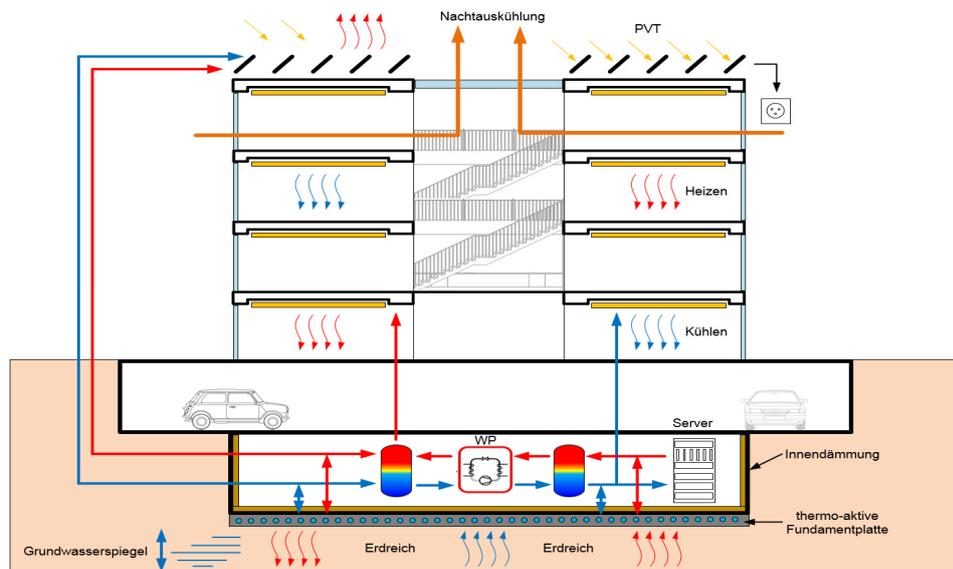


Deckung des Kälte- und Wärmebedarfs mit thermischer Aktivierung der Fundamentplatte und PVT Kollektoren



Igor Mojić, SPF Institut für Solartechnik, Hochschule für Technik Rapperswil, igor.mojic@spf.ch

Michel Haller, SPF Institut für Solartechnik, Hochschule für Technik Rapperswil

Pascal Zenhäusern, Lauber IWISA AG, pascal.zenhausern@lauber-iwisa.ch

René Meier, Fanzun AG

Carlo Vassella, Vassella Energie GmbH

Zusammenfassung Résumé Abstract

Für den Neubau der Oblamatik AG in Chur wurde ein schweizweit einzigartiges Heiz- und Kühlkonzept erarbeitet. Die Nutzung der Fundamentplatte als Wärmesenke und Wärmequelle stellt eine Alternative zu den aktuell gängigen Heizsystemen für Bürobauten dar. Die Regeneration der Fundamentplatte und dem anschliessenden Erdreich im Winter wie auch im Sommer wird hauptsächlich über PVT-Kollektoren gewährleistet. Das HLK-Konzept sieht vor, möglichst viel der intern anfallenden Wärme (Server, gewerbliche Kälte etc.) für Heizungszwecke zu nutzen.

For the new building of Oblamatik AG in Chur, a heating and cooling concept that is unique in Switzerland was developed. Using the foundation slab as a heat sink and heat source represents an alternative to the current heating systems for office buildings. The regeneration of the foundation slab in winter as well as in summer is mainly guaranteed by PVT collectors. The HVAC concept is designed to use as much of the internal heat (servers, commercial refrigeration, etc.) as possible directly for heating purposes.

1. Ausgangslage

Die Firma Oblamatik AG aus Chur GR arbeitet seit 18 Jahren als Entwickler und Hersteller von Sensortechnik im Sanitärbereich. Das Unternehmen ist sehr erfolgreich und benötigt weitere Räumlichkeiten sowohl für Forschung & Entwicklung als auch für die Produktion und Lagerung von Komponenten. Deshalb wurde die Fanzun AG als Generalplaner beauftragt ein neues Innovations- und Kompetenzzentrum im Niedrigenergie-Standard und mit grösstmöglicher Behaglichkeit für die Mitarbeiter zu planen und zu realisieren. In Zusammenarbeit mit dem SPF Institut für Solartechnik, dem HLK-Planungsbüro Lauber IWISA AG und dem Energieberatungsunternehmen Vassella Energie wurde ein in der Schweiz einzigartiges Heiz- und Kühlkonzept erarbeitet.



