

Pilot- und Demonstrationsprojekt des BFE: Energiesystem aus PVT-Anlage und Fundamentplatte

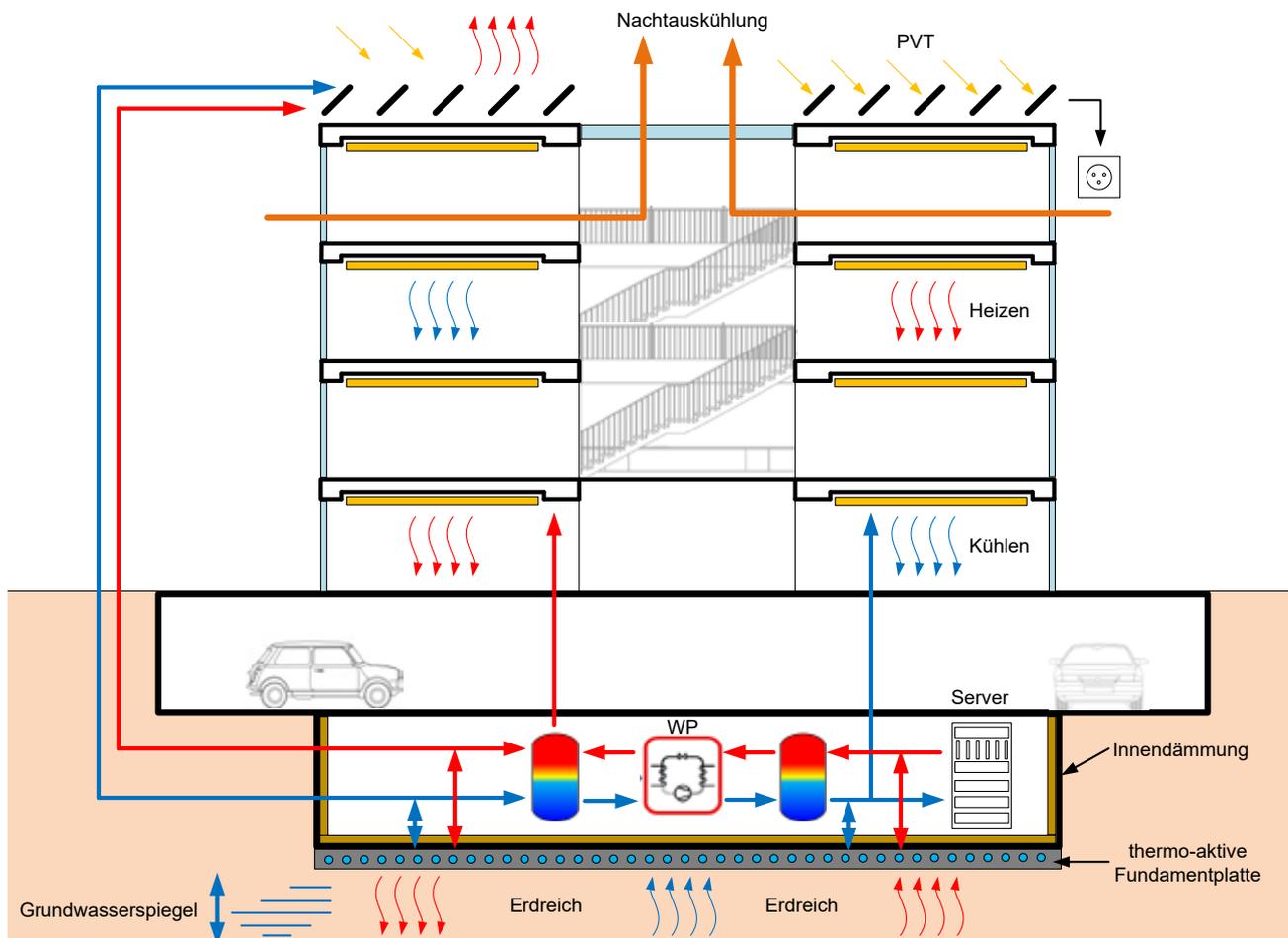
Ein Fundament, das auch energetisch trägt

Ein Firmenneubau in Chur wird massgeblich durch die Abwärme der internen Lasten (mittels Wärmepumpe) geheizt, die in der Bodenplatte des Untergeschosses gespeichert wird. Hinzu kommen PVT-Paneele, die als zusätzliche Wärmequelle dienen, primär jedoch die Gebäudekühlung unterstützen. Ein Monitoring hat dieses Energiekonzept für Bürogebäude bestätigt.

