische Energieinhalt von Beton und danach das entsprechende Wasseräquivalent (in m³) bestimmt werden.

$$Q = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot \Delta T \quad \text{Gleichung 1}$$

Q	thermischer Energieinhalt
ρ	Dichte in kg/m ³
c_p	Wärmekapazität in kJ/kg·K
V	Volumen in m ³
ΔT	Temperaturspreizung in K

1 m³ Beton hat demzufolge einen thermischen Energieinhalt von 12.000 kJ. Durch Rückeinsetzen in die Formel unter Verwendung der Stoffwerte für Wasser erhält man ein Wasseräquivalent von 0,571 m³.

6.2 Kennzahlenvergleich

Zur Darstellung der prognostizierten Ergebnisse zum Zeitpunkt der Einreichung werden in den nachfolgenden drei Abbildungen die wesentlichen Kennzahlen der 8 solaren Wärmeversorgungsanlagen dargestellt. Abbildung 1 zeigt dazu die in der Einreichphase prognostizierten jährlichen spezifischen Solarerträge (kWh/m² Aperturfläche und Jahr), Abbildung 2 die prognostizierten solaren Deckungsgrade und Abbildung 3 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.

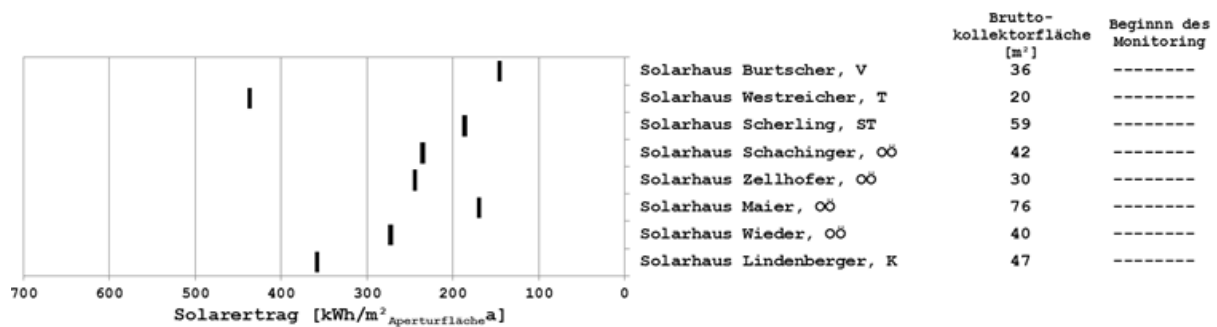


Abbildung 1: Darstellung der prognostizierten spezifischen Solarerträge (schwarze Striche) der 8 Solarhäuser

Die Bandbreite der prognostizierten spezifischen Solarerträge reicht von 143 bis 434 kWh/m²a. Die Solarerträge bis um 300 kWh/m²a sind als realistisch anzusehen. Ein spezifischer Solarertrag von 434 kWh/m²a (Solarhaus Westreicher) bei einem prognostizierten solaren Deckungsgrad von rund 91% (vgl. Abbildung 2) erscheint entsprechend bisherigen Erfahrungen als etwas zu optimistisch.

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

$$SD = \frac{Q_{Solar}}{Q_{konv We} + Q_{Solar}} \quad \text{Gleichung 2}$$

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

$Q_{konv We}$ jährlicher Wärmeinput des konventionellen Wärmeerzeugers, gemessen zwischen Energiespeicher und Wärmeerzeuger (nach Möglichkeit in der Systemhydraulik)

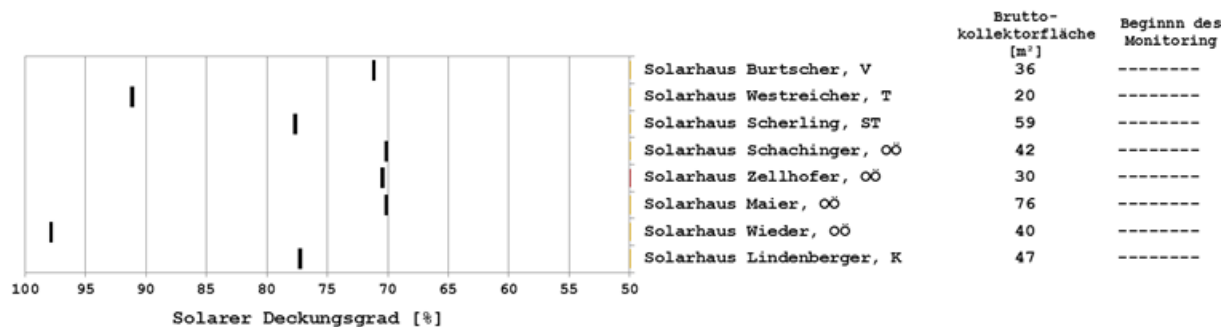


Abbildung 2: Darstellung der prognostizierten solaren Deckungsgrade (schwarze Striche) der 8 Solarhäuser

Entsprechend der Vorgaben durch den Fördergeber liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade zwischen einem Minimum von 70% und einem Maximum von 98%.

Eine entscheidende Einflussgröße auf den solaren Deckungsgrad und den spezifischen Solarertrag bildet der Wärmeverbrauch. Abbildung 3 zeigt hierzu die Prognosewerte der Wärmeverbräuche der Solarhäuser in der Begleitforschung.

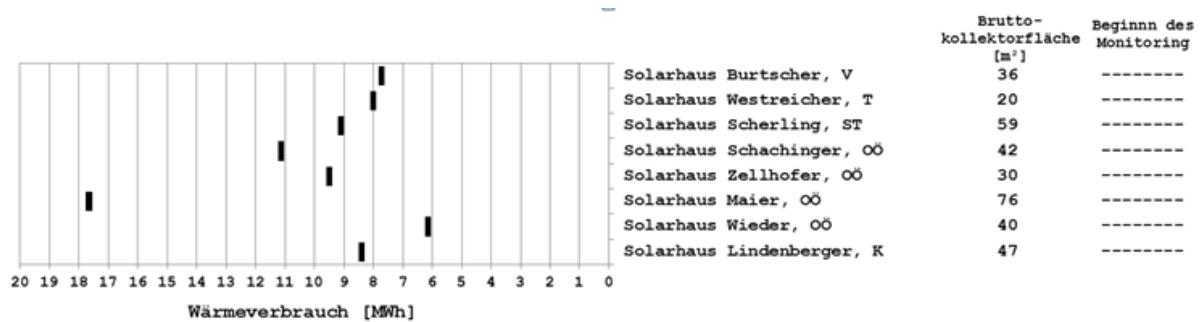


Abbildung 3: Darstellung der prognostizierten jährlichen Wärmeverbräuche (schwarze Striche) für Warmwasser und Raumheizung der 8 Solarhäuser

Die prognostizierten Wärmeverbräuche für Warmwasser und Raumheizung liegen zwischen 6 und 18 MWh, wobei ein Großteil der Gebäude im Bereich von 6 bis 9,5 MWh liegt. Die erhöhten Wärmebedarfe der Solarhäuser Schachinger und Maier lassen sich anhand von Tabelle 4 erklären.

Tabelle 4: spezifischer Heizwärmebedarf und Energiebezugsfläche der 8 Solarhäuser

	Spez. HWB [kWh / m² a]	Energiebezugsfläche [m²]
Solarhaus Burtscher	38	117,4
Solarhaus Westreicher	34	142,87
Solarhaus Scherling	23	219,7
Solarhaus Schachinger	42	193,5
Solarhaus Zellhofer	33	176,4
Solarhaus Maier	34	327,9
Solarhaus Wieder	23	221,4
Solarhaus Lindenberger	17	286

Das Solarhaus Schachinger liegt mit dem spezifischen Heizwärmebedarf (HWB) vergleichsweise relativ hoch, während die Gebäudegröße im Durchschnitt liegt. Im Falle des Solarhauses Maier ist die Gebäudegröße deutlich über dem Durchschnitt und der spezifische HWB liegt im Mittelfeld. Dies resultiert in beiden Fällen in einem absoluten Wärmebedarf, der deutlich über den Werten der anderen Gebäude liegt.

7 Beschreibung der Projekte und Darstellung der relevanten Messergebnisse

7.1 Solarhaus Lindemberger, K

7.1.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Zellhofer
<u>Standort:</u>	St. Georgen am Längssee
<u>spez. HWB (lt. Energieausweis):</u>	17,3 kWh/(m ² a)
<u>EBF:</u>	286 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	30,1 m ² Flachkollektor
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	28,1 m ²
<u>Neigung:</u>	35° auf dem Dach und 65° auf der Böschung
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	35° aus Süden in Richtung Osten
<u>Energiespeichervolumen:</u>	12 m ³ Pufferspeicher (Wasser), 55 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Sole-Wasser-Wärmepumpe
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	77,1 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	356 kWh/(m ² a) (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Anlage in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um ein dreigeschossiges Einfamilienhaus (Südhanglage) mit 286 m² Energiebezugsfläche (EBF), wobei das Obergeschoss nur als Stauraum genutzt wird. Die Decke zwischen Unter- und Erdgeschoss, aber auch die Bodenplatte des Untergeschosses wird im Bereich der Wohnräume thermisch aktiviert. Zusätzlich wird ein 12 m³ Pufferspeicher, der über beide Geschosse reicht, für die Raumheizung (überwiegend Niedertemperaturheizung mit Fußboden- und Wandheizung) und Warmwasserbereitung eingesetzt (externes Frischwassermodul). An die Zwischenwände um den Pufferspeicher schließen Treppen und Vorräume an. Abbildung 4 zeigt die Westansicht des Gebäudes.



Abbildung 4: Westansicht des Gebäudes mit Solarkollektoren auf dem Dach (hier aufgeständert dargestellt, tatsächlich ins Dach integriert) und auf der Böschung (Quelle: Einreichungsunterlagen des Fördernehmers)

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (77,1 % laut Einreichung) mit Hilfe der solarthermischen Flachkollektoren, welche eine Bruttokollektorfläche von 30,1 m² aufweisen. Die Azimut-Ausrichtung des Gebäudes sowie der Kollektorflächen ist 35° aus Süden in Richtung Osten. Die Kollektorfläche ist aufgeteilt auf Dach (5 Stk.) und Böschung (7 Stk.) Die Neigung der Solaranlage am Dach beträgt 35°, die Neigung der Anlage an der Böschung liegt bei 65°.

Als Nachheizsystem wird eine Sole-Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit 400 m² Flächenkollektoren, die im Garten vergraben sind, eingesetzt. Für den Kühlbetrieb steht ein 800 l Kaltwasserspeicher zur Verfügung. Im Wohnzimmer ist ein Kachelofen installiert, der jedoch nicht mit Holz betrieben, sondern auf Knopfdruck vom zentralen Heizsystem mit Wärme versorgt wird.

7.1.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Lindberger ist als Blockschaltbild in Abbildung 5 dargestellt.

Die Solaranlage (30 m²) kann entweder über einen externen Wärmeübertrager und eine Schichtladelanze den Pufferspeicher (12 m³) beheizen oder solare Wärme direkt in die Bauteilaktivierung in Unter- und Erdgeschoss einbringen. Aus dem Pufferspeicher erfolgt über eine Festwertregelung (60 °C) die Versorgung eines Frischwassermoduls. Die Raumwärmeversorgung erfolgt einerseits über die Niedertemperatursysteme Fußboden- und Wandheizung (Heizkreis „Verbr1“), andererseits gibt es im Bad einen Heizkörper und im Wohnzimmer einen Kachelofen, der auf Knopfdruck vom zentralen Heizsystem mit Wärme versorgt wird (kann nicht mit Holz betrieben werden). Mit diesem Mitteltemperaturheizkreis „Verbr2“ wird außerdem Luft für die kontrollierte

Wohnraumlüftung (KWL) vorgewärmt, wenn die Außentemperatur unter 0 °C beträgt. Zum Betrieb der beiden Heizkreise wird Warmwasser mit unterschiedlich hoher Temperatur aus verschiedenen Höhen des Pufferspeichers entnommen. Der Mitteltemperaturheizkreis „Verbr2“ hat eine Festwertregelung auf 40 °C für den Vorlauf, dieser Sollwert wird jedoch vom Fördernehmer nach Bedarf direkt über die zentrale Steuereinheit angepasst. Die Rücklauftemperatur ist planmäßig noch hoch genug, um je nach Außentemperatur dem Niedertemperaturheizkreis „Verbr1“ als Vorlauf zu dienen, ansonsten wird er wieder zurück in den oberen Bereich des Pufferspeichers geleitet. Der Niedertemperaturheizkreis („Verbr1“ mit Fußboden- und Wandheizung) kann über ein Umschaltventil (mit außentemperaturgeführter Festwertregelung) je nach Bedarf auch mit höherer Vorlauftemperatur aus dem Pufferspeicher beaufschlagt werden. Über den Niedertemperaturheizkreis werden die Räume bei Bedarf auch gekühlt und die Wärme über einen Kaltwasserspeicher (800 l) und eine Wärmepumpe (5 kW Heizleistung) in den Flächenkollektor (400 m²) im Garten abgeführt, der damit regeneriert wird.

Wenn das Temperaturniveau im oberen Bereich des Pufferspeichers für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung zu gering ist, wird mit der Wärmepumpe nachgeheizt. Als Quelle für die Wärmepumpe dient dabei vorrangig der untere Bereich des Pufferspeichers (Solarenergie). Die quellenseitige Eintrittstemperatur in die Wärmepumpe wird mit dem Regelventil (GQ1) auf den zulässigen Maximalwert (20 °C) begrenzt, indem Wasser aus dem Pufferspeicher mit Wasser aus dem Kaltwasserspeicher vermischt wird. Ist der untere Bereich des Puffers kälter als der Flächenkollektor im Garten, wird der Flächenkollektor als Wärmequelle genutzt. Der Flächenkollektor wird nicht wie üblich von einem Frostschutzgemisch, sondern von Heizungswasser durchströmt. Dadurch kann auf das Frostschutzmittel und einen zusätzlichen Wärmeübertrager am Flächenkollektor verzichtet werden.

Zur Bauteilaktivierung wurde die Solaranlage auf High-Flow ausgelegt, und mittels Drehzahlstellung der Umwälzpumpe soll die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf auf 15 K gehalten werden. Der Betreiber hat bereits beobachtet, dass bei strahlendem Sonnenschein trotz höchster Drehzahl der Umwälzpumpe die Temperaturdifferenz bereits 25 K beträgt. Grund dafür ist der große Strömungswiderstand der Bauteilaktivierung, für die fünf Kupferrohre (je 100 m lang) im Untergeschoss und vier Kupferrohre (je 100 m lang) im Erdgeschoss verlegt sind. Die einzelnen Kupferrohre sind raumweise in Spiralen verlegt und das Medium durchströmt die Rohre von den Wänden zur Raummitte hin. Da die Wärmeabgabe in den einzelnen Räumen bei diesem Konzept hydraulisch nicht geregelt werden kann, wird versucht, durch unterschiedlich dicke Trittschalldämmung die Wärmeabgabe der aktivierten Bauteile an die Räume einzustellen (z. B. Bad wärmer und Bibliothek kühler als die anderen Räume).