Abbildung 1: Visualisierung des neue Oblamatik Innovations- und Kompetenzzentrums

2. Energiekonzept

Der neue Oblamatik Hauptsitz ist als Minergie-P-Standard konzipiert. Nach den Auslegungsberechnungen ergeben sich ein jährlicher Wärmebedarf von 59 MWh und ein Kältebedarf von 179 MWh. Die Heizleistung beläuft sich nach SIA 384.201 auf 130 kW, die maximale Kälteleistung beträgt 240 kW. Die Energiebezugsfläche (EBF) beträgt 6'064 m².

Das Energiekonzept des Oblamatik-Neubaus beruht auf einer thermischen Nutzung des Gebäude-Fundamentes, das mit einer photovoltaisch-thermischen Anlage (PVT) kombiniert wird. Die Fundamentplatte des vierstöckigen Bürogebäudes wird thermisch aktiviert und dient als Wärme- sowie auch als Kältequelle für eine Wärmepumpe. Dabei wird das nahe Erdreich passiv mitgenutzt. Um eine ausgeglichene Jahresbilanz zu erhalten, müssen die thermoaktive Fundamentplatte sowie das Erdreich durch die PVT-Kollektoren regeneriert werden. Im Sommer wird über die PVT-Kollektoren gekühlt, im Winter beheizt. Neben den PVT-Kollektoren wird auch die Server- und Gastronomieabwärme als Wärmequelle genutzt.

Der Vorteil einer thermo-aktiven Fundamentplatte ist, dass durch eine Gebäudestruktur welche ohnehin benötigt wird eine zweite Funktion erfüllt werden kann. Dadurch entfallen Kosten und Energieaufwand für das Erstellen von Erdwärmeabsorbern wie Erdreichkollektoren oder Erdwärmesonden, welche nur aus Gründen der Energienutzung erstellt werden müssten. Dadurch können die Kosten der Wärmepumpenquelle reduziert und dennoch gegenüber Luft als Wärmequelle bessere Arbeitszahlen erreicht werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das bewirtschaftete Speichervolumen im Gegensatz zu Erdsondenbohrungen begrenzt wird durch die Grundfläche und das dadurch passiv erschliessbare Erdreich darunter, was wiederum bedingt, dass der Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes nicht zu hoch sein darf (Niedrig-Energiegebäude).