Text Benedikt Vogel, im Auftrag des BFE
Bilder BFE-Schlussbericht OblaTherm, SPF/Vassella



Die Fundamentplatte mit den eingelegten Wärmetauscher-Rohren in der Bauphase.



Schematische Darstellung des Energiesystems mit PVT-Anlage und energetisch genutzter Fundamentplatte.

Im Jahr 2020 bezog die Schweizer Niederlassung der Viega AG am Stadtrand von Chur ein neues Gebäude. Das vierstöckige Haus beherbergt auf gut 6000 m² Nutzfläche Produktions-, Büro- und Lagerräume, daneben ein Restaurant und eine Fitness- und Erholungszone. Die Liegenschaft, in der rund 100 Personen arbeiten, verfügt über eine exzellente Wärmedämmung nach dem Minergie-P-Standard. Für die Beheizung wird unter anderem die Abwärme von Servern genutzt; damit werden fast 10% des Gesamtwärmebedarfs gedeckt. Dank des grossen Fensteranteils können zudem beachtliche Solargewinne geerntet und über Hybriddeckensegel im Haus verteilt werden.

Fundamentplatte als Pufferspeicher

Die Warmegewinne sind so hoch, dass sich die Energieplaner von Beginn weg nicht auf die Wärme-, sondern die Kälteproduktion

für das Gebäude fokussierten. Da am Standort zum Schutz des Grundwassers keine Erdsonden verlegt werden dürfen, haben sich die Planer der Vassella Energie GmbH (Poschiavo) und des Instituts für Solartechnik (SPF, Ostschweizer Fachhochschule) für eine 384 m² grosse Solaranlage mit PVT-Kollektoren entschieden, die Strom (PV) und Wärme (Thermie) bereitstellen, aber auch kühlen können: Im Kühlmodus strahlen sie die Abwärme ab, die bei der aktiven Gebäudekühlung mittels Wärmepumpen entsteht und die aus Kapazitätsgründen nicht von der Fundamentplatte aufgenommen werden kann. Zu dem Zweck entwickelte die Firma Caotec SA Doppelglas-Module, die als Wärmetauscher einen unisolierten Roll-Bond-Absorber aus Aluminium nutzen. Die PVT-Module erreichten eine Kühlleistung von 80 kW (bzw. 0,2 kW/m²) und eine Heizleistung von 60 kW (bzw. 0,16 kW/m²).)

Das Gebäude ist mit Hybriddeckenmodulen ausgestattet, die ein Wasser-Glykol-Gemisch als Wärmeträgermedium nutzen, um die Wärme aus stark besonnten Räumen in andere Gebäudeteile zu bringen bzw. Räume zu kühlen.



Die doppelt verglasten PVT-Module produzieren Strom und Wärme. Sie werden aber auch eingesetzt, um das Gebäude zu kühlen. Das PVT-System ist auf den Kühlfall optimiert. Wäre das System auf den Wärmeertrag optimiert, könnte etwa 20-mal mehr Wärme gewonnen werden.

Solarwärme-Anlagen werden in der Regel mit einem Warmwassertank oder einem Eisspeicher ergänzt, um die Wärme zwischenspeichern, bis diese gebraucht wird. In Chur gingen die Planer einen anderen Weg und beschränkten dabei Neuland: Sie setzen die 1000 m² grosse und 30 cm starke Fundamentplatte des Gebäudes als Wärmespeicher ein. Zu dem Zweck wird die Fundamentplatte über ein 4870 m langes Rohrsystem von einem Wasser-Glykol-Gemisch durchströmt, das den Wärme- bzw. Kälte transport besorgt. Die in der Fundamentplatte gespeicherte Wärme wird von zwei Sole/Wasser-Wärmepumpen zur Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser genutzt. Umgekehrt kann in der Fundamentplatte die Wärme deponiert werden, die bei der Kühlung des Gebäudes entsteht. Die Bodenplatte stellt einen Wärmespeicher dar, dessen Kapazität

zwischen einem Saison- und einem Tagespeicher liegt und über eine mehrwöchige Pufferzeit verfügt.