Das Messkonzept umfasst sieben Wärmemengenzähler, drei Stromzähler, 34 Temperatursensoren, acht Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

T_{RL-WW}	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
T_{KW}	Temperatur Kaltwasser
T_{WW}	Temperatur Warmwasser

Raumheizung/-kühlung

$T_{VL-Verbr1}$	Vorlauftemperatur Fußboden- und Wandheizung
$T_{RL-Verbr1}$	Rücklauftemperatur Fußboden- und Wandheizung
Q_{Verbr1}	Wärmemengenzähler Fußboden- und Wandheizung
$T_{VL-Verbr2}$	Vorlauftemperatur Vorwärmung KWL, Bad Heizkörper, Kachelofen
$T_{RL-Verbr2}$	Rücklauftemperatur Vorwärmung KWL, Bad Heizkörper, Kachelofen
Q_{Verbr2}	Wärmemengenzähler Vorwärmung KWL, Bad Heizkörper, Kachelofen
G_{Verbr1}	Stellung des Umschaltventils Wahl der Vorlauftemperatur im Heizfall (Höhe der Entnahme aus dem Pufferspeicher) bzw. zur Kühlung. Das Ventil regelt auch die Vorlauftemperatur des Verbraucherabgangs.
G_{Verbr2}	Stellung des Umschaltventils zur Lenkung des Verbraucherrücklaufs in den Puffer- bzw. in den Kaltwasserspeicher
T_{Sp21}	Temperatur unten im Kaltwasserspeicher
T_{Sp22}	Temperatur oben im Kaltwasserspeicher

Wärmepumpe zur Nachheizung und zur aktiven Kühlung

T_{VL-S}	Vorlauftemperatur auf der Senkenseite
T_{RL-S}	Rücklauftemperatur auf der Senkenseite
Q_S	Wärmemengenzähler auf der Senkenseite
T_{VL-Q}	Vorlauftemperatur auf der Quellenseite
T_{RL-Q}	Rücklauftemperatur auf der Quellenseite
Q_Q	Wärmemengenzähler auf der Quellenseite
W_{WP}	Stromzähler Wärmepumpe
T_{FK}	Temperatur im Flächenkollektor
G_{N1}	Stellung des Umschaltventils zur Beladung des Pufferspeichers bzw. des Flächenkollektors
G_{N2}	Stellung des Umschaltventils zur Beladung des Pufferspeichers bzw. zur Entnahme der Verbraucher aus dem obersten Bereich des Pufferspeichers
G_{Q1}	Stellung des Umschaltventils in der Vorlaufleitung zur Abkühlung des Kaltwasserspeichers bzw. des unteren Bereichs des Pufferspeichers
G_{Q2}	Stellung des Umschaltventils zur Abkühlung von einem der Wasserspeicher bzw. des Flächenkollektors. Das Ventil regelt auch die Vorlauftemperatur zur Wärmepumpe.
G_{Q3}	Stellung des Umschaltventils in der Rücklaufleitung zur Abkühlung des Kaltwasserspeichers bzw. des unteren Bereichs des Pufferspeichers

Stromverbrauch

$W_{Technik}$	Stromzähler Heiztechnik
W_{HH}	Stromzähler Haushalt

Umgebungstemperaturen

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.1.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 6 bis Abbildung 8) 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 war, wurde das System ohne einen Beitrag der Bauteilaktivierung simuliert (Polysun). Der Simulation wurde eine Pufferspeichergröße von 8,4 m³ zugrunde gelegt, tatsächlich umgesetzt wurden 12 m³. Aus diesen Gründen kann von der gebauten Anlage durchaus ein höherer Solarertrag als der prognostizierte Wert von 356 kWh/(m²a) erwartet werden.

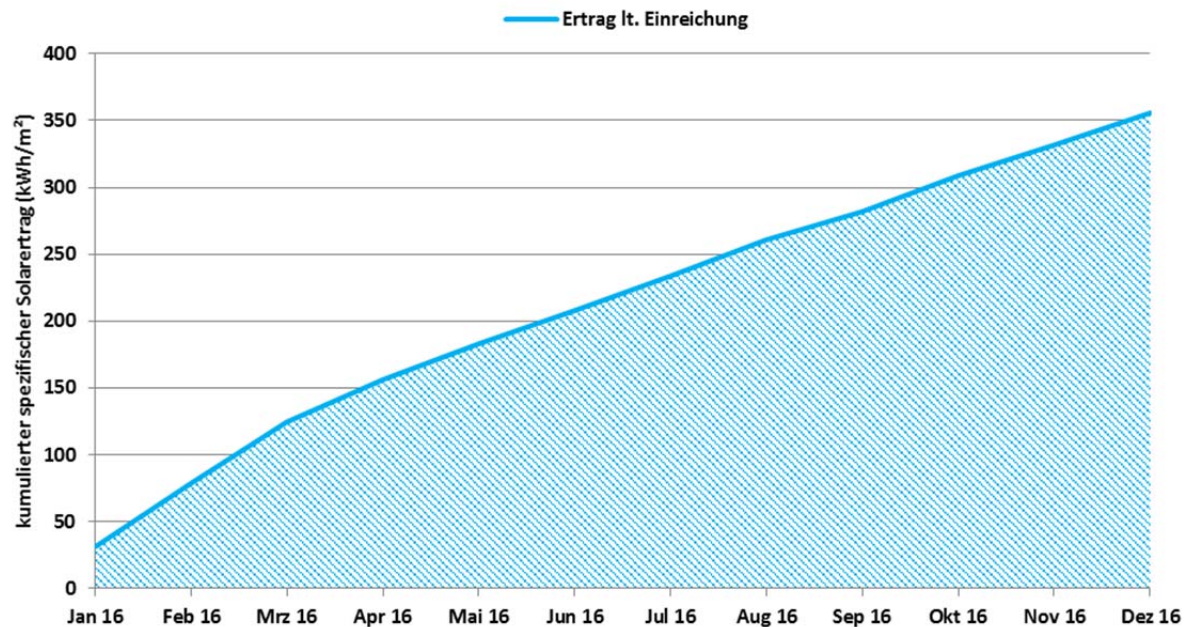


Abbildung 6: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Lindenerberger

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wird gemäß der Simulationsrechnung des Betreibers zu 77,1 % prognostiziert. In den Monaten März bis November liegen die prognostizierten Monatswerte bei 100 % (Abbildung 29).

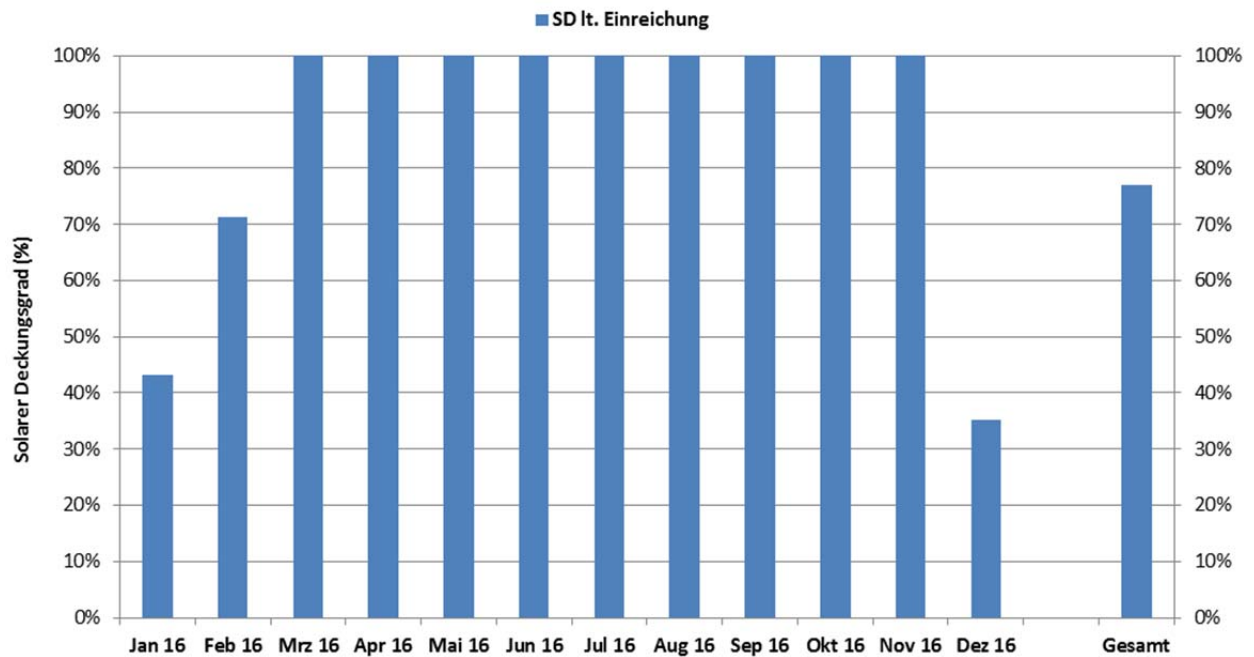


Abbildung 7: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Lindenberger

Der mit der Simulationsrechnung ermittelte Gesamtwärmeverbrauch wurde zu 8,3 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 8 zu entnehmen.

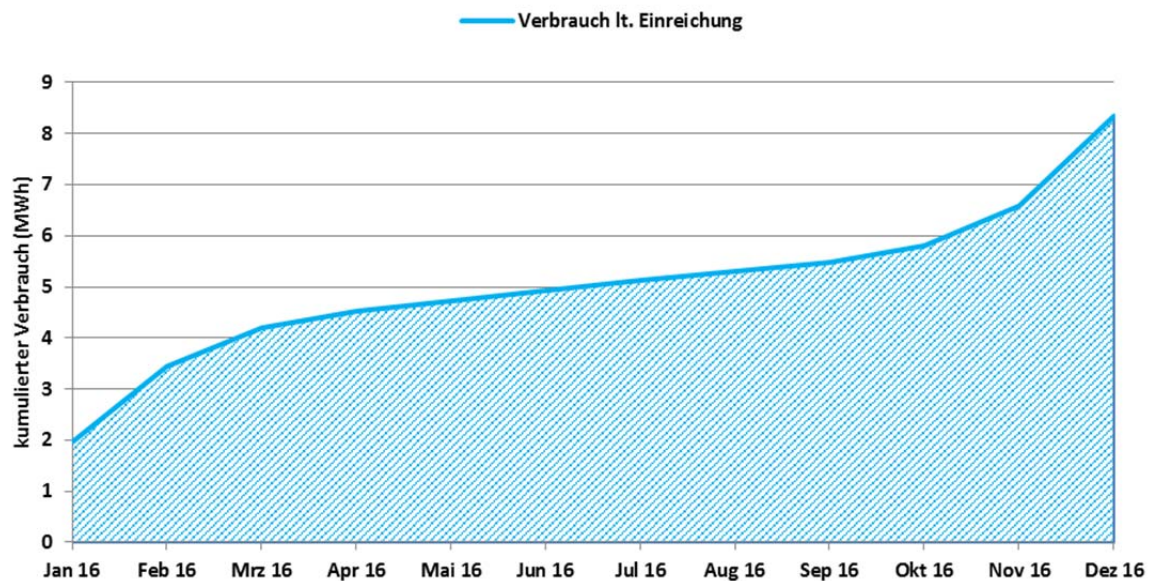


Abbildung 8: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Lindenberger

7.1.4 Anlagen Status Quo

Das Gebäude befindet sich derzeit noch im Bau. Das Haus soll aber im Sommer 2016 bezogen werden. Der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

7.2 Solarhaus Maier, OÖ

7.2.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Maier
<u>Standort:</u>	Schwertberg
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	34 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	327,9 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	76,57 m ² Flachkollektor
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	69,77 m ²
<u>Neigung:</u>	90°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	29° aus Süden in Richtung Osten
<u>Energiespeichervolumen:</u>	2x 4.500 Liter, 60 m ³ Bauteilaktivierung von Decke Erdgeschoß und Kellergeschoß
<u>Nachheizungssystem:</u>	Kachelofen, Pelletskessel
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	70% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	167,6 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Anlage in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um ein eingeschossiges, unterkellertes Gebäude mit 328 m² Energiebezugsfläche (EBF), dessen jeweilige Decken von Erd- und Kellergeschoß thermisch aktiviert werden (Abbildung 9). Auch die Nordwand des Gebäudes ist thermisch aktiviert, wodurch die Wärmeverluste des Gebäudes in der kalten Jahreszeit reduziert werden sollen. Zusätzlich werden zwei seriell verschaltete Pufferspeicher mit je 4.500 Litern eingesetzt.

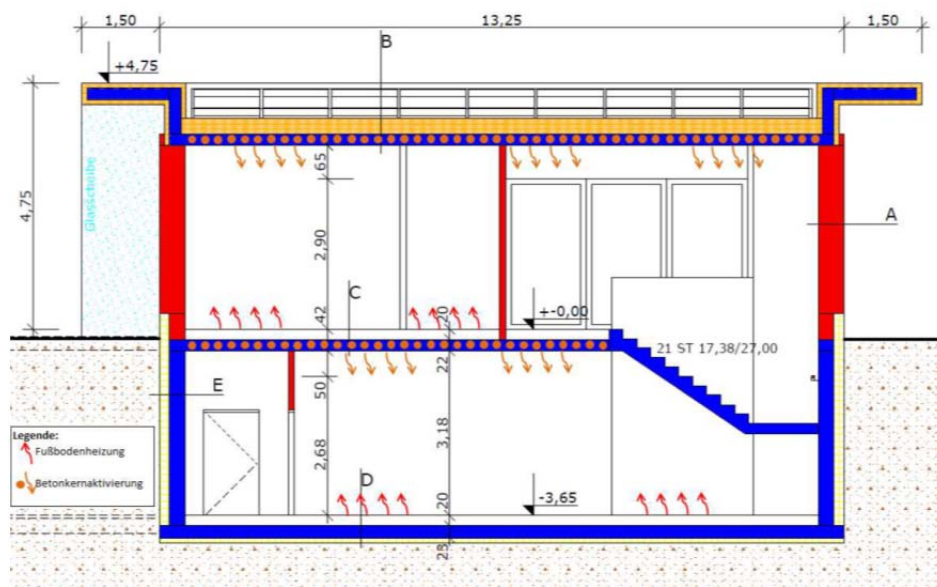


Abbildung 9 Schematischer Schnitt durch das Gebäude (Quelle: Institute of Building Research & Innovation)

Die Wärmeversorgung geschieht zum wesentlichen Teil (70% laut Einreichung) mit Hilfe der 76 m² Bruttokollektorfläche umfassenden Solaranlage, die als senkrechttes Solarsegel in die Südostfassade integriert wird (Abbildung 10).



Abbildung 10 Rendering des Gebäudes (Quelle: Bauherr)

Als Nachheizung sind zwei Systeme vorgesehen: Im Wohnraum wird ein wassergeführter Kachelofen gesetzt und zusätzlich wird ein Brennwert-Pelletsessel mit Stirling-Modul für Stromerzeugung im Heizraum installiert.

7.2.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Maier ist als Blockschaltbild in Abbildung 11 dargestellt. Die Solaranlage kann entweder über interne Wärmetauscher Energie direkt in die seriell verschalteten Pufferspeicher einschichten oder solare Wärme auf niedrigem Temperaturniveau in die Bauteilaktivierung einbringen. Um die Solaranlage im Sommer zu entlasten, kann diese über die Tiefgarage oder den Pool rückgekühlt werden. Sowohl der Kaminofen, als auch der Pelletsessel liefern Energie in den heißeren Puffer, wobei der Pelletsessel den Rücklauf aus dem zweiten, kühleren Puffer bezieht. Um den Stirling Motor effizient zu betreiben ist eine möglichst hohe Temperaturspreizung notwendig. Hinzu kommt, dass es sich bei dem Pelletsessel um ein Brennwertgerät handelt. Eine Rücklaufanhebung ist daher nicht vorzusehen.

Warmwasser wird über einen externen Wärmetauscher (Frischwasserstation) produziert. Zusätzlich ist eine Zirkulationsleitung vorgesehen. Die beiden Fußbodenheizungskreise werden exergetisch optimiert mit Hilfe von 5-Wege-Ventilen aus den Pufferspeichern versorgt.