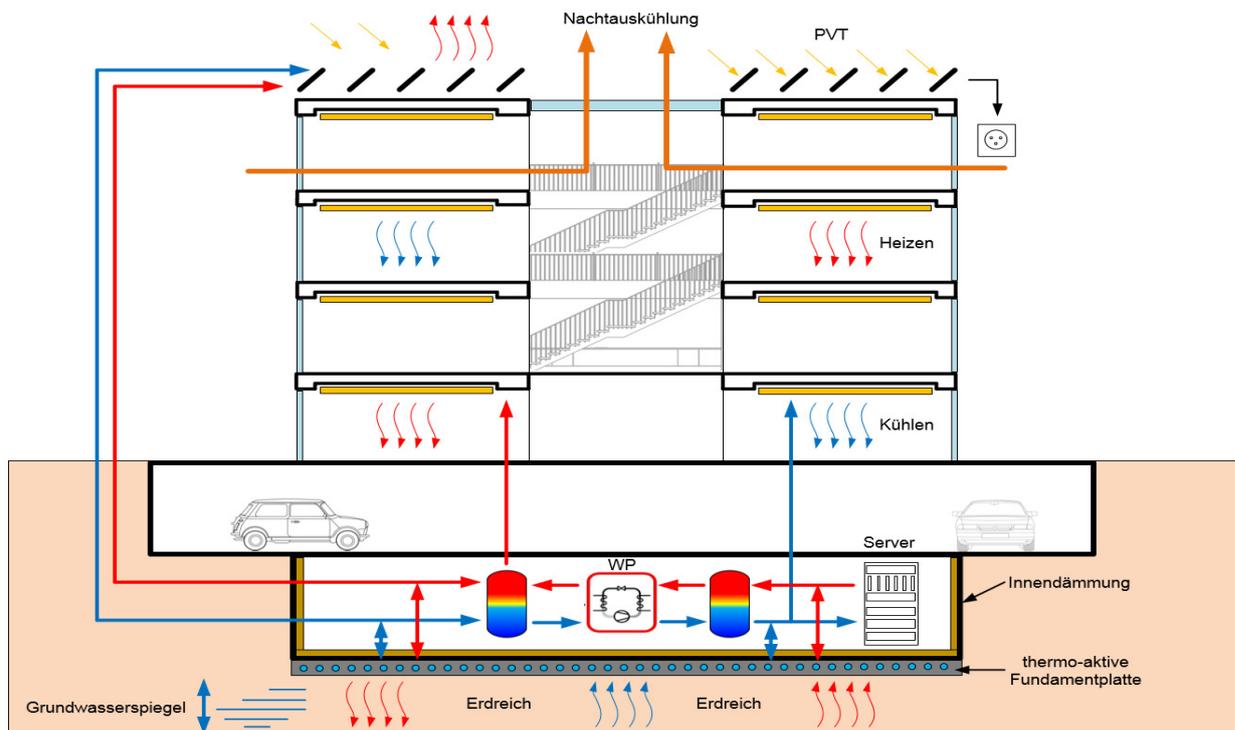


Abbildung 2: Prinzipschema des Neubaus

2.1 Wärme- und Kältemanagement

Das Gebäudekonzept sieht vor, dass durch eine Nachtauskühlung über elektrische Fensterantriebe an der Fassade und eine Abzugsanlage über dem zentralen Lichthof der Kältebedarf reduziert werden kann. Das Gebäude ist in Stahlbeton-Skelettbauweise erstellt und bietet mit Sichtbeton-Rippendecken damit eine grosse Speicherfähigkeit und eine hohe thermische Trägheit. Wenn die passiven Massnahmen nicht reichen, wird über Deckensegel gekühlt. Für die aktive Kühlung werden zwei Wasser/Wasser – Wärmepumpen mit Drehzahlregelung eingesetzt. Die Abwärme der Wärmepumpen wird in erster Linie über die Fundamentplatte abgeführt.

Im Heizfall werden dieselben Wärmepumpen verwendet wie für den Kühlfall. Diese können unterschiedliche Wärmequellen nutzen. In erster Linie wird die Serverabwärme verwertet, dann folgen die Niedertemperaturwärme der PVT-Kollektoren und die Nutzung der Erdwärme über die Fundamentplatte. Die Regelung der Anlage ist eine grosse Herausforderung. Einerseits möchte man möglichst hohe Jahresarbeitszahlen erreichen mit der Wärmepumpe. Dies bedeutet, dass immer die Wärmequelle mit dem besten Temperaturniveau verwendet werden soll. Andererseits muss zum Beispiel die Fundamentplatte im Frühling möglichst abgekühlt werden, damit im Sommer Wärme eingebracht werden kann.

Da ein solches Konzept bis anhin noch nie getestet wurde, besteht bei diesem konkreten Projekt zusätzlich die Möglichkeit Kälte und Wärme aus einem nahegelegenen Anergienetz (Grundwasser) zu beziehen, respektive abzugeben (Backup). Ziel ist jedoch, dass die Anschlussleistung möglichst gering gehalten wird und Wärme oder Kälte aus dem Brunnen nur im Notfall bezogen werden. Dieses P&D Projekt will den Beweis erbringen, dass die Möglichkeit besteht, energetisch effiziente Gebäude ausschliesslich über PVT und eine thermisch-aktivierten Fundamentplatte zu heizen und zu kühlen. Damit bietet sich für die Praxis ein weiteres Energiekonzept für effizientes Heizen und Kühlen mit erneuerbaren Energien, welches auch dann eingesetzt werden kann, wenn keine Grundwasser- oder Erdsondennutzung möglich ist.