Monitoring bestätigt hohe Effizienz

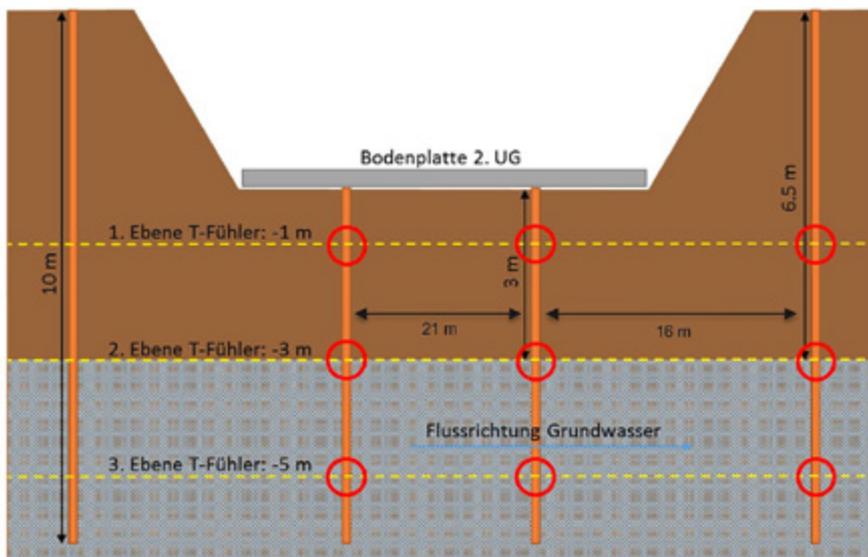
Die Kombination einer PVT-Anlage mit einer speicherfähigen Fundamentplatte wurde bislang kaum umgesetzt. Was dieses neuartige Energiesystem leistet – insbesondere hinsichtlich Gebäudekühlung –, hat das Institut für Solartechnik (SPF) der Ostschweizer Fachhochschule seit 2020 in einem dreijährigen Monitoringprojekt erforscht. «Unsere Ergebnisse bestätigen, dass dieses System nicht nur den Wärme-, sondern auch den Kühlbedarf des Gebäudes fast vollständig deckt», sagt SPF-Projektleiter Alexander Schmitt. Das BFE hat die Erprobung dieses innovativen Konzepts im Rahmen seines Pilot- und Demonstrationsprogramms finanziell unterstützt. Das



Energie für vier bis fünf Wintertage

Eine Fundamentplatte kann Wärme und Kälte speichern. Sie ist eine Variante eines Thermoaktiven Bauteilsystems (TABS). Die Fundamentplatte wird als Quelle für die Wärmepumpen genutzt. Um die Speicherkapazität an einem Beispiel anschaulich zu machen: Senkt man die Temperatur der Fundamentplatte um 20 Kelvin (also beispielsweise von 24 auf 4°C), lässt sich mit der gewonnenen Wärme das Churer Gebäude (gut 6000 m² Energiebezugsfläche EBF) im kalten Winter rund 4 bis 5 Tage heizen. Die Temperatur der Fundamentplatte bewegt sich im Jahresverlauf zwischen 1°C (nach dem maximalen Wärmeeintrag im Winter) und 31°C (Sommer).

Die Wärmekapazität von Beton bezogen auf die Masse beträgt etwa einen Fünftel jener von Wasser. Ein Wasserspeicher mit gleicher Speicherfähigkeit wie die Fundamentplatte (300 m³) hätte ein Volumen von 170 m³. Die thermisch aktivierbare Fundamentplatte ist etwas dicker gegossen als eine normale Fundamentplatte. Sie ist von oben (also gegen das Gebäude) gedämmt, aber nicht zum Erdreich hin.