Das Monitoringkonzept umfasst 10 Wärmemengenzähler, 2 Durchflusszähler, 4 Ventilstellungen, 36 Temperatursensoren, 2 Stromzähler und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

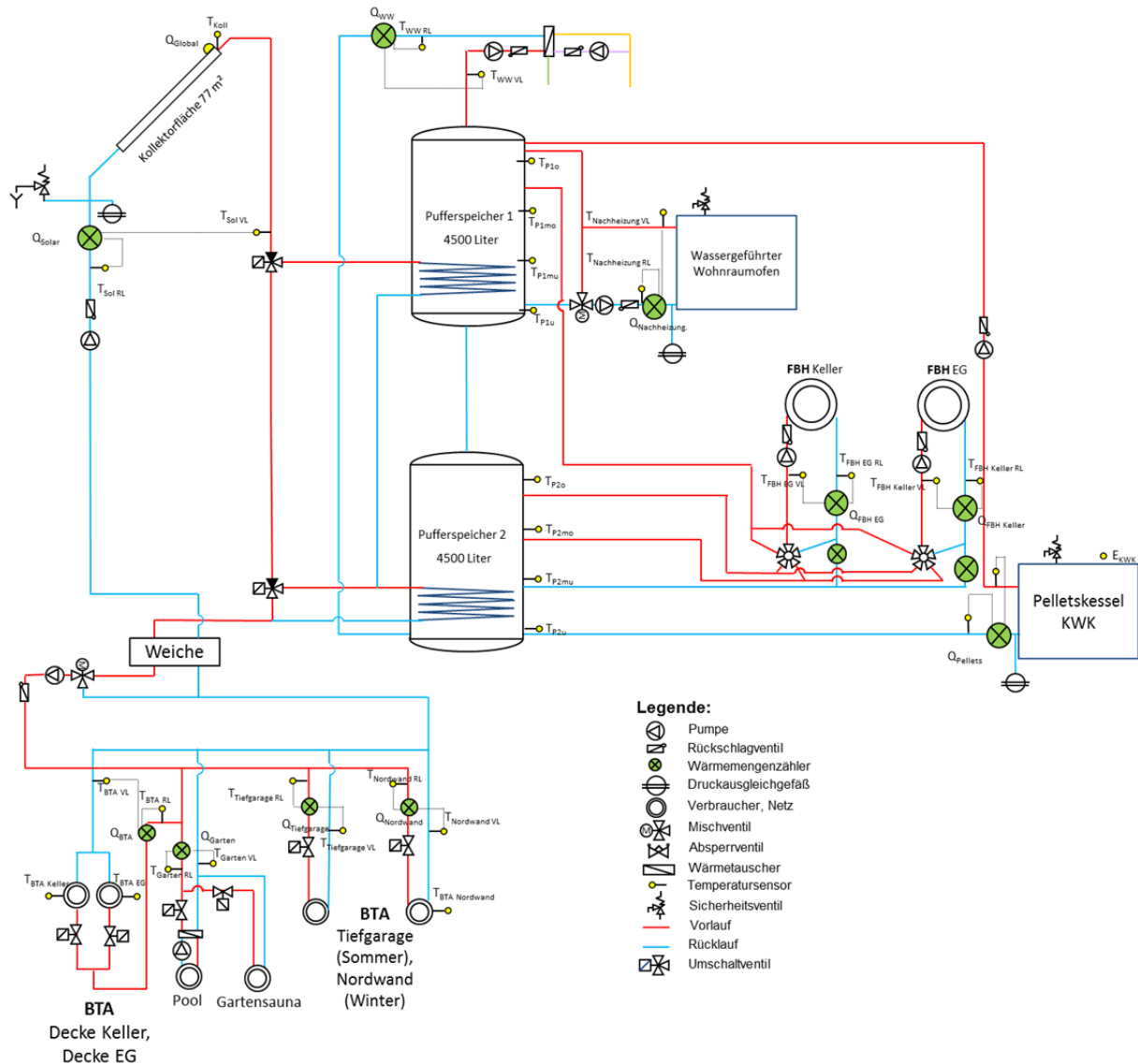


Abbildung 11: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Maier
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur, Druck und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

Q_{Global}	Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
$T_{\text{Sol VL}}$	Vorlauftemperatur Solarprimärkreis
$T_{\text{Sol RL}}$	Rücklauftemperatur Solarprimärkreis
Q_{Solar}	Wärmemengenzähler Solarkreis
G_{SP1}	Stellung des Umschaltventils zur Beladung von Puffer 1
G_{SP2}	Stellung des Umschaltventils zur Beladung von Puffer 2

Speicher 1

T_{P1o}	Pufferspeichertemperatur 1 oben
T_{P1mo}	Pufferspeichertemperatur 1 mitte oben
T_{P1mu}	Pufferspeichertemperatur 1 mitte unten
T_{P1u}	Pufferspeichertemperatur 1 unten

Speicher 2

T_{P2o}	Pufferspeichertemperatur 2 oben
T_{P2mo}	Pufferspeichertemperatur 2 mitte oben
T_{P2mu}	Pufferspeichertemperatur 2 mitte unten
T_{P2u}	Pufferspeichertemperatur 2 unten

Schiedl-Wasserofen

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

Pelletsessel

Q_{Pellets}	Wärmemengenzähler Pelletsessel
$T_{\text{Pellets VL}}$	Vorlauftemperatur Pelletsessel
$T_{\text{Pellets RL}}$	Rücklauftemperatur Pelletsessel

Warmwasserbereitung

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

Fußbodenheizung

$Q_{\text{FBH EG}}$	Wärmemengenzähler Fußbodenheizung EG
$T_{\text{FBH EG VL}}$	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung EG
$T_{\text{FBH EG RL}}$	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung EG
$G_{\text{FBH EG}}$	Stellung des 5-Wege-Ventils der Fußbodenheizung EG
$Q_{\text{FBH Keller}}$	Wärmemengenzähler Fußbodenheizung Keller
$T_{\text{FBH Keller VL}}$	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung Keller
$T_{\text{FBH Keller RL}}$	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung Keller
$G_{\text{FBH Keller}}$	Stellung des 5-Wege-Ventils der Fußbodenheizung Keller
$V_{\text{FBH EG}}$	Durchflusssmessung Fußbodenheizung EG
$V_{\text{FBH Keller}}$	Durchflusssmessung Fußbodenheizung Keller

Bauteilaktivierung, Pool, Gartensauna

Q_{BTA}	Wärmemengenzähler BTA Decke Keller, Decke EG
$T_{\text{BTA VL}}$	Vorlauftemperatur BTA Decke Keller, Decke EG
$T_{\text{BTA RL}}$	Rücklauftemperatur BTA Decke Keller, Decke EG
Q_{Garten}	Wärmemengenzähler Pool, Gartensauna
$T_{\text{Garten VL}}$	Vorlauftemperatur Pool, Gartensauna
$T_{\text{Garten RL}}$	Rücklauftemperatur Pool, Gartensauna
$Q_{\text{Tiefgarage}}$	Wärmemengenzähler Tiefgarage
$T_{\text{Tiefgarage VL}}$	Vorlauftemperatur Tiefgarage
$T_{\text{Tiefgarage RL}}$	Rücklauftemperatur Tiefgarage
Q_{Nordwand}	Wärmemengenzähler BTA Nordwand
$T_{\text{Nordwand VL}}$	Vorlauftemperatur BTA Nordwand
$T_{\text{Nordwand RL}}$	Rücklauftemperatur BTA Nordwand

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
$T_{\text{BTA EG}}$	Bauteilkerntemperatur Erdgeschoß
$T_{\text{BTA Keller}}$	Bauteilkerntemperatur Keller
$T_{\text{BTA Nordwand}}$	Bauteilkerntemperatur Nordwand
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik
E_{KWK}	Stromerzeugung durch den Stirlingmotor

7.2.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 12 bis Abbildung 14) 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 (Solarertrag, solarer Deckungsgrad und Wärmeverbrauch). Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 168 kWh/m²a prognostiziert.

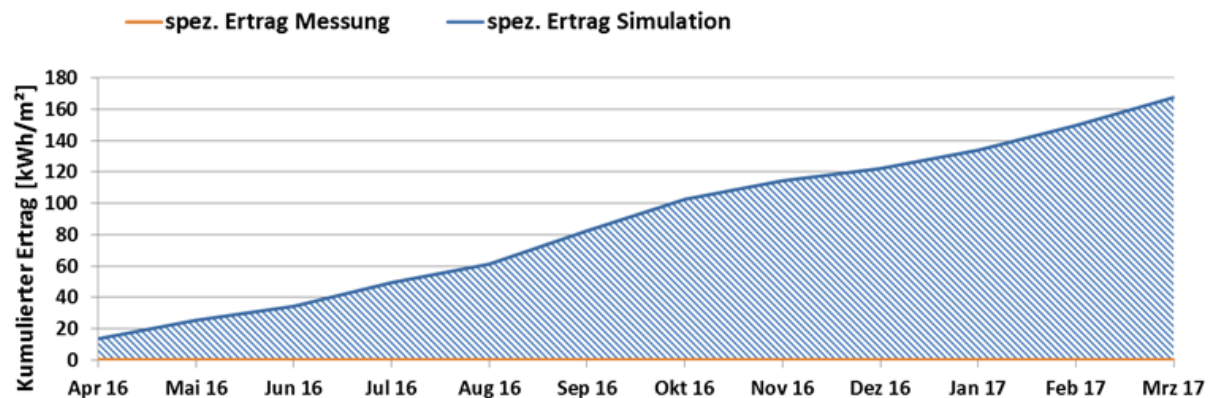


Abbildung 12: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf Aperturfläche) für das Solarhaus Maier

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 70 % angegeben. In den Monaten April bis Oktober liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100% (siehe Abbildung 13).

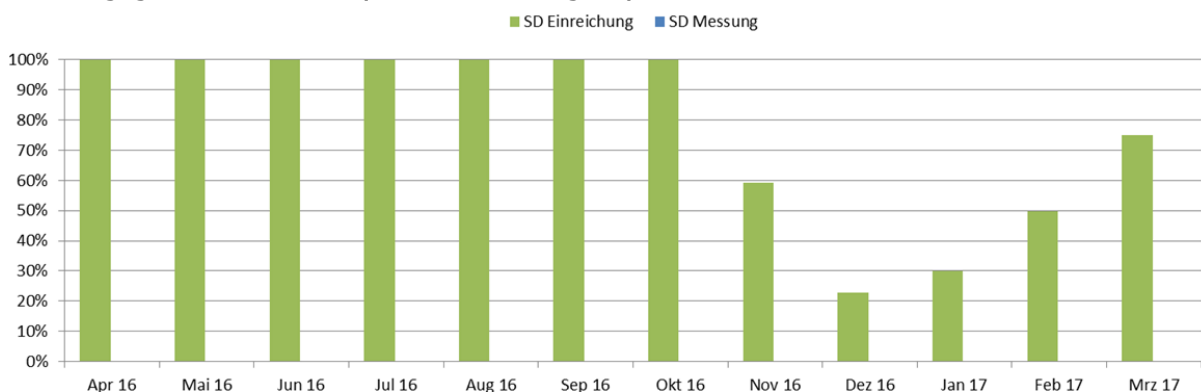


Abbildung 13: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Maier

Der jährliche Gesamtwärmeverbrauch wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 18 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 14 zu entnehmen.

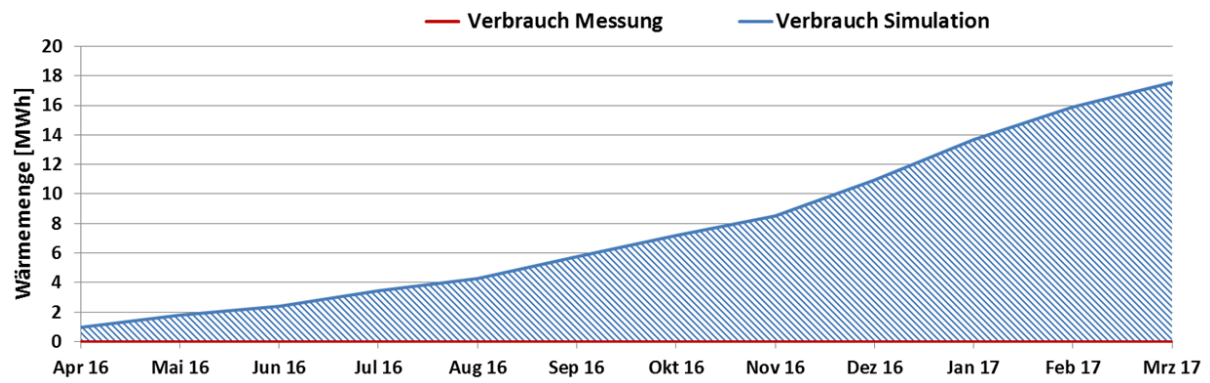


Abbildung 14: Prognostizierter monatlicher Wärmeverbrauch für das Solarhaus Maier

7.2.4 Anlagen Status Quo

Das Gebäude ist derzeit im Bau. Mit einer Fertigstellung des Gebäudes und dem Start der Monitoringphase ist im Herbst 2016 zu rechnen.

7.3 Solarhaus Schachinger, OÖ

7.3.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Schachinger
<u>Standort:</u>	Schwertberg
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	42 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	193,5 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	42,42 m ² Flachkollektor
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	38,67 m ²
<u>Neigung:</u>	60°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	Süd
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.200 Liter Wasserpuffer, 92,5 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Pelletsessel
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	70% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	232,8 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Inbetriebnahme der Anlage erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Schachinger handelt es sich um ein zweistöckiges Einfamilienhaus mit 193,5 m² Energiebezugsfläche und Flachdach.



Abbildung 15: Südansicht des Solarhauses Schachinger lt. Einreichplan
(Quelle: exparchitekten)

Die Bodenplatte sowie die beiden Zwischendecken sind thermisch aktiviert, 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 70% erreicht werden. Als Nachheizung dient ein Pelletsessel.

7.3.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Schachinger ist als Blockschaltbild in Abbildung 16 dargestellt. Die Solaranlage liefert einerseits Energie für

die Warmwasserbereitung in den Pufferspeicher und andererseits wird Bauteilaktivierung direkt versorgt. Die Bauteilaktivierung kann ausschließlich von der Solaranlage beladen werden. Der Pelletskessel stellt die Warmwasserversorgung in einstrahlungsarmen Zeiten sicher und versorgt die Fußbodenheizkreise direkt. Zusätzlich ist zur Notversorgung ein elektrischer Heizstab im Pufferspeicher eingebaut. Fünf Wärmemengenzähler, 4 Ventilstellungen, 2 Stromzähler, 20 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

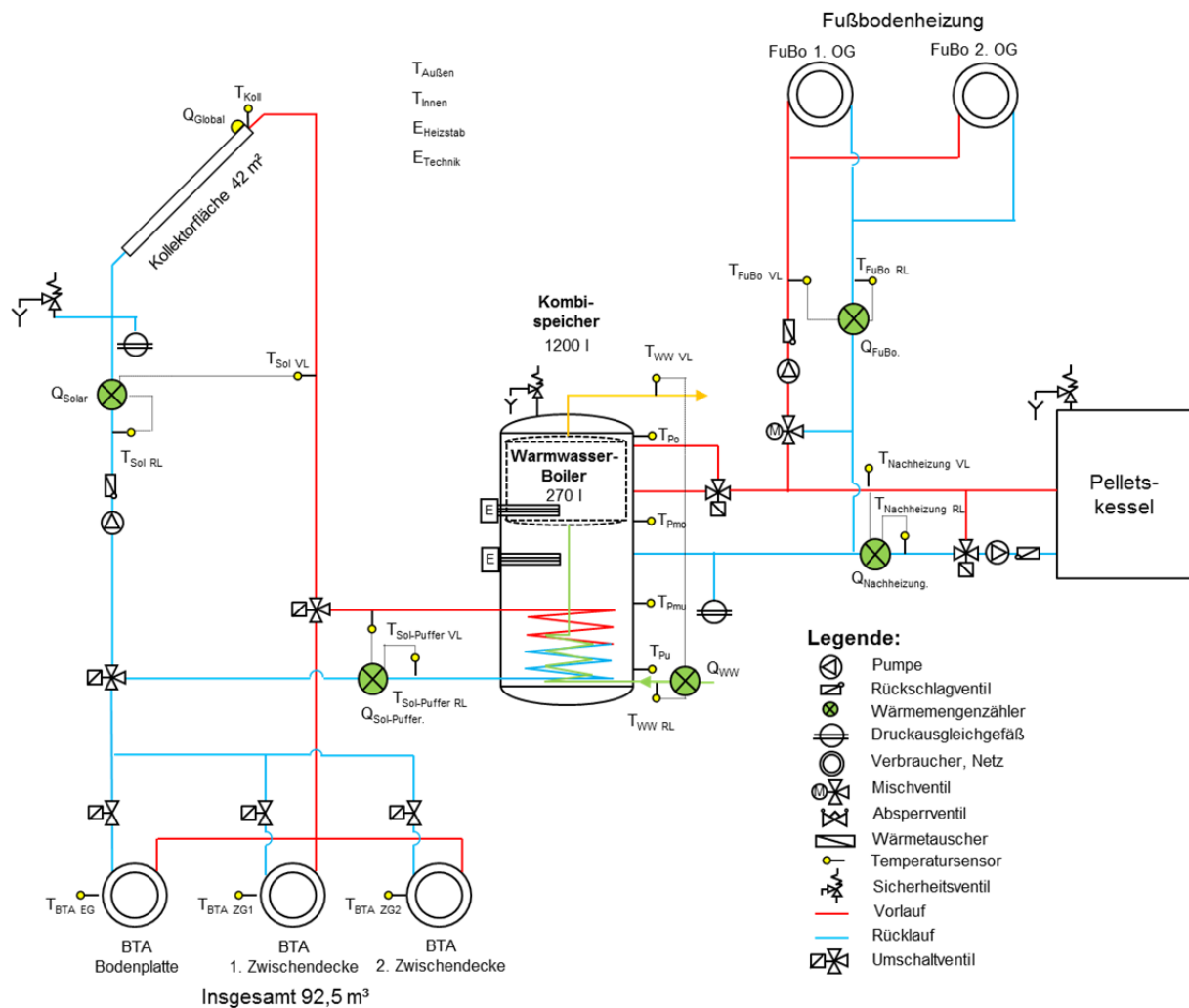


Abbildung 16: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Schachinger (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
Q_{Sol}	Wärmemengenzähler im Solarkreis, gesamt
$T_{\text{Sol VL}}$	Solarvorlauftemperatur gesamt
$T_{\text{Sol RL}}$	Solarrücklauftemperatur gesamt
$Q_{\text{Sol-Puffer}}$	Wärmemengenzähler im Solarkreis, Puffereinspeisung
$T_{\text{Sol-Puffer VL}}$	Solarvorlauftemperatur, Puffereinspeisung
$T_{\text{Sol-Puffer RL}}$	Solarrücklauftemperatur, Puffereinspeisung

$G_{\text{Sol-Puffer}}$	Stellung des Umschaltventils zur Beladung des Puffers
<u>Speicher</u>	
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
<u>Nachheizung</u>	
$Q_{\text{Nachheizung}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung
<u>Fußbodenheizung</u>	
Q_{FuBo}	Wärmemengenzähler Fußbodenheizung
$T_{\text{FuBo VL}}$	Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
$T_{\text{FuBo RL}}$	Rücklauftemperatur Fußbodenheizung
<u>Warmwasser</u>	
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW VL}}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{\text{WW RL}}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
<u>Sonstiges</u>	
$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
$T_{\text{BTA EG}}$	Bauteilkerntemperatur Erdgeschoß
$G_{\text{BTA EG}}$	Stellung des Absperrventils BTA EG
$T_{\text{BTA ZG1}}$	Bauteilkerntemperatur 1. Zwischengeschoß
$G_{\text{BTA ZG1}}$	Stellung des Absperrventils BTA ZG 1
$T_{\text{BTA ZG2}}$	Bauteilkerntemperatur 2. Zwischengeschoß
$G_{\text{BTA ZG2}}$	Stellung des Absperrventils BTA ZG 2
E_{Heizstab}	Strombedarf Heizstab im Puffer
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik

7.3.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 17 bis Abbildung 19) 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 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 59,5 m³ (Wasseräquivalent) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 233 kWh/m²a prognostiziert.