2.2 Fundamentplatte

Die thermisch aktivierte Fundamentplatte im zweiten Untergeschoss (2.UG) befindet sich in einer Tiefe von etwa 7 m unter der Erdoberfläche. Sie deckt eine Fläche von ca. 1'100 m² und ist 37 cm stark. Die Heizungsrohre befinden sich unterhalb der weissen Wanne. Für eine optimale Aktivierung der Betonmasse werden in den 407 m³ Beton ca. 4'630 m Rohr mit einem Aussendurchmesser von 25 mm installiert. Die Auslegung wurde auf Grundlagen der Forschungsarbeit von Kürten [1] durchgeführt. Grundsätzlich wird empfohlen die Volumenströme und die Rohrdurchmesser so zu wählen, dass sich eine Strömung im Übergangsbereich zwischen laminar und turbulent bildet. Für die Wärmeentzugsleistung werden in der Literatur [2] Werte zwischen 10 W/m² und 30 W/m² genannt. Jedoch ist zu bemerken, dass nur spärlich Informationen erhältlich sind aus real umgesetzten Projekten. Mit diesem Projekt soll ein Beitrag geleistet werden um die genannten Kennzahlen zu überprüfen. Grundsätzlich konnte über die Literaturrecherche in Europa kein vergleichbares Projekt gefunden werden, da in den meisten Fällen Energiepfähle als Hauptwärmequelle oder -senke genutzt werden und nur sekundär die Fundamentplatte. In diesem Projekt soll nun ausschliesslich eine Kombination einer Fundamentplatte mit PVT-Kollektoren als Wärmespeicher und Wärmetauscher verwendet werden.