Die Fundamentplatte nimmt Wärme aus dem umliegenden Erdreich auf. Ein Wärmeaustausch mit dem Grundwasser findet allerdings nicht statt, wie Messungen gezeigt haben.

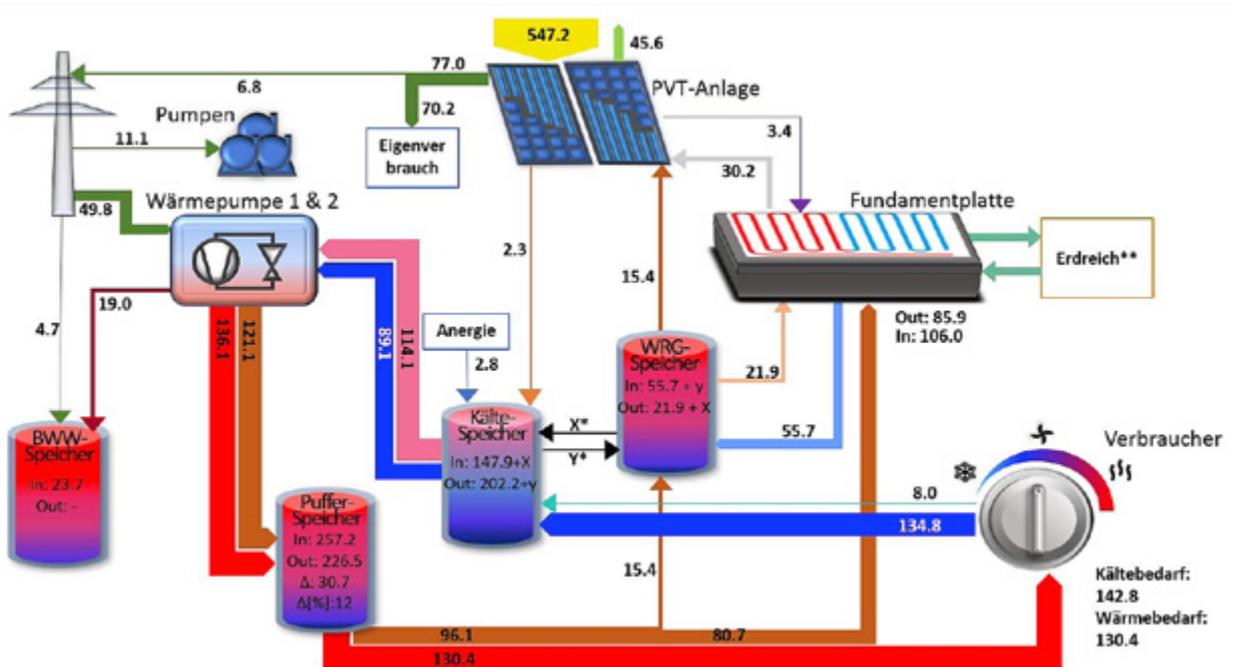
Vorhaben wurde im Frühjahr 2024 mit dem Schlussbericht abgeschlossen.

Die Messungen attestieren den beiden Wärmepumpen eine hohe Effizienz: Für Heizen liegt die Jahresarbeitszahl bei 5,8, für die Trinkwarmwasserproduktion bei 3,5 und für Kühlen bei 4,8. Ein Grund für diese gute Performance liegt bei der Fundamentplatte: Im Winter 2022/23 lag die Durchschnittstemperatur der Platte rund 5 Grad über jener der Ausenluft. Daher arbeitete das Energiesystem effizienter als eine vergleichbare Luft/Wasser-Wärmepumpe. Energieplaner Carlo Vassella nennt eine weitere Erkenntnis: «Das Monitoring hat bestätigt, dass eine PVT-Anlage auch zur Kühlung eingesetzt werden kann.» So wird die PVT-Anlage insbesondere in den Sommermonaten benutzt, um überschüssige Wärme aus der Fundament-

platte durch Abstrahlung sowie Konvektion an die Umgebung abzugeben (vor allem nachts).