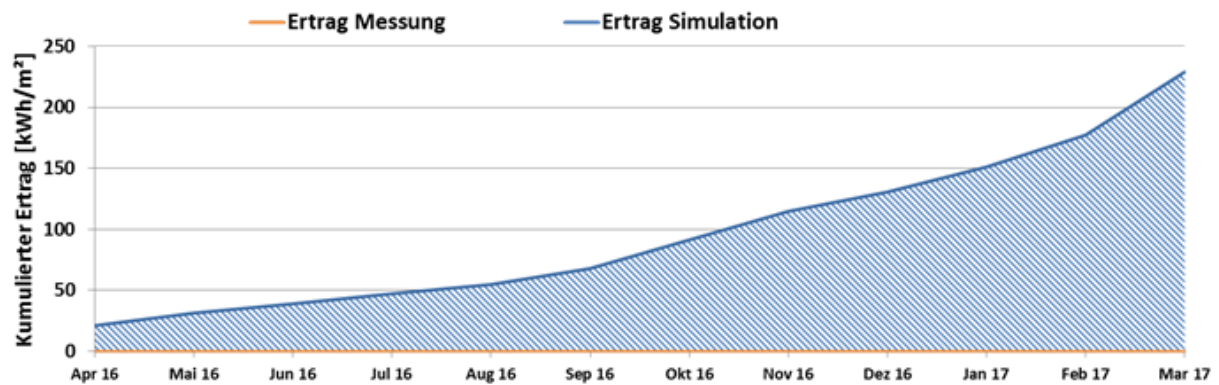


Abbildung 17: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Schachinger

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Einreichers mit rund 70 % angegeben. In den Monaten März bis Oktober liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100% (siehe Abbildung 18).

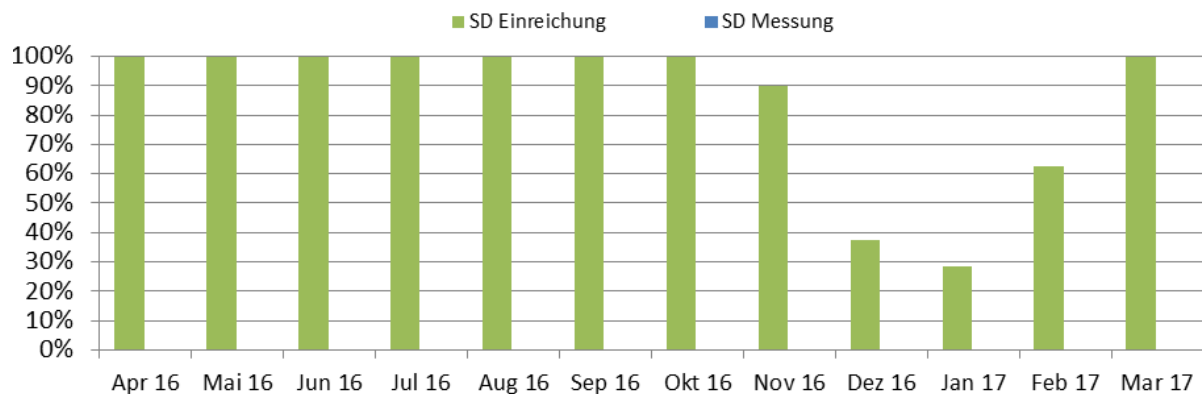


Abbildung 18: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Schachinger

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit rund 11 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 19 zu entnehmen.

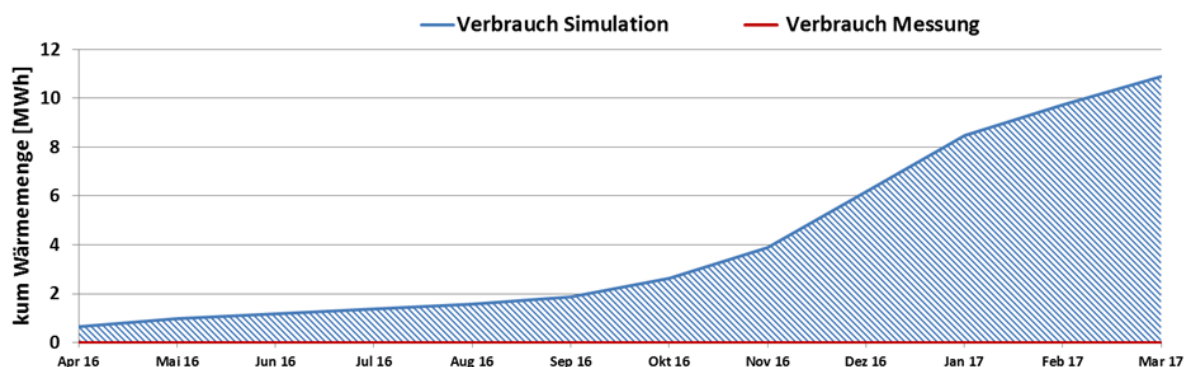


Abbildung 19: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Schachinger

7.3.4 Anlagen Status Quo

Die Inbetriebnahme der Haustechnik ist erfolgt. Der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

7.4 Solarhaus Wieder, OÖ

7.4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Wieder
<u>Standort:</u>	Schwertberg
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	23 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	221,4 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	40,24 m ²
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	36,4 m ²
<u>Neigung:</u>	68°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	Süd
<u>Energiespeichervolumen:</u>	30.800 Liter Wasserspeicher, 116 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Heizpatrone
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	97,7 % (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	270,2 m ² (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Inbetriebnahme der Anlage erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Wieder handelt es sich um ein zweistöckiges Einfamilienhaus mit 221,4 m² Energiebezugsfläche und Flachdach, auf welchem die Solaranlage installiert ist (Abbildung 20). Als zentraler Energiespeicher dient der 30.800 Liter fassende Pufferspeicher. Laut Simulationsbericht in der Einreichphase kann praktisch der gesamte Energiebedarf des Hauses mit Hilfe der Solaranlage gedeckt werden. Als Not-Nachheizung dient ein elektrischer Heizstab, der jedoch manuell zugeschaltet werden muss.



Abbildung 20: Fertig verlegte Bauteilaktivierung Decke Erdgeschoß (links); Südansicht des nahezu fertigen Gebäudes (rechts) (Quelle: Bauherr)

7.4.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem Solarhaus Wieder ist als Blockschaltbild in Abbildung 21 dargestellt.

Mit Hilfe eines 5-Wege-Ventils schichtet die 40 m² große Solaranlage über interne Wärmetauscher die Energie in den 30,8 m³ großen Pufferspeicher oder speist direkt in die Bauteilaktivierung ein. Auf der Verbraucherseite wird sowohl die Warmwasserversorgung, als auch die Wandheizung über 5-Wege-Ventile exergetisch

optimiert bedient. Der große Pufferspeicher hat im oberen Bereich eine ca. 500 Liter fassende Ausbuchtung, in welcher als Notheizung ein elektrischer Heizstab installiert ist. Das ganze Konzept ist auf 100% solare Deckung ausgelegt.

Das Monitoringkonzept umfasst 4 Wärmemengenzähler, 3 Ventilstellungen, 20 Temperatursensoren sowie zwei Stromzähler und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

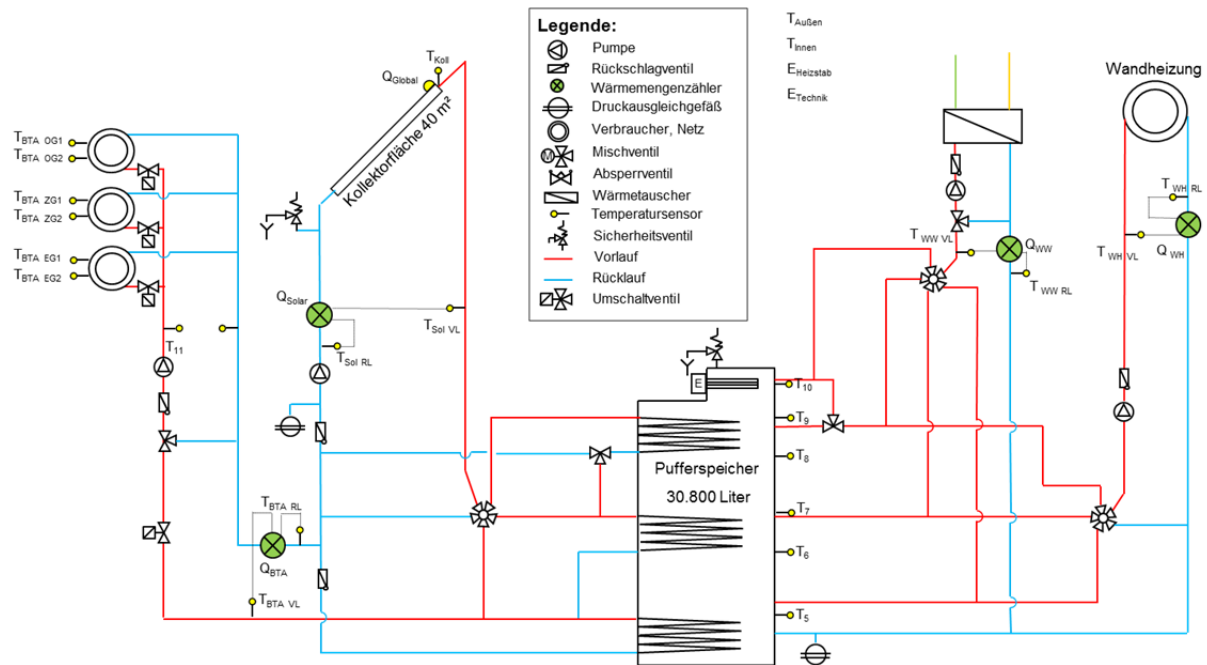


Abbildung 21: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Wieder (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

$Q_{\text{Einstrahlung}}$	Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur Solarkreis
Q_{Solar}	Wärmemengenzähler Solarkreis
$T_{\text{Sol VL}}$	Vorlauftemperatur Solarkreis
$T_{\text{Sol RL}}$	Rücklauftemperatur Solarkreis
G_{Sol}	Stellung des 5-Wege-Ventils im Solarkreis

Bauteilaktivierung

Q_{BTA}	Wärmemengenzähler Bauteilaktivierung
$T_{BTA\ VL}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{BTA\ RL}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
T_{11}	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung nach Beimischung
T_{12}	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung nach Beimischung
T_{BTA}	Bauteil-Kerntemperatur

Speicher 2

T ₁₀	Pufferspeichertemperatur oben
T ₉	Pufferspeichertemperatur
T ₈	Pufferspeichertemperatur

T_7	Pufferspeichertemperatur
T_6	Pufferspeichertemperatur
T_5	Pufferspeichertemperatur unten

Verbraucher Wandheizung

$T_{WH\ VL}$	Vorlauftemperatur Wandheizung
$T_{WH\ RL}$	Rücklauftemperatur Wandheizung
Q_{WH}	Wärmemengenzähler Wandheizung
G_{WH}	Stellung des 5-Wege-Ventils Wandheizung

Warmwasserbereitung

$T_{WW\ VL}$	Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
$T_{WW\ RL}$	Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
Q_{WW}	Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
G_{WW}	Stellung des 5-Wege-Ventils Warmwasserbereitung

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
E_{Heizstab}	Stromzähler elektrischer Heizstab
E_{Technik}	Stromzähler Haustechnik

7.4.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 22 bis Abbildung 24) 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 Wieder.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurde ein Jahressolarertrag von 270 kWh/m² prognostiziert.

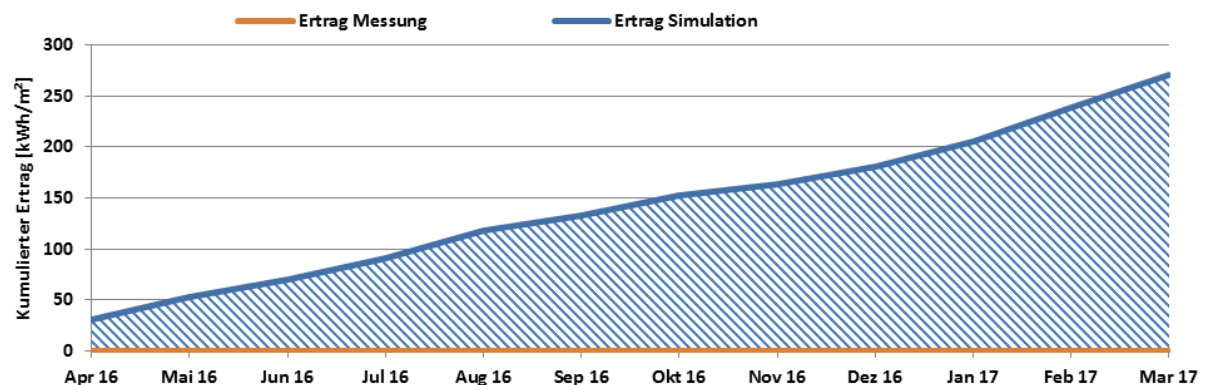


Abbildung 22: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Wieder

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 97 % angegeben (siehe Abbildung 23). Praktisch das ganze Jahr über kann die Solaranlage den gesamten Wärmebedarf decken. Nur im Jänner und Februar wurde eine geringfügige Nachheizung von 200 kWh prognostiziert.

In der Simulation wurde der Einfluss der Bauteilaktivierung nicht berücksichtigt.

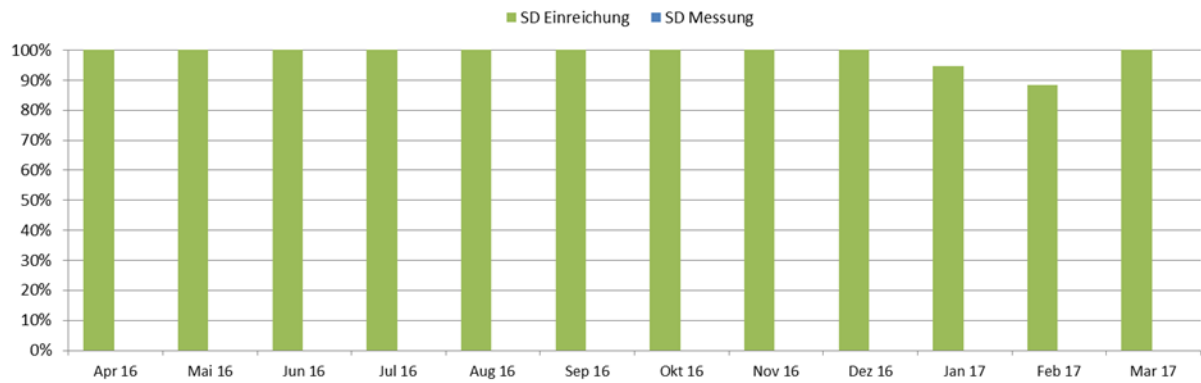


Abbildung 23: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Wieder

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Wieder wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 6 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 24 zu entnehmen.