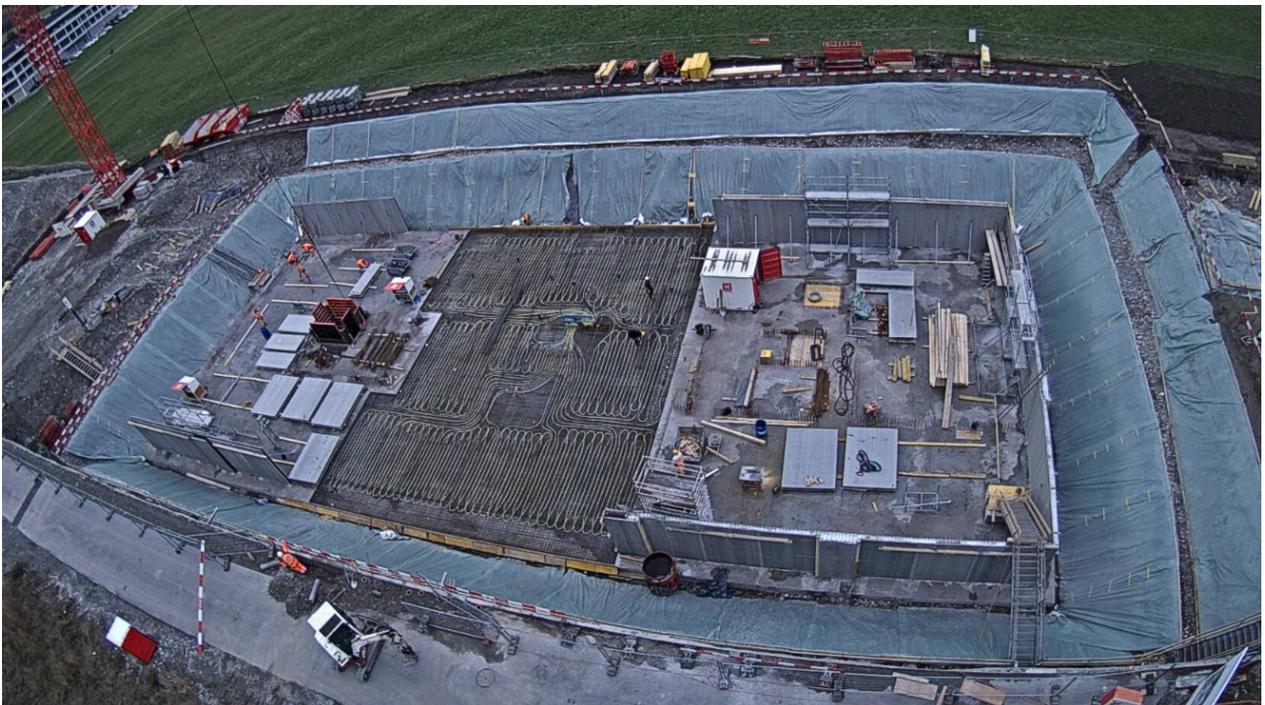


Abbildung 3: Verlegung von Heizungsrohren im mittleren Teil der Fundamentplatte (auf den Seiten schon einbetoniert)

Während der Heizperiode wird die Betonplatte als Wärmequelle für die Wärmepumpe genutzt. Jedoch ist der Bedarf nur gering, da die Serverabwärme mit einer Dauerleistung von 12 kW schon relativ gross ist. Die Fundamentplatte wird über die PVT-Anlage aktiv und über das Erdreich passiv regeneriert. Damit die Nutzung des Erdreiches über die Fundamentplatte möglich wird, wurde im 2. UG eine Innendämmung verwendet. Erschwerend kommt dazu in diesem Projekt, dass das 2. UG ein Lagerraum für Elektronikbauteile ist. Dies hat zur Folge, dass die Raumlufttemperatur und Feuchtigkeit in einem engen Bereich gehalten werden müssen. Damit sind der Überhitzung und der Unterkühlung der Fundamentplatte Grenzen gesetzt (min 18°C, max 26°C, max/min rF: 35%), diese wären bei einem anderen Projekt ohne Lagerraum weniger anspruchsvoll.

Generell ist bei diesem Projekt der Sommerfall anspruchsvoller als der Winterfall. Der Kältebedarf ist um einen Faktor 3 grösser als der Heizwärmebedarf. Ein grosser Anteil davon ist die konstant anfallende Serverabwärme, welche im Winter sehr nützlich ist, im Sommer teilweise für die Warmwasserbereitstellung genutzt werden kann.

2.3 PVT-Anlage

Die 389 m² (ca. 70.8 kWp) grosse PVT-Anlage auf dem Dach erfüllt zugleich mehrere Aufgaben. In erster Linie produziert sie einen Teil des benötigten Stroms für den Bedarf der Firma während des Tages. Gleichzeitig entnimmt die Wärmetauscherfläche auf der Rückseite der Photovoltaikmodule einen Teil der Wärme, welche von den Siliziumzellen durch Absorption des Sonnenlichts produziert wird, hydraulisch auf. Diese aktive Kühlung bewirkt eine Effizienzsteigerung der Siliziumzellen bei der Stromproduktion. Die gewonnene Wärme dient dazu, im Sommer das Brauchwarmwasser für das Restaurant und die Duschen des Fitnessraums vorzuwärmen. Diese Wärme wird in jeweils 6 m³ grossen Warmwasser- und Heizungspufferspeichern eingelagert.

Die PVT-Anlage übernimmt nachts eine weitere wichtige Funktion: sie kühlt schon im Frühling die Fundamentplatte durch Abstrahlung sowie sensible Abgabe der Wärme an der Absorberoberfläche, damit am Tag die Kältemaschine möglichst vorteilhafte Temperaturen zur Verfügung hat. Den Autoren ist keine PVT-Anlage bekannt, welche für Heiz- und Kühlzwecke verwendet wird. Mit diesem Projekt sollen erste Erfahrungen gesammelt werden und mit klassischen Rückkühlern verglichen werden. Ebenfalls können die PVT-Module für die passive Kühlung des Gebäudes eingesetzt werden.