Deutlich kleinere Wärmepumpen

Interessant sind die Ergebnisse des Monitorings auch für die Dimensionierung der Wärmepumpen: Die Auslegung der Wärmeleistung auf 160 kW und der Kühlleistung auf 90 kW hat sich als zweckmässig erwiesen. Der Heizungsplaner hatte zunächst unter Berufung auf die SIA- und VDI-Normen eine deutlich höhere Leistung vorgeschlagen. Simulationen der Heiz- und Kühllast durch das SPF Institut für Solartechnik zeigten dann aber, dass die Geräte deutlich kleiner (nur 36% des ursprünglichen Werts) ausgelegt werden können. Die Bauherrschaft liess sich vom Risiko einer Unterversorgung bei Wärme und Kälte nicht beirren – und behielt am Ende



Elektrische Energie
Heizwärme
Abwärme/Wärmeregeneration Fundamentplatte (aktives Kühlen)
Brauchwarmwasser
Aktive Kühlung
Free-Cooling
Wärme als Quelle für Wärmepumpe aus Kältespeicher in der Heizsaison
PVT-Wärme als Quelle für Wärmepumpe
Kältereeneration Fundamentplatte als Quelle zum Heizen/BWW-Produktion
Wärmeregeneration Fundamentplatte als Senke bei aktivem Kühlen/Free-Cooling
Kältereeneration Fundamentplatte durch PVT-Anlage
Wärmeregeneration Fundamentplatte durch PVT-Anlage
Wärmeströme zwischen Kältespeicher und WRG-Speicher werden nicht erfasst
Solarstrahlung auf die PVT-Kollektorfläche
Wärmeabgabe der PVT-Anlage an die Umwelt
Wärmeströme zwischen Erdreich und Fundamentplatte

Energiefluss-Diagramm für das Monitoringjahr 2022 (Werte in MWh): Die PVT-Anlage wird deutlich mehr für Kühl- als für Heizzwecke genutzt (15,4 gegen 2,3 MWh). Auffällig ist auch der hohe Eigenstromverbrauch (70,2 der insgesamt 77 MWh). Und: Der Bezug aus dem Anergienetz ist mit 2,8 MWh sehr gering.

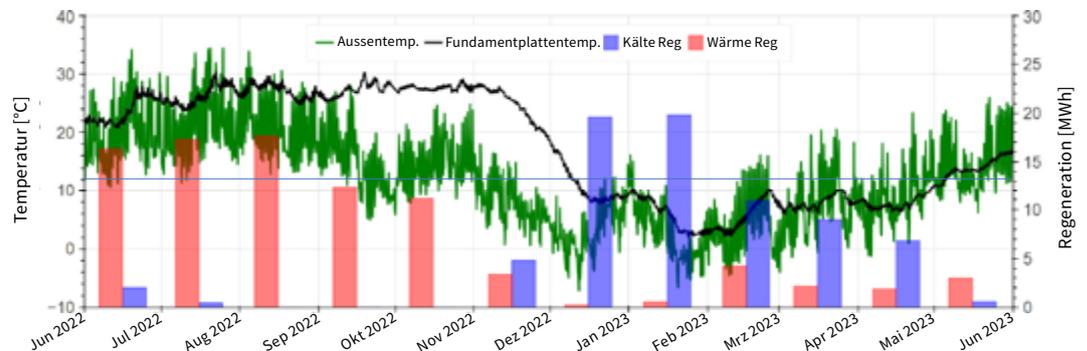
recht: Die Messungen im Rahmen des Monitorings zeigen, dass das Energiesystem trotz der deutlich tieferen Leistung und trotz der limitierten Speicherkapazität der Fundamentplatte den Jahreswärme- und Kältebedarf fast vollständig deckt (in der gesamten Monitoringperiode waren es 99%, in einem milden Winter sogar zu 100%). Eines der Hauptziele des P&D-Projekts bestand darin, die Kühlleistung der PVT-Paneele zu überprüfen. Vor diesem Hintergrund schuf der Anschluss an das lokale Anergienetz eine willkommene Redundanz.

Komplexe Anlagensteuerung

Das Energiesystem aus PVT-Anlage und Fundamentplatte ist also sehr leistungsfähig. Es stellt allerdings hohe Anforderun-

gen an die Anlagensteuerung, wie der Projektschlussbericht betont: «Eine umfassende Überwachung und Optimierung waren und sind für einen effizienten Betrieb der Anlage unerlässlich.»