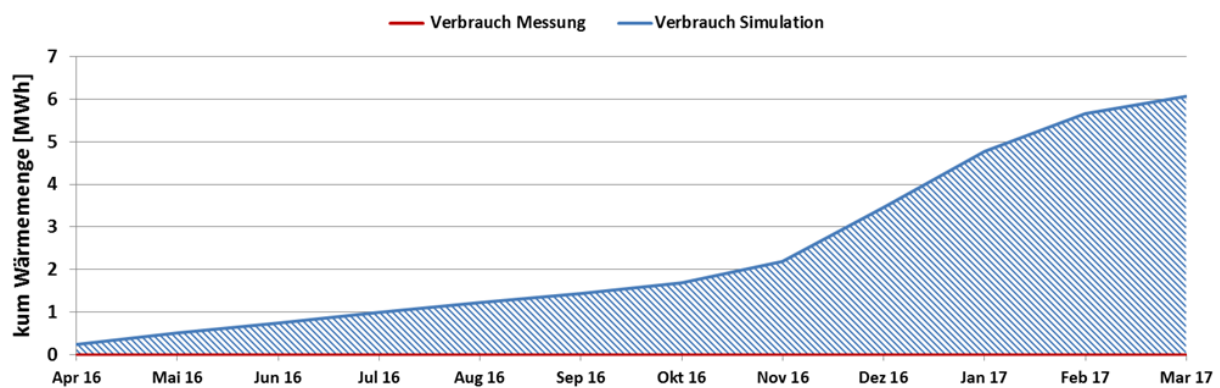


Abbildung 24: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Wieder

7.4.4 Anlagen Status Quo

Die Inbetriebnahme der Haustechnik ist erfolgt. Der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

7.5 Solarhaus Zellhofer, OÖ

7.5.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Zellhofer
<u>Standort:</u>	Eggendorf im Traunkreis
<u>spez. HWB (nach PHPP):</u>	33 kWh/(m ² a)
<u>EBF:</u>	176,4 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	30 m ² Flachkollektor
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	27,35 m ²
<u>Neigung:</u>	70°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	22° aus Süden in Richtung Westen
<u>Energiespeichervolumen:</u>	1.200 Liter Kombispeicher, Bauteilaktivierung mit 62 m ³ horizontalen Betondecken bei Erdgeschoss und Obergeschoss
<u>Nachheizungssystem:</u>	Stückholz-Kachelofen
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	70,3 % (Simulation)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	242 kWh/(m ² a) (Simulation, bezogen auf die Apertur- fläche)
<u>Projektstatus:</u>	Anlage in Umsetzung
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AIT

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um ein nicht unterkellertes, zweigeschossiges Einfamilienhaus mit 176,4 m² Energiebezugsfläche (EBF), dessen Erd- und Obergeschossdecken thermisch aktiviert werden. Zusätzlich wird ein Kombispeicher mit einem Gesamtvolumen von 1.200 l als Pufferspeicher eingesetzt. An einem Teil der nördlichen Außenwand ist direkt eine eingeschossige Doppelgarage angebaut. Abbildung 25 zeigt eine Schnittdarstellung des Gebäudes und der angrenzenden Garage.

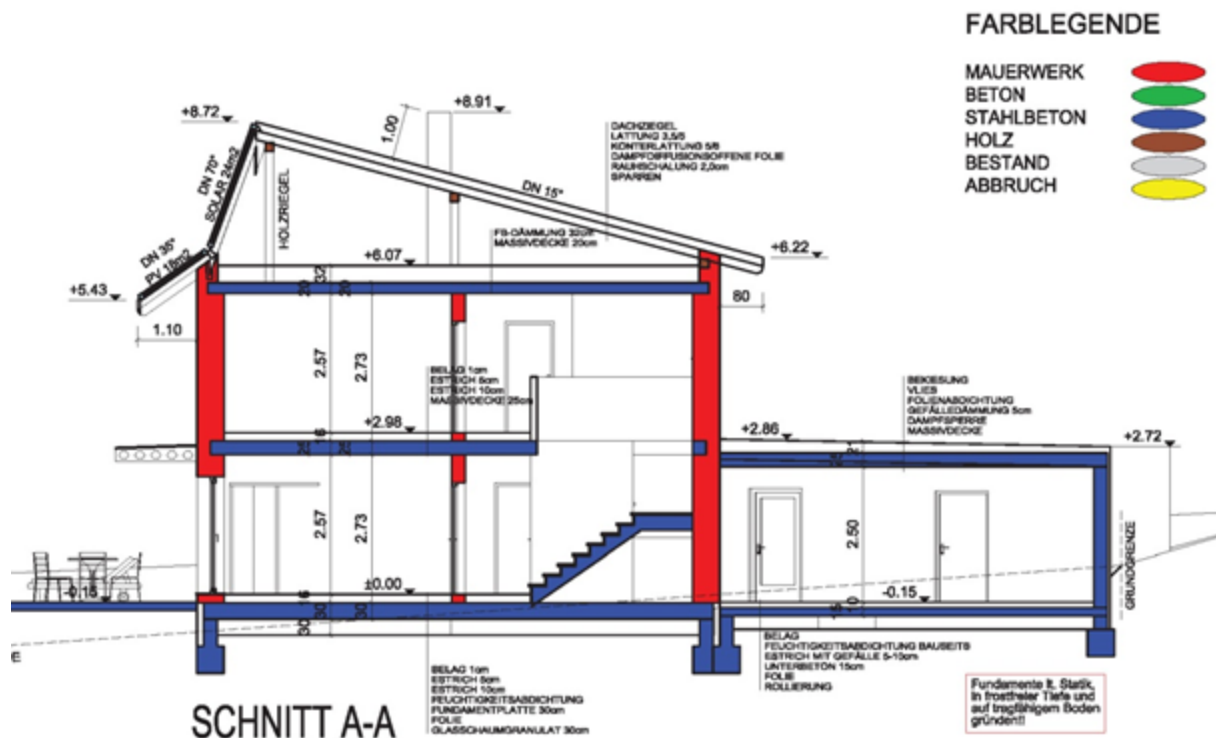


Abbildung 25: Schematischer Schnitt durch das Gebäude und der Garage (Quelle: Einreichplan, Wimberger Bau Ges.m.b.H.)

Die Wärmeversorgung erfolgt zum wesentlichen Teil (70 % laut Einreichung) mit Hilfe der solarthermischen Flachkollektoren, welche eine Bruttokollektorfläche von 30 m² aufweisen. Die Azimut-Ausrichtung des Gebäudes sowie der Kollektorfläche ist Süd-Südwest und die Neigung der Solarthermiekollektoren beträgt 70° (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26: Süd-Südwest-Ansicht des Gebäudes (Quelle: Einreichplan, Wimberger Bau Ges.m.b.H.)

Als Nachheizsystem wird ein im Wohnzimmer befindlicher Stückholz-Kachelofen eingesetzt. Dieser Kachelofen ist mit mehreren wasserführenden Absorberelementen ausgestattet, welche zusätzlich die Einbindung des Kachelofens in das hydraulische Wärmeverteilsystem des Gebäudes ermöglichen. Als Nachheizsystem für die Warmwasserbereitung dient ein Elektroheizstab.

Zur Eigenstromversorgung ist ebenfalls in der nach Süd-Südwest ausgerichteten Dachfläche des Gebäudes eine Photovoltaikanlage mit einer Neigung von 35°

vorgesehen, welche einen Stromspeicher und ein hausinternes Gleichstromnetz mit elektrischer Energie versorgen soll.

7.5.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem zum Solarhaus Zellhofer ist als Blockschaltbild in Abbildung 27 dargestellt.

Die Solaranlage kann entweder über einen internen Wärmeübertrager den Kombispeicher beheizen oder solare Wärme direkt in die Bauteilaktivierung in den beiden Geschossdecken einbringen. Zusätzlich ist eine Erdreich-Aktivierung unterhalb der erdanliegenden Geschossdecke vorgesehen.

Dem Stückholz-Kachelofen kann mit Hilfe von sieben zwischen den Schamott-Steinen integrierten, seriell verschalteten Absorberelementen Wärmeenergie entzogen werden. Der Wasservolumenstrom über die Absorberflächen soll lt. Planung 3-4 l/min betragen, um eine entsprechende Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf zu erzielen. Aus diesem Grund wird ein Drosselventil nach der Kachelofen-Kreispumpe eingebaut.

Wärmeenergie, die dem Kachelofen über die Absorberelemente entzogen wird, wird einerseits über die Fußbodenheizung im Gebäude verteilt und andererseits zur Nachwärmung des Kombispeichers verwendet.

Das Team der Begleitforschung hat vor dem Bau der Heizungshydraulik darauf hingewiesen, dass unkontrollierte Strömungen über den Kachelofen-Heizkreis verhindert werden sollten, die bei Betrieb des Fußboden-Heizkreises entstehen, wenn der Stückholz-Kachelofen nicht in Betrieb ist. Diese Strömungen verursachen Wärmeverluste über den Kamin des Kachelofens und können mit einfachen Ventilen verhindert werden.

Die im Gebäude ausgeführten Fußbodenheizflächen sind mit rund 20 m² je Geschossebene relativ klein gehalten. Die Warmwasserbereitung erfolgt im Kombispeicher (aktuelles Gesamtvolumen 1.200 l; Angabe bei Einreichung 950 l) durch den integrierten Edelstahl-Brauchwasserboiler mit einem Volumen von 270 l, welchem zusätzlich ein interner Edelstahl-Wärmeübertrager vorgeschaltet ist. Dieser wärmt das nachströmende kalte Brauchwasser vor und kühlt dadurch den unteren Bereich des Kombispeichers, sodass im Bereich des Solarregisters geringere Temperaturen vorliegen und die Effizienz der Solaranlage gesteigert wird. In den Warmwasserboiler ist zusätzlich ein Elektro-Heizstab eingeschraubt, der das Warmwasser nachwärmt, wenn die Temperatur im umgebenden Pufferspeicher dafür nicht ausreicht.

Das Messkonzept umfasst fünf Wärmemengenzähler, zwei Stromzähler, 15 Temperatursensoren, vier Ventilstellungen und einen Globalstrahlungssensor in der Kollektorebene.

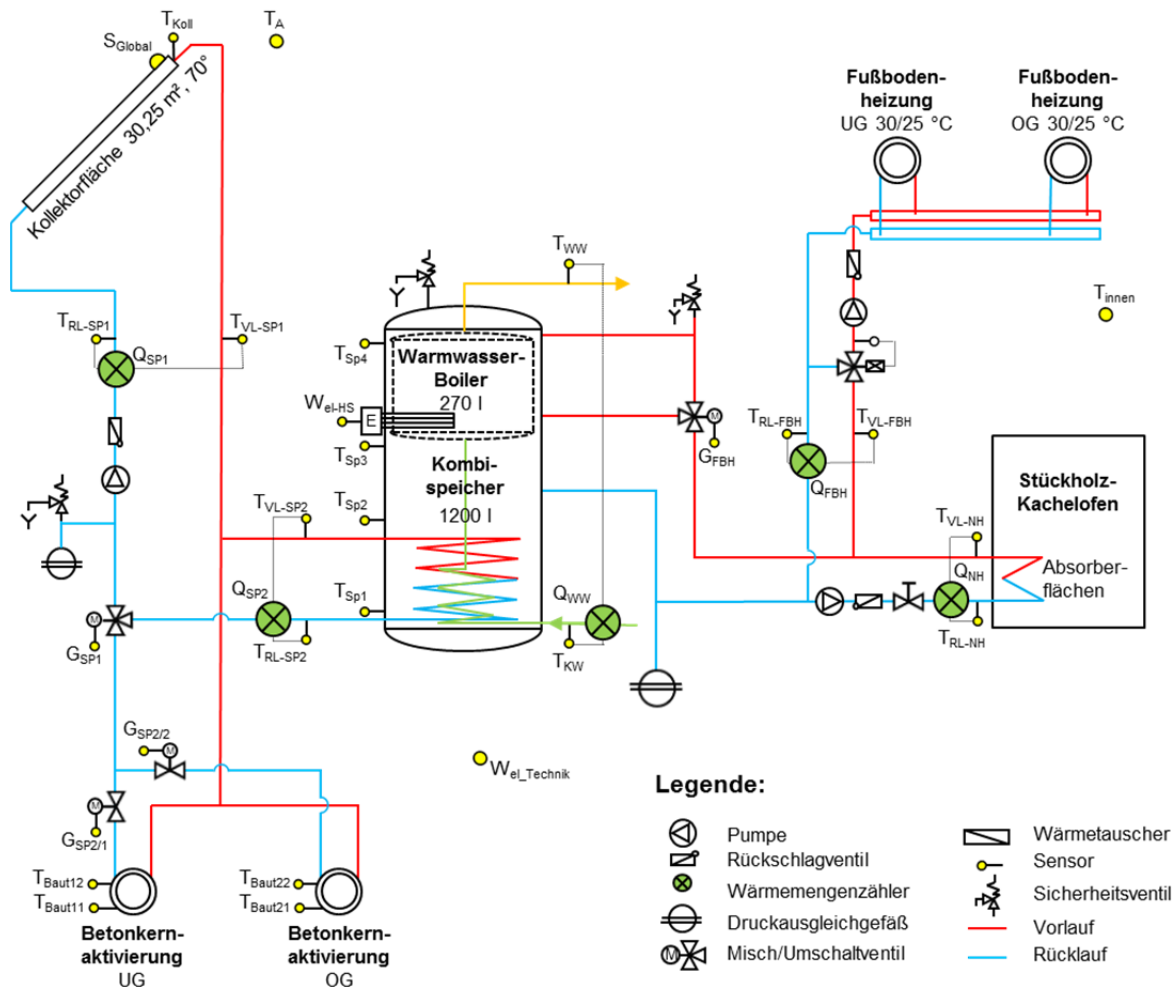


Abbildung 27: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Zellhofer (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
G_{SP1}	Stellung des Umschaltventils zur Ladung des Kombi-Speichers bzw. zur Betonkernaktivierung
$G_{SP2/1}$	Stellung des Umschaltventils für die Betonkernaktivierung im Untergeschoss
$G_{SP2/2}$	Stellung des Umschaltventils für die Betonkernaktivierung im Obergeschoss
T_{VL-SP1}	Vorlauftemperatur Solarkreis
T_{RL-SP1}	Rücklauftemperatur Solarkreis
Q_{SP1}	Wärmemengenzähler Solarkreis
T_{VL-SP2}	Vorlauftemperatur Solarkreis am Kombi-Speicher
T_{RL-SP2}	Rücklauftemperatur Solarkreis am Kombi-Speicher
Q_{SP2}	Wärmemengenzähler Solarkreis an Kombi-Speicher

Kombi-Speicher

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

T_{Sp4} Temperatur oben
 G_{FBH} Stellung des Umschaltventils zur Entnahme bzw. Ladung des Kombispeichers

Stückholz-Kachelofen (Nachheizung)

T_{VL-NH} Vorlauftemperatur Stückholz-Kachelofen
 T_{RL-NH} Rücklauftemperatur Stückholz-Kachelofen
 Q_{NH} Wärmemengenzähler Stückholz-Kachelofen

Warmwasserbereitung

T_{VL-WW} Vorlauftemperatur Warmwasserbereitung
 T_{RL-WW} Rücklauftemperatur Warmwasserbereitung
 Q_{WW} Wärmemengenzähler Warmwasserbereitung
 W_{el-HS} Stromzähler E-Heizstab für Warmwasserbereitung

Fußbodenheizung

T_{VL-FBH} Vorlauftemperatur Fußbodenheizung
 T_{RL-FBH} Rücklauftemperatur Fußbodenheizung
 Q_{FBH} Wärmemengenzähler Fußbodenheizung

Bauteilaktivierung

T_{Baut11} Bauteiltemperatur im Betonkern des Untergeschosses
 T_{Baut12} Bauteiltemperatur an der Oberfläche des Untergeschosses
 T_{Baut21} Bauteiltemperatur im Betonkern des Obergeschosses
 T_{Baut22} Bauteiltemperatur an der Oberfläche des Obergeschosses

Heiztechnik

$W_{el-Technik}$ Stromzähler Heiztechnik

Umgebungstemperaturen

T_A Außenlufttemperatur
 T_{innen} Wohnraumtemperatur

7.5.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 28 bis Abbildung 30) 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 40,1 m³ (Wasseräquivalent) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut der Anlagensimulation des Betreibers zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein Jahressolarertrag von 242 kWh/(m²a) erwartet.