3. Fragestellungen

Mit dem hier vorgestellten Pilot- und Demonstrationsprojekt sollen bis 2021 die nachfolgenden Fragen geklärt und die Antworten für Planer/Bauherren als Information für weitere Projekte zur Verfügung gestellt werden:

- Kann ein energieeffizientes Bürogebäude den eigenen Wärme- und Kältebedarf ohne Erdsondenbohrungen oder Anschluss an das Grundwassernetz alleine über eine PVT-Anlage in Kombination mit einer thermisch aktivierten Fundamentplatte selber decken?
- Ist langfristig die Lösung des Pilotprojekts günstiger als eine Lösung mit Wärmepumpen in Kombination mit konventionellen Rückkühlern und/oder Erdsondensystemen als Wärme- und Kältequelle?
- Wie sieht eine optimale Regelung der Fundamentplatte aus? Kann diese einen Tag/Nacht-Ausgleich gewährleisten?
- Kann mit einer PVT-Anlage die nötige Kühlleistung für die Abkühlung der Fundamentplatte erbracht werden?
- Welche Entzugsleistung kann mit dem gewählten Rohrnetz im Fundament erreicht werden?
- Wie beeinflusst die Abkühlung, respektive Aufwärmung, der Fundamentplatte die Temperaturen im umliegenden Erdreich?

Um diese Fragestellungen zu klären, wird ein umfangreiches Monitoring umgesetzt, welches die Temperaturen der PVT-Kollektoren erfasst, sowie die Temperaturen im Erdreich und in der Fundamentplatte selber.

4. Simulationen

Vor dem Start des Projektes wurde eine Machbarkeitsstudie mit dynamischen Simulationen im Programm IDA ICE durch das SPF Institut für Solartechnik durchgeführt. Es wurde das gesamte Gebäude abgebildet mit den Nutzungsdaten welche zu dieser frühen Planungsphase zur Verfügung standen. In Abbildung 4 ist der Temperaturverlauf der Fundamentplatte über das gesamte Jahr dargestellt. Für die Simulation wurde das Standard SIA-Klima für Chur verwendet. Auffällig ist der Temperaturanstieg im Monat Februar. Der Grund dafür sind hohe solare Gewinne, welche auf Grund des grossen Fensteranteils anfallen und hohe interne Gewinne der Server- und Gastroabwärme. In dieser Phase des Projektes wurde keine Nachtauskühlung simuliert. Die Regelung wurde so konzipiert, dass von Anfang März bis Ende September die PVT-Kollektoren freigegeben werden um die Fundamentplatte in der Nacht möglichst abzukühlen. Dies ist für den Monat März sehr deutlich zu sehen, da die Fundamentplattentemperatur von knapp 23°C auf 7°C sinkt. Trotz Abkühlung in der Nacht steigen die Temperaturen im Sommer bis auf 34°C, was dazu führt, dass der Lagerraum oberhalb der Fundamentplatte knapp den Grenzwert von 28°C unterschreitet. Wie hoch die Temperatur der Fundamentplatte in der Realität sein wird, wird sich in

den ersten Betriebsjahren zeigen. Der Temperaturverlauf hängt sehr stark davon ab, wie hoch der Grundwasserspiegel ist, welche Kühllasten bei realer Nutzung anfallen, und wie gross die Kühlleistung der PVT-Kollektoren in der Nacht sein wird.

In Abbildung 5 ist die Energiebilanz der thermo-aktiven Fundamentplatte dargestellt. Die Simulationen lassen darauf schliessen, dass die Jahresbilanz positiv ausfällt, was bedeutet, dass sich das Erdreich über die Jahre erwärmen würde. Dies soll in Realität jedoch durch eine Optimierung der Regelung vermieden werden, denn es wird eine ausgeglichene Bilanz angestrebt.