Wie das zu verstehen ist, verdeutlicht das folgende Beispiel: Im Frühling darf der Fundamentplatte nicht zu viel Wärme zugeführt werden, weil sie sonst in den Sommermonaten zu warm ist – und dann die Kühlung des Gebäudes beeinträchtigt. Deshalb wird das Heizsystem so gesteuert, dass der Fundamentplatte zwischen März und Juli keine Wärme aus der PVT-Anlage zugeführt wird, sobald die Platte eine Temperatur von 7°C erreicht hat. Dadurch verhindert man das Überhitzen der Fundamentplatte, dies allerdings um den Preis, dass aus der Fundamentplatte nun eine



Die Grafik zeigt, wie viel Wärme der Fundamentplatte im Jahresverlauf zugeführt (rot) bzw. entnommen wird (blau). Die horizontale blaue Linie markiert die Heizgrenze (12°C): Liegt die Aussentemperatur tiefer, wird geheizt. Ab Februar wird die Fundamentplatte grossteils mit Wärmemengen aus der PVT-Anlage regeneriert. Diese Wärmeregeneration könnte in den Folgemonaten (März bis Juni) noch deutlich erhöht werden. Der Wärmeeintrag in die Fundamentplatte wird durch die Anlagensteuerung aber unterbunden, damit die Fundamentplatte nicht überhitzt.

tieferer Temperatur zur Verfügung steht, was die Effizienz der Wärmepumpen mindert.

Klimafreundlicher und günstiger als Erdsonden

Für Carlo Vassella ist die Nutzung des Fundaments nicht einfach eine Notlösung für Fälle, wo keine Erdwärmesonden gebohrt werden können, sondern durchaus eine bessere Alternative: «Die Fundamentplatte muss so oder so gegossen werden, daher enthält sie viel weniger graue Energie als Erdwärmesonden», sagt Vassella. Gemäss Berechnungen der Projektteams ist ein Energiesystem aus Erdsondenfeld mit Sole/Wasser-Wärmepumpe und PV-Anlage (Fr. 584 000.–/20 Jahre) auch teurer als das vorliegende System mit PVT-Kollektoren und Fundamentplatte (Fr. 504 000.–/20 Jahre, ohne Anschluss ans Anergie-Netz). Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit PV-Anlage (Fr. 326 000.–/20 Jahre) ist zwar günstiger, hat aber den Nachteil, dass sie wegen Lärmimmissionen oder in Höhenlagen mitunter nicht eingesetzt werden kann, betont Vassella. ■

Hinweise

Der Schlussbericht zum Projekt «Deckung des Kälte- und Wärmebedarfs eines Minergie-P-Bürogebäudes mit thermischer Aktivierung der Bodenplatte und PVT-Kollektoren» (OblaTherm) ist abrufbar unter www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40601

Auskünfte zum Thema erteilen Men Wirz (men.wirz@bfe.admin.ch), Leiter des Pilot- und Demonstrationsprogramms des BFE, und Nadège Vetterli (nadege.vetterli@anex.ch), externe Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte findet man unter bfe.admin.ch/ec-gebäude

Pilot- und Demonstrationsprojekte des BFE

Das im Haupttext vorgestellte Projekt wurde vom Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamts für Energie (BFE) unterstützt. Mit dem Programm fördert das BFE die Entwicklung und Erprobung von innovativen Technologien, Lösungen und Ansätzen, die einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz oder der Nutzung erneuerbarer Energien leisten. Gesuche um Finanzhilfe können jederzeit eingereicht werden.

bfe.admin.ch/pilotdemonstration



HUG & ZOLLET AG
Auriedstrasse 26
3178 Bössingen/FR
Tel. 031 747 75 73
Fax 031 747 75 27
info@hugzollet.ch

Komponenten zur Wassernutzung

- Regenwassernutzung
- Retentionstanks
- Quelfassungen
- Trinkwassertanks
- Sammelgruben

Rufen Sie uns an, wir beraten Sie gerne!