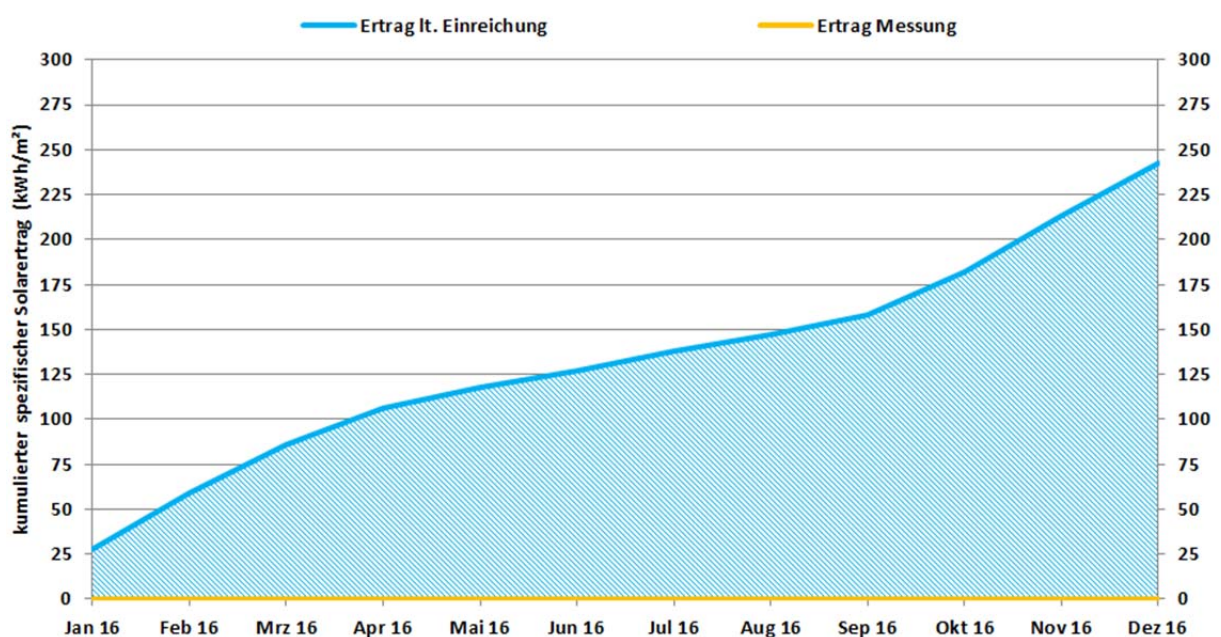


Abbildung 28: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Zellhofer

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wird gemäß der Simulationsrechnung des Betreibers zu rund 70 % prognostiziert. In den Monaten Mai bis Oktober liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 100 %. In den Monaten März und April liegen die prognostizierten solaren Deckungsgrade bei 99 bzw. 98 %, wodurch auch für diese Periode von einer nahezu vollständig solaren Deckung des Wärmebedarfs ausgegangen werden kann (siehe Abbildung 29).

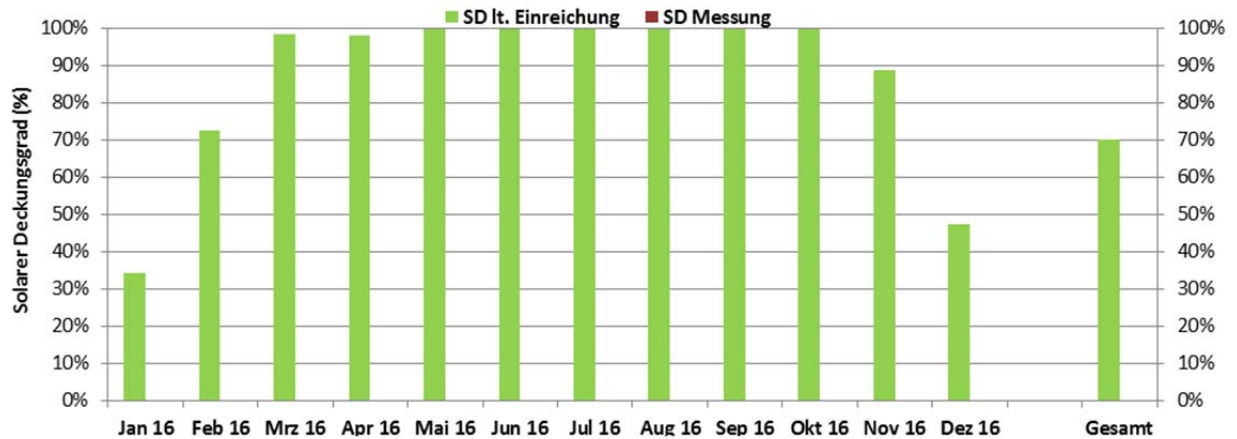


Abbildung 29: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Zellhofer

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung zu 9,4 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 30 zu entnehmen.

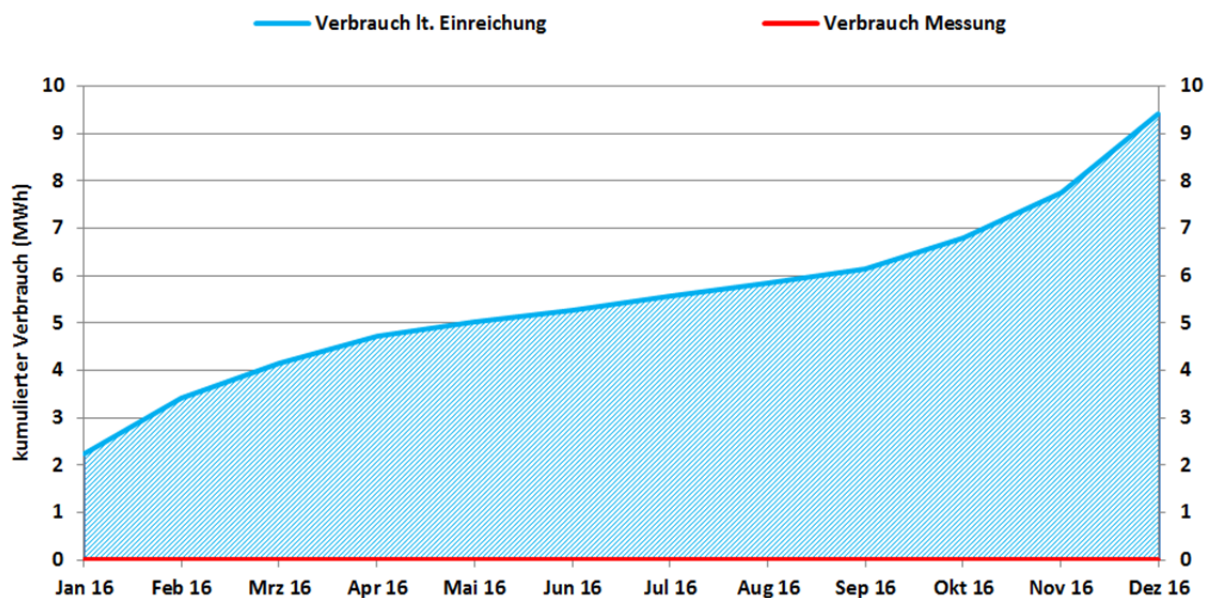


Abbildung 30: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Zellhofer

7.5.4 Anlagen Status Quo

Aufgrund von Terminverschiebungen im Bauablauf befindet sich das Gebäude derzeit noch im Innenausbau. Mit einer Fertigstellung ist im Sommer 2016 zu rechnen und der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

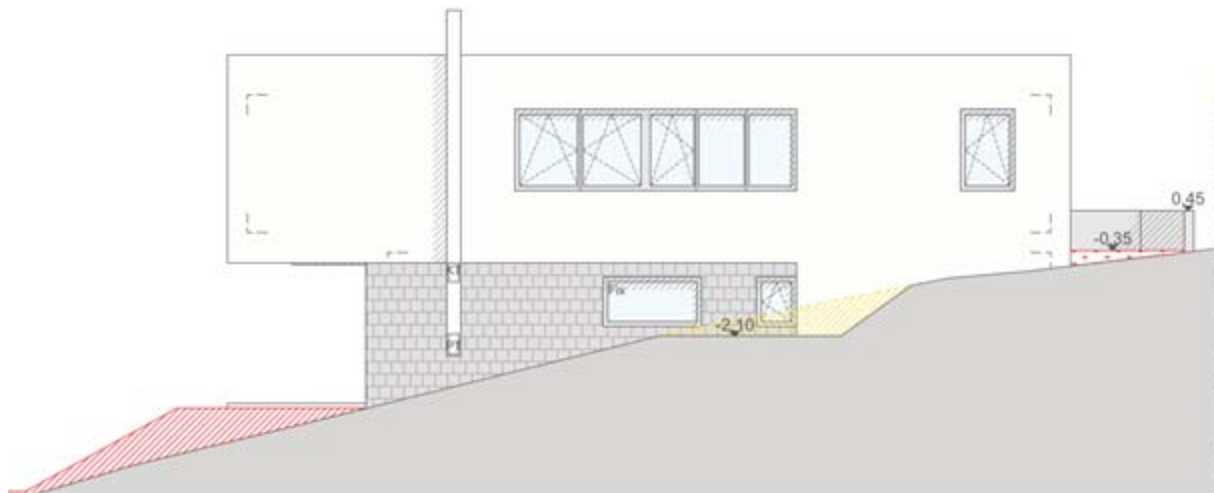


Abbildung 32: Südost Ansicht des Gebäudes Scherling (Quelle: Einreichplan le.u.part architektur)

Als Nachheizsystem wird ein händisch beschickter Stückholzkessel im Wohnzimmer (31 kW, davon etwa 25 kW an wasserführendes Heizsystems und 6 kW luftseitig an die Raumluft) und einer Effizienz größer 90 % verwendet.

7.6.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das Schema des Wärmeversorgungssystems für das Solarhaus Scherling ist in Abbildung 33 ersichtlich.

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

Um ein unnötiges Abmischen der höheren Wärmeschichten zu vermeiden, können die Niedertemperaturabnehmer (Fußbodenheizung, Bauteilaktivierung, Lüftung) den Vorlauf aus einer niedrigeren Lanze beziehen. Der Vorlauf wird je Abnehmer über ein Motorumschaltventil gewählt. Für diese Konfiguration sind die Durchflussmessteile der Wärmezähler in den Vorlauf statt in den Rücklauf einzubauen und entsprechend zu konfigurieren.

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

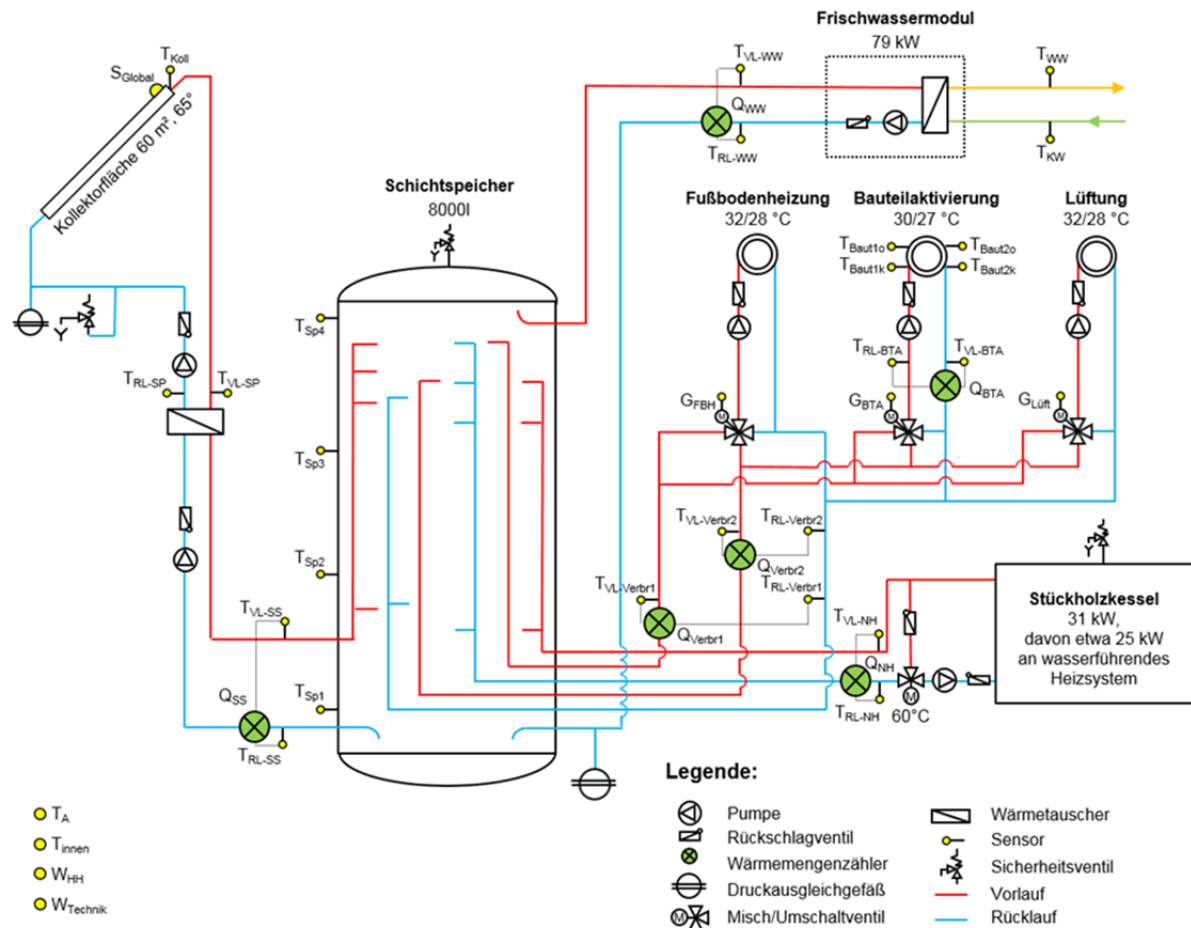


Abbildung 33: Schema Wärmeversorgungssystem für das Solarhaus Scherling

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

Schichtspeicher

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

Stückholzkessel (Nachheizung)

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

Warmwasserbereitung (Frischwassermodule)

T_{WW}	Warmwassertemperatur
-----------------	----------------------

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

Fußbodenheizung

G_{FBH}	Umschaltventil Vorlauf Fußbodenheizung
-----------	--

Bauteilaktivierung

T_{Baut1k}	Bauteiltemperatur im Betonkern
T_{Baut1o}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche
T_{Baut2k}	Bauteiltemperatur im Betonkern
T_{Baut2o}	Bauteiltemperatur an der Oberfläche
T_{VL-BTA}	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
T_{RL-BTA}	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
Q_{BTA}	Wärmezähler Bauteilaktivierung
G_{BTA}	Umschaltventil Vorlauf Bauteilaktivierung

Lüftung

$G_{Lüft}$	Umschaltventil Vorlauf Lüftung
------------	--------------------------------

Heiztechnik

W_{el-HH}	Stromzähler Haushaltsstrom
$W_{el-Technik}$	Stromzähler Technik
$T_{VL-Verbr1}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{RL-Verbr1}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
Q_{Verbr1}	Wärmezähler Bauteilaktivierung
$T_{VL-Verbr2}$	Vorlauftemperatur Bauteilaktivierung
$T_{RL-Verbr2}$	Rücklauftemperatur Bauteilaktivierung
Q_{Verbr2}	Wärmezähler Bauteilaktivierung

Umgebungstemperaturen

T_A	Außenlufttemperatur
T_{innen}	Wohnraumtemperatur

7.6.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 34 bis Abbildung 36) 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. In der Simulation wurde die Bauteilaktivierung nicht berücksichtigt. Es wird jedoch ein positiver Beitrag zum Schichtspeicher erwartet.

Laut Simulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wird ein spezifischer Jahressolarertrag von 184 kWh/(m²a) erwartet.

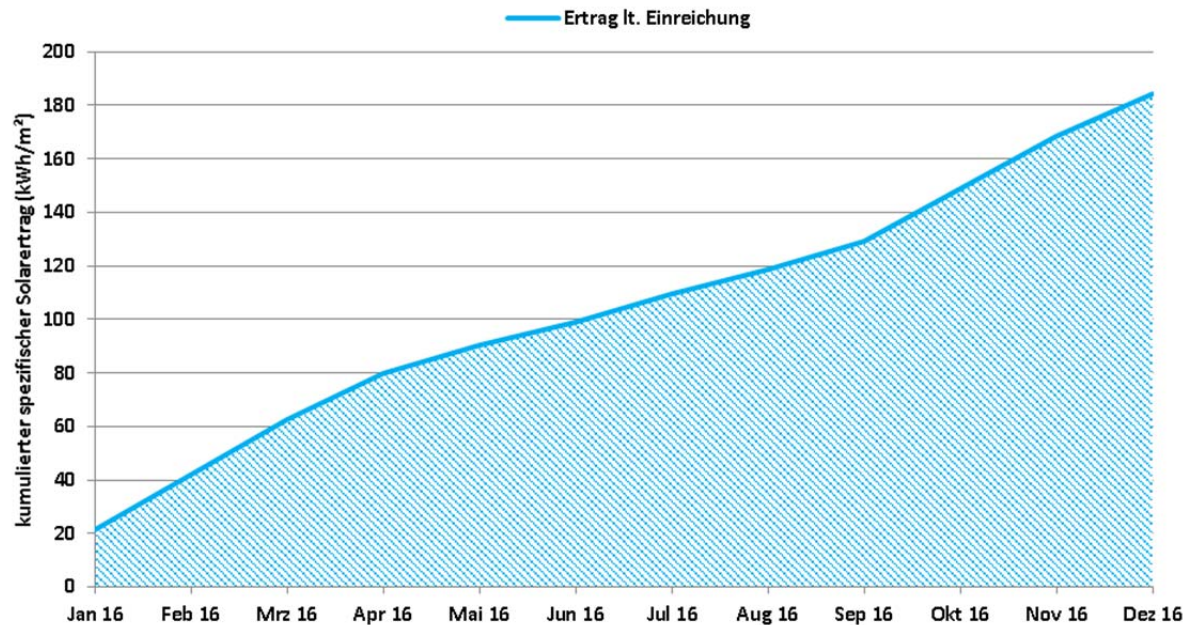


Abbildung 34: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Scherling

Der solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag bezogen auf den Gesamtwärmeinput) wird basierend auf der Simulationsrechnung des Betreibers mit 77,5 % prognostiziert. In den Monaten März bis Oktober wird eine vollständige solare Deckung erwartet (siehe Abbildung 35).