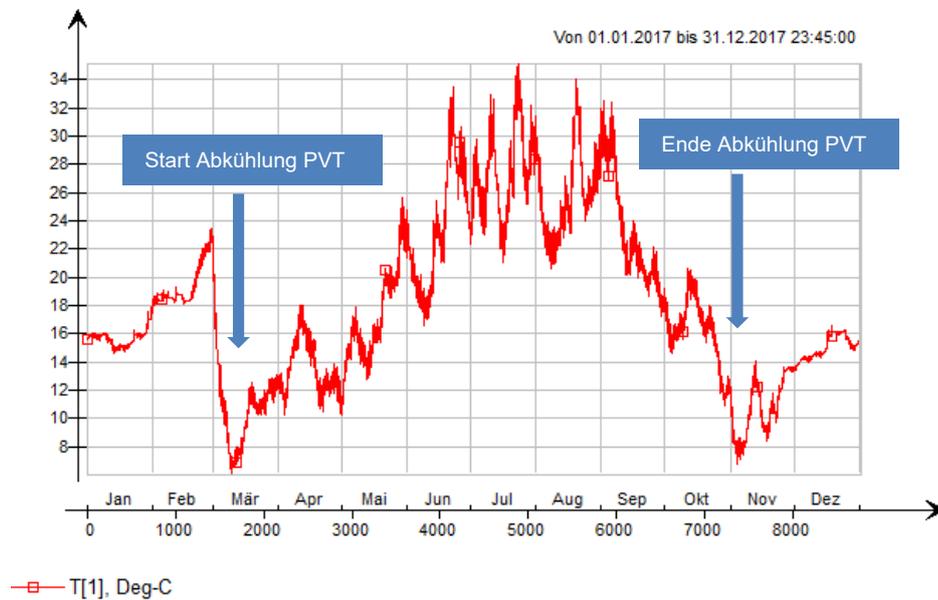


Abbildung 4: Simulierter Jahrestemperaturverlauf der thermo-aktiven Fundamentplatte.

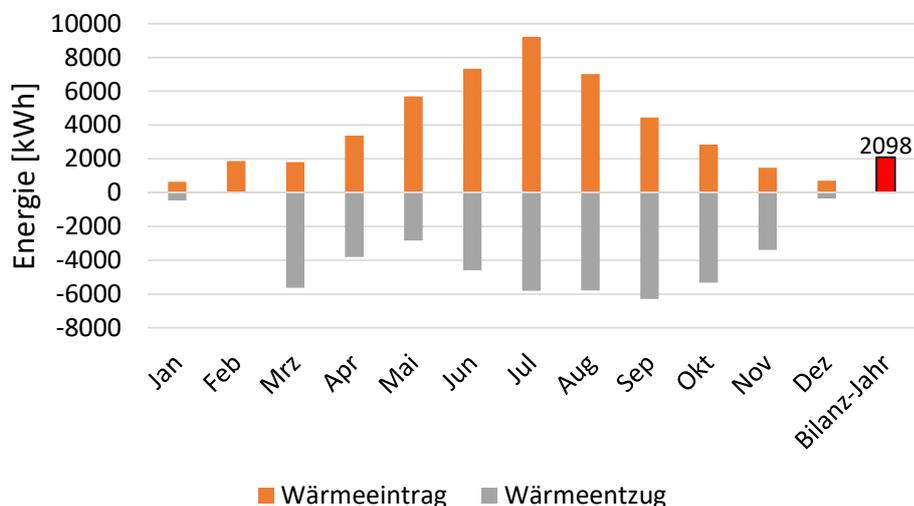


Abbildung 5: Simulierte Energiebilanz der thermo-aktiven Fundamentplatte.

5. Ausblick

Eine detaillierte Auswertung des Konzeptes sowie Resultate zur Energiebilanz werden für das Brenet-Status Seminar in zwei Jahren erwartet. Der Bezug des Gebäudes ist im Sommer 2019 geplant.

Literatur/Referenzen

- [1] Kürten, Sylvia (2014): „Zur thermischen Nutzung des Untergrunds mit flächigen thermo-aktiven Bauteilen“. Dissertation vom 09.12.2014. Rheinisch-Westfälischen Technische Hochschule Aachen.
- [2] Adam, D., Oberhauser, A. (2008): „Kosten und Nutzen der Geothermie für die Verkehrsinfrastruktur“. *EI-Eisenbahningenieur*, Vol. 59 (3), S. 6-12.