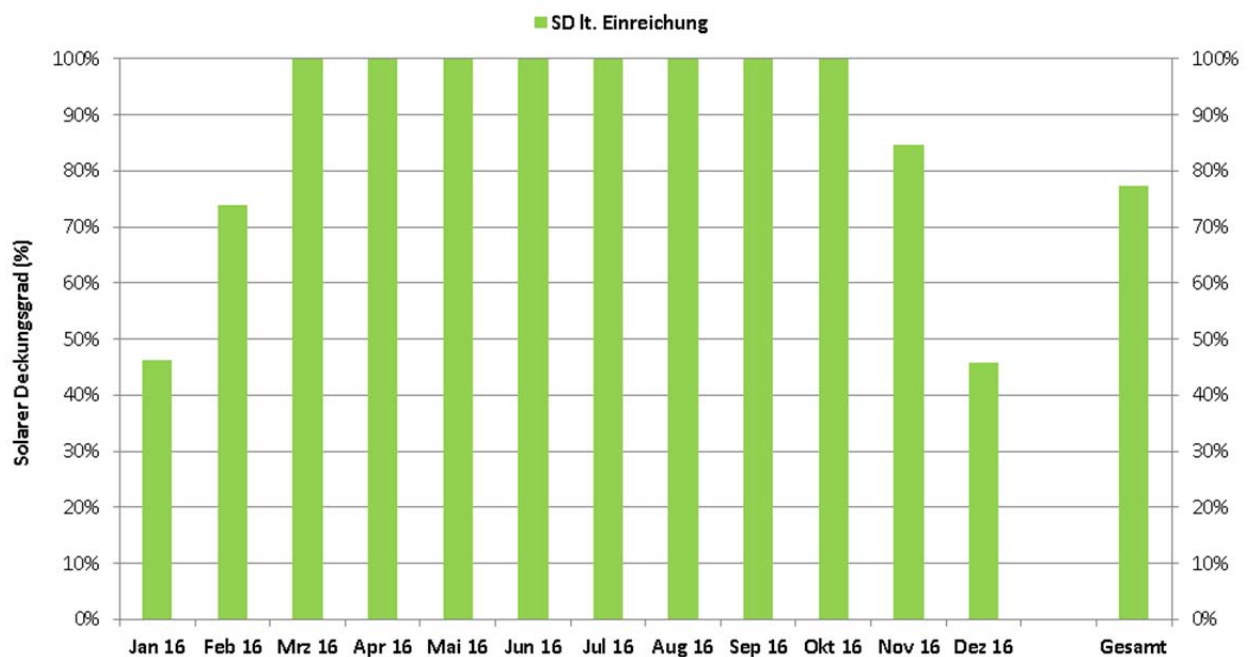


Abbildung 35: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad Solarhaus Scherling

Der jährliche Gesamtwärmebedarf wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 9 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme durch die Verbraucher ist Abbildung 36 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).

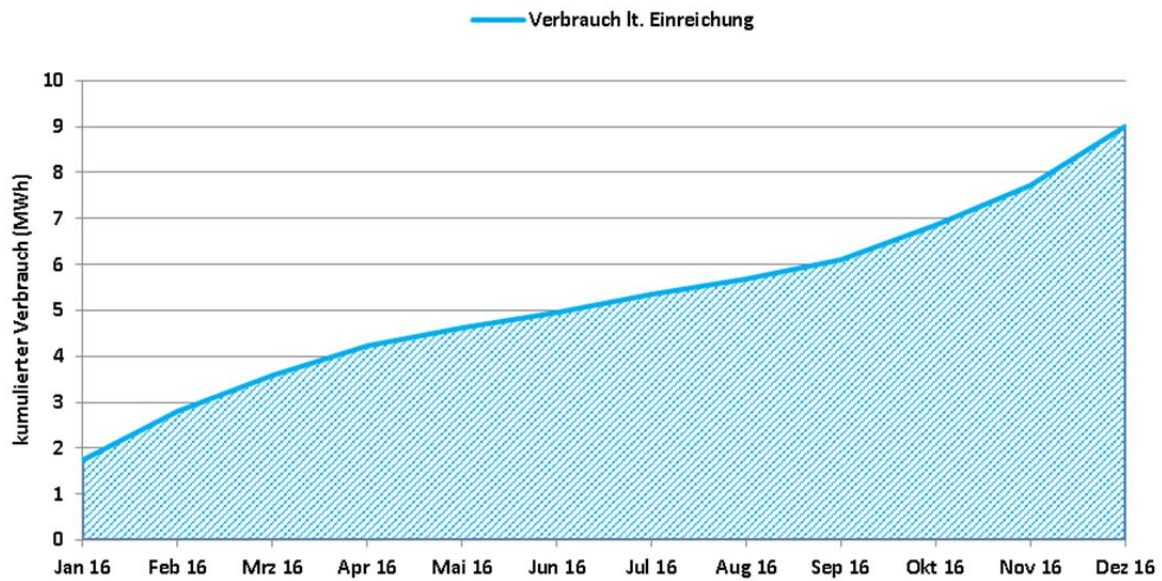


Abbildung 36: Prognostizierter kumulierter Verbrauch des Solarhauses Scherling

7.6.4 Anlagen Status Quo

Der Baufortschritt ist verzögert, wodurch die Anlage voraussichtlich erst mit Ende August 2016 in Betrieb gehen wird. Dementsprechend wird das Haus auch erst später bezogen und der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

7.7 Solarhaus Westreicher, T

7.7.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Westreicher
<u>Standort:</u>	Mieming
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	34 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	142,87 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	20,01 m ² Flachkollektor
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	18,16 m ²
<u>Neigung:</u>	60°
<u>Azimut-Ausrichtung:</u>	5° aus Süden in Richtung Osten
<u>Energiespeichervolumen:</u>	950 Liter Pufferspeicher, 55 m ³ Bauteilaktivierung
<u>Nachheizungssystem:</u>	Kachelofen
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	90,9% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	433,92 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Inbetriebnahme der Anlage erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Westreicher handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit 143 m² Energiebezugsfläche und Flachdach (Abbildung 37). Die Bodenplatte sowie die Zwischendecke sind thermisch aktiviert, der 950 Liter fassende Pufferspeicher dient der Warmwasserbereitung und der Versorgung der Wandheizung. Der Kachelofen ist mit mehreren wasserführenden Absorberelementen ausgestattet, welche zusätzlich die Einbindung des Kachelofens in das hydraulische Wärmeverteilsystem des Gebäudes ermöglichen. Pufferspeicher und Wandheizung werden vom Kachelofen im Schwerkraftbetrieb versorgt.

Für die primäre Wärmeversorgung dient die am Dach montierte Solaranlage. Laut Einreichung ist ein Deckungsgrad von mindestens 90% prognostiziert.



Abbildung 37: Südansicht des Solarhauses Westreicher (Stand: März 2016, Quelle: Bauherr)

7.7.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Westreicher ist als Blockschaltbild in Abbildung 38 dargestellt. Die Solaranlage liefert einerseits Energie für die Warmwasserbereitung in den Pufferspeicher und andererseits wird Bauteilaktivierung direkt versorgt. Die Bauteilaktivierung kann ausschließlich von der Solaranlage beladen werden. Der Kachelofen stellt die Warmwasserversorgung in einstrahlungsarmen Zeiten sicher und versorgt die Wandheizung direkt im Schwerkraftbetrieb. Zusätzlich ist zur

Notversorgung ein elektrischer Heizstab im Pufferspeicher eingebaut. Fünf Wärmemengenzähler, 4 Ventilstellungen, 2 Stromzähler, 19 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

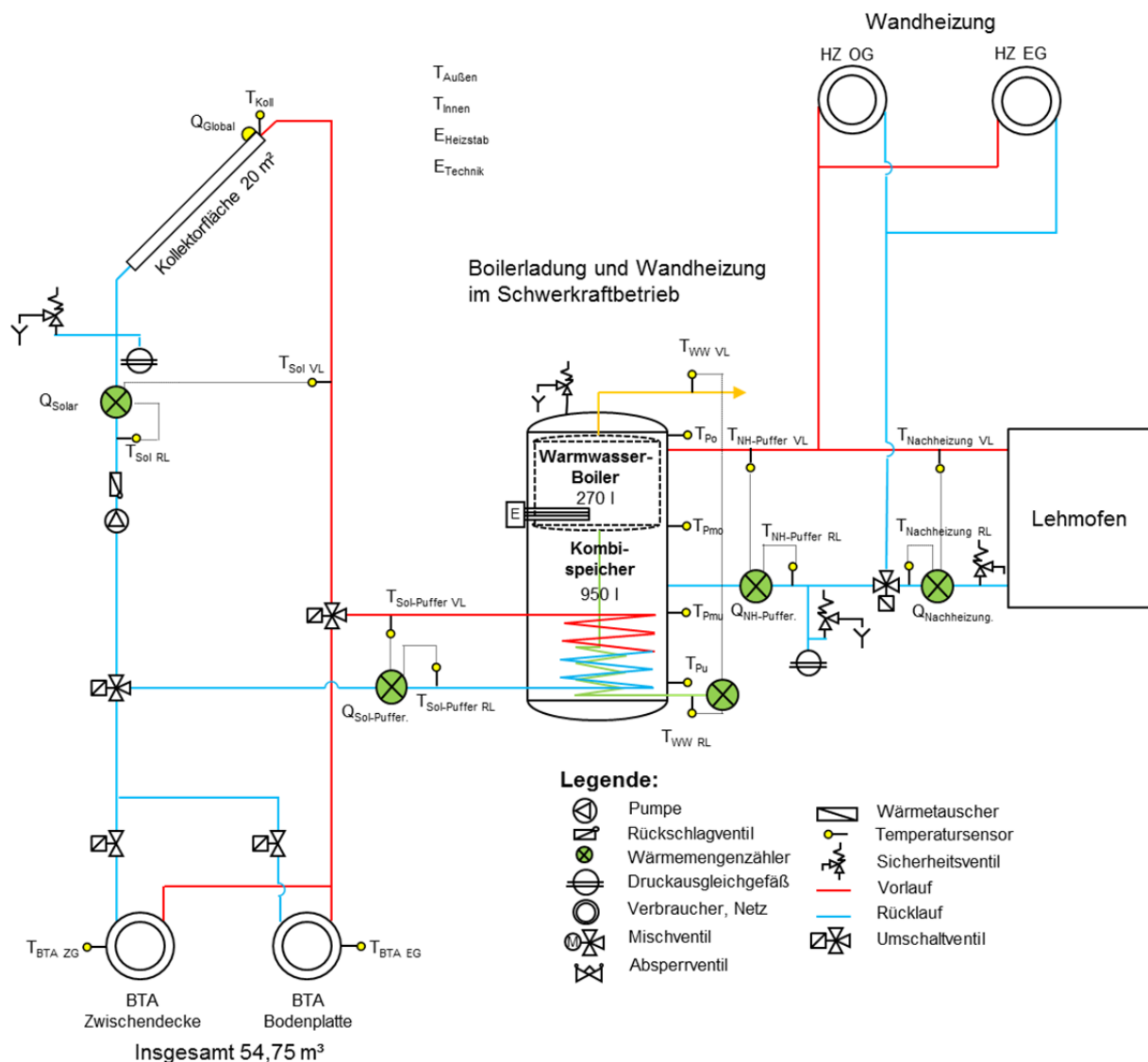


Abbildung 38: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Westreicher (grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

S_{Global}	Globalstrahlungssensor in Kollektorebene
T_{Koll}	Kollektortemperatur
Q_{Sol}	Wärmemengenzähler im Solarkreis, gesamt
$T_{\text{Sol VL}}$	Solarvorlauftemperatur gesamt
$T_{\text{Sol RL}}$	Solarrücklauftemperatur gesamt
$Q_{\text{Sol-Puffer}}$	Wärmemengenzähler im Solarkreis, Puffereinspeisung
$T_{\text{Sol-Puffer VL}}$	Solarvorlauftemperatur, Puffereinspeisung
$T_{\text{Sol-Puffer RL}}$	Solarrücklauftemperatur, Puffereinspeisung
$G_{\text{Sol-Puffer}}$	Stellung des Umschaltventils für die Pufferbeladung

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

$Q_{\text{Nachheizung}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung
$T_{\text{Nachheizung RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung
$G_{\text{Nachheizung}}$	Stellung des Umschaltventils Nachheizung

Nachheizung Puffer

$Q_{\text{NH-Puffer}}$	Wärmemengenzähler Nachheizung Puffer
$T_{\text{NH-Puffer VL}}$	Vorlauftemperatur Nachheizung Puffer
$T_{\text{NH-Puffer RL}}$	Rücklauftemperatur Nachheizung Puffer

Warmwasser

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

Sonstiges

$T_{\text{Außen}}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
$T_{\text{BTA EG}}$	Bauteilkerntemperatur Erdgeschoß
$G_{\text{BTA EG}}$	Stellung des Absperrventils BTA EG
$T_{\text{BTA ZG}}$	Bauteilkerntemperatur Zwischengeschoß
$G_{\text{BTA ZG}}$	Stellung des Absperrventils BTA ZG
E_{Heizstab}	Strombedarf Heizstab im Puffer
E_{Technik}	Strombedarf der Haustechnik

7.7.3 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 Westreicher. 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 36 m³ (Wasseräquivalent) zur Abbildung des Beitrags der Bauteilaktivierung mit T*Sol simuliert.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurde ein Jahressolarertrag von 434 kWh/m² prognostiziert. Dieser Wert erscheint im Vergleich zu den anderen Anlagen und hinsichtlich des hohen prognostizierten Solarertrags als sehr optimistisch.

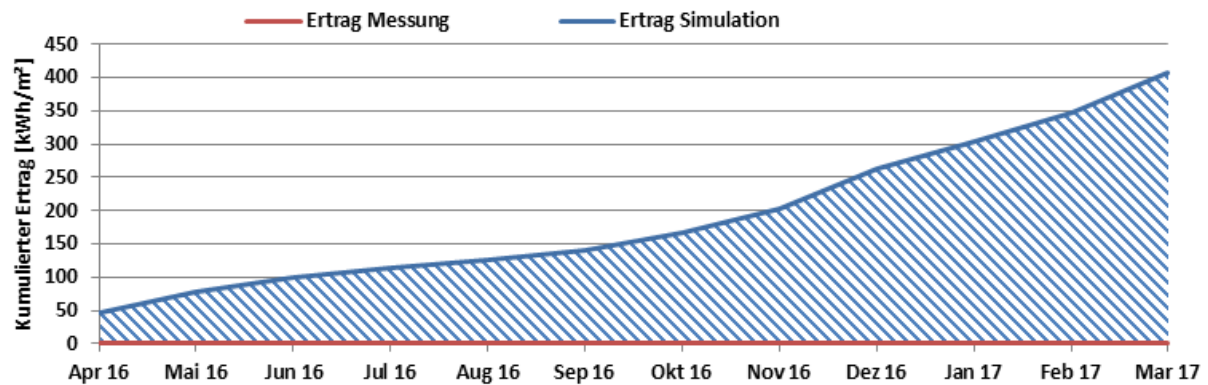


Abbildung 39: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Westreicher

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 91% angegeben (Abbildung 40). In den Monaten Mai bis November wird eine vollständig solare Deckung prognostiziert.

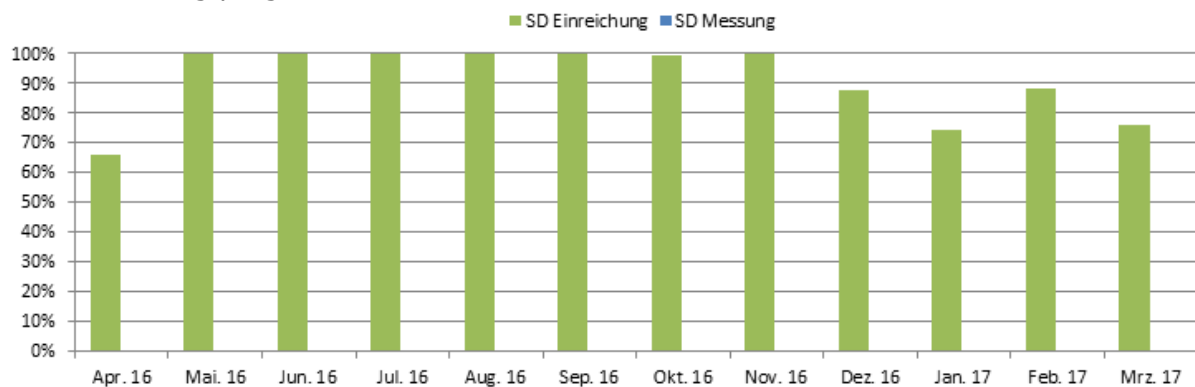


Abbildung 40: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Westreicher

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Westreicher wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 7,9 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 41 zu entnehmen.

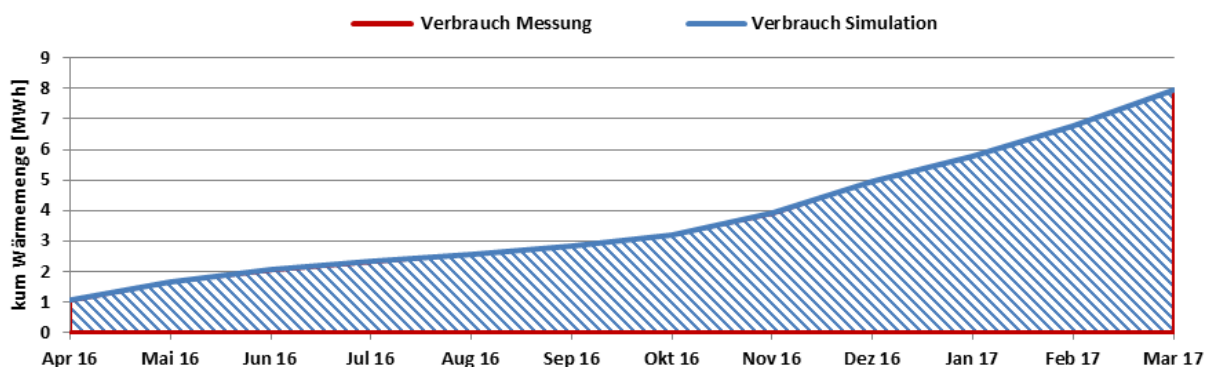


Abbildung 41: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Westreicher

7.7.4 Anlagen Status Quo

Die Inbetriebnahme der Haustechnik ist erfolgt. Der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

7.8 Solarhaus Burtscher, V

7.8.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

<u>Projektname:</u>	Solarhaus Burtscher
<u>Standort:</u>	Thüringen
<u>spez. HWB (nach PHPP)</u>	38 kWh/m ² a
<u>EBF</u>	117,4 m ²
<u>Bruttokollektorfläche:</u>	36,4 m ²
<u>Aperturkollektorfläche:</u>	31,67 m ²
<u>Neigung:</u>	25°
<u>Azimet-Ausrichtung:</u>	41° aus Süden in Richtung Westen
<u>Energiespeichervolumen:</u>	4.300 Liter
<u>Nachheizungssystem:</u>	wassergeführter Kachelofen
<u>Solarer Deckungsgrad:</u>	71% (Einreichung)
<u>Spezifischer Solarertrag:</u>	143,4 kWh/m ² a (Einreichung, bezogen auf die Aperturfläche)
<u>Projektstatus:</u>	Inbetriebnahme der Anlage erfolgt, Beginn der Monitoringphase mit Anfang Heizsaison 2016 geplant
<u>Zuständigkeit Begleitforschung:</u>	AEE INTEC

Beim Bauvorhaben Solarhaus Burtscher handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit 117,4 m² Energiebezugsfläche. Als zentraler Wärmespeicher dient ein 4.300 Liter großer Wasser-Pufferspeicher (Abbildung 42).

Die primäre Wärmeversorgung leistet die ins Satteldach integrierte Solaranlage. Laut Einreichung soll ein Deckungsgrad von rund 71% erreicht werden. Als Nachheizung dient ein wassergeführter Kachelofen. Weiters gibt es einen Mikronetz-Verbund mit dem Nachbarhaus über den im Sommer solare Überschüsse abgegeben werden können.



Abbildung 42: Südansicht des Solarhauses Burtscher (Quelle: Bauherr)

7.8.2 Hydraulik- und Messkonzept

Das gesamte Wärmeversorgungssystem des Solarhauses Burtscher ist als Blockschaltbild in Abbildung 43 dargestellt. Die Solaranlage liefert über einen externen Wärmetauscher und eine Schichtladelanze Energie in den Pufferspeicher. Auch der Kachelofen nutzt eine Schichtladelanze für die Pufferbeladung. Eine Heizpatrone im oberen Bereich des Pufferspeichers dient als Notversorgung. Die Warmwasserbereitung geschieht hier über

einen Boiler, welcher ebenso für die Notversorgung mit einem elektrischen Heizstab ausgestattet ist. Aus dem Puffer werden – neben der Warmwasserversorgung – Fußbodenheizkreise und die Werkstatt versorgt bzw. sommerlicher Solarüberschuss über das Mikronetz zum Nachbarn verschoben. Fünf Wärmemengenzähler, 3 Stromzähler, 17 Temperatursensoren und ein Globalstrahlungssensor bilden in diesem Projekt die gesamte messtechnische Bestückung.

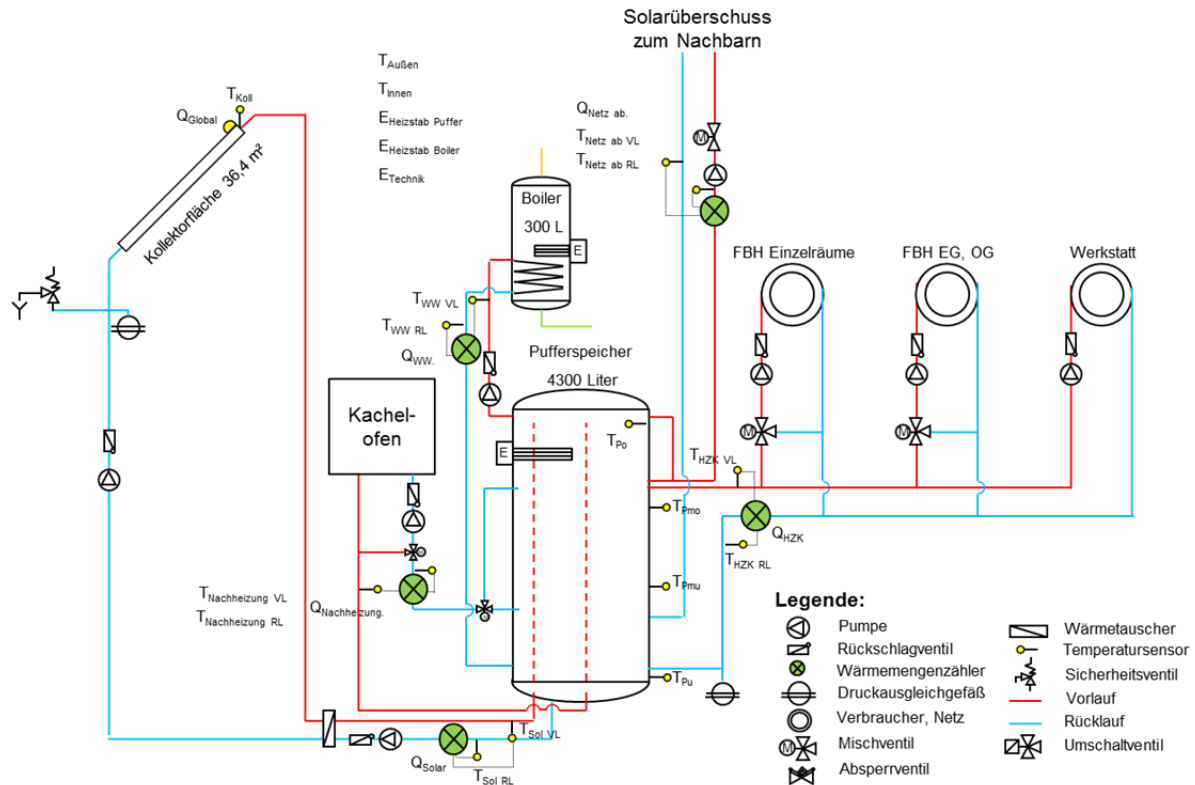


Abbildung 43: Hydraulik- und Messkonzept zum Solarhaus Burtscher
(grün: Volumenstromzähler; gelb: Temperatur- und Einstrahlungssensoren)

Die Beschreibung der einzelnen Messpunkte ist nachfolgend zusammengefasst:

Solarkreis

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

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

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

Warmwasser

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

Heizkreise

Q_{HZK}	Wärmemengenzähler Heizkreise
$T_{HZK\ VL}$	Vorlauftemperatur Heizkreise
$T_{HZK\ RL}$	Rücklauftemperatur Heizkreise

Mikronetz

$Q_{Netz\ ab}$	Wärmemengenzähler Mikronetz abgehend
$T_{Netz\ ab\ VL}$	Vorlauftemperatur Mikronetz abgehend
$T_{Netz\ ab\ RL}$	Rücklauftemperatur Mikronetz abgehend

Sonstiges

$T_{Au\beta en}$	Außentemperatur
T_{Innen}	Wohnraumtemperatur
$E_{Heizstab\ Puffer}$	Strombedarf Heizstab im Puffer
$E_{Heizstab\ Boiler}$	Strombedarf Heizstab im Boiler
$E_{Technik}$	Strombedarf der Haustechnik

7.8.3 Kennzahlen der Simulation

Folgende Abbildungen (Abbildung 44 bis Abbildung 46) 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 Burtscher.

Laut der Anlagensimulation zum Zeitpunkt der Fördereinreichung wurde ein Jahressolarertrag von 143,4 kWh/m² prognostiziert.

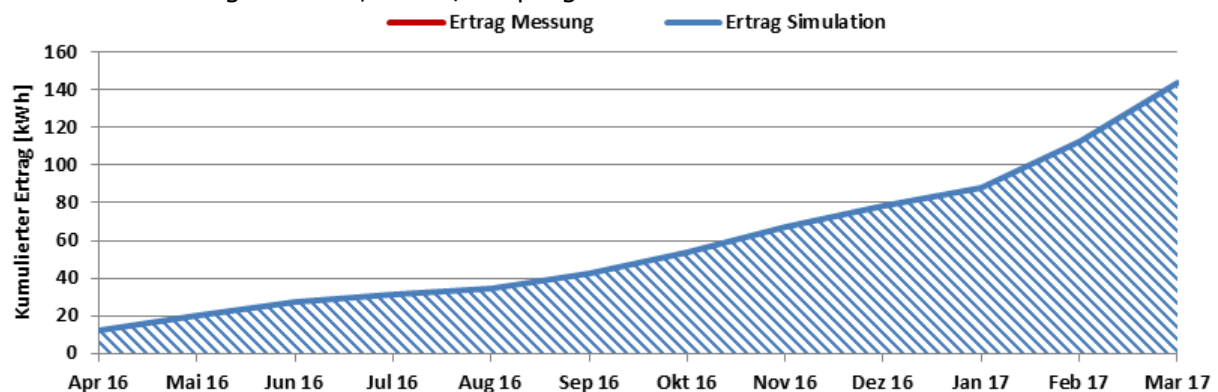


Abbildung 44: Prognostizierter Verlauf des spezifischen Solarertrags (bezogen auf die Aperturfläche) für das Solarhaus Burtscher

Der prognostizierte solare Jahresdeckungsgrad (Definition: Solarertrag dividiert durch Gesamtwärmeinput) wurde laut Simulationsrechnung des Betreibers mit rund 71 % angegeben (Abbildung 45). Von März bis Oktober ist eine praktisch vollständige solare Deckung prognostiziert.

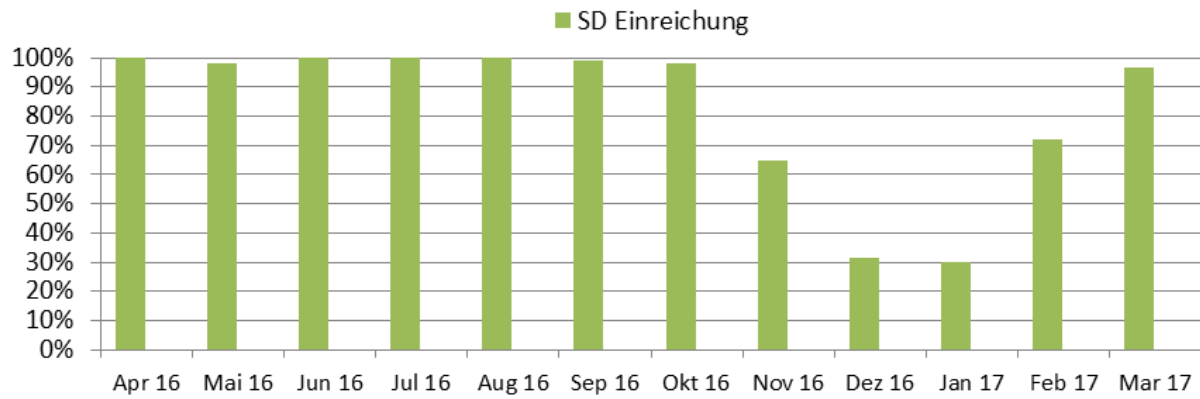


Abbildung 45: Prognostizierter monatlicher solarer Deckungsgrad für das Solarhaus Burtscher

Der jährliche Gesamtwärmebedarf des Solarhauses Burtscher wurde zum Zeitpunkt der Fördereinreichung mit 7,6 MWh abgeschätzt. Der kumulierte Verlauf der prognostizierten Wärmeabnahme ist Abbildung 46 zu entnehmen.

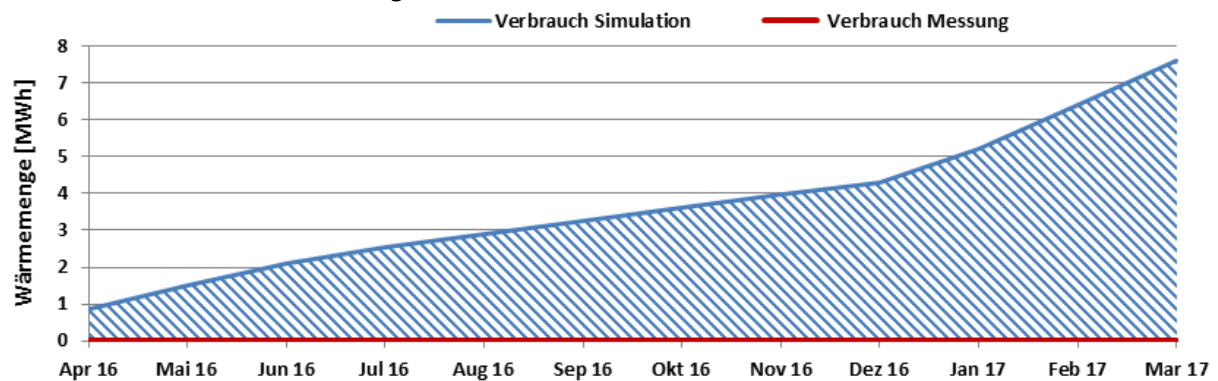


Abbildung 46: Prognostizierter monatlicher Verbrauch für das Solarhaus Burtscher

7.8.4 Anlagen Status Quo

Die Inbetriebnahme der Haustechnik ist erfolgt. Der Beginn der Monitoringphase ist mit Anfang Heizsaison 2016 geplant.

8 Literaturverzeichnis

AEE INTEC, (Juli 2014)

Leitfaden zum Monitoringkonzept, Gleisdorf.

Klima- und Energiefonds, (Juni 2014).

Leitfaden Demoprojekte Solarhaus 2014 - 1. Ausschreibung, Wien.

Passivhaus Institut, (2013)

PHPP - Das Energiebilanzierungs- und Passivhaus-Planungstool, Passivhaus Institut, Darmstadt

Verbraucherschutz, D. B. (2003)

Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche (Wohnflächenverordnung - WoFIV).
Deutsches Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